

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

MAESTRÍA EN DISEÑO AVANZADO

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN DISEÑO

INNOVACIÓN BIOMIMÉTICA PARA LA COEXISTENCIA
REDISEÑO DEL ALBERGUE DE EXHIBICIÓN DEL LÉMUR COLA ANILLADA
(*Lemur catta*) DEL PARQUE ZOOLOGICO BENITO JUÁREZ

ASESORA: DRA. ERIKA ELIZABETH PÉREZ MUZQUIZ
AUTOR: MÁXIMO BASILIO MARROQUÍN POMPA

MORELIA, MICHOACAN.

JULIO DE 2025



RESUMEN

El presente trabajo presenta un ejercicio de diseño enfocado en el desarrollo de un nuevo recinto para el Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) en el Parque Zoológico Benito Juárez de Morelia, Michoacán. Como parte del proceso, se diseñó y construyó un prototipo de enriquecimiento ambiental titulado "Refugio Baobab".

Como parte de la metodología preliminar, se llevó a cabo una investigación previa que incluye un análisis histórico y filosófico de los zoológicos, abordando su evolución y papel en la sociedad contemporánea, con énfasis en la historia del Zoológico de Morelia. Esta revisión proporciona un marco conceptual para contextualizar el proyecto dentro de las prácticas actuales de conservación y manejo de fauna en cautiverio.

Se realiza un análisis detallado del Lémur Cola Anillada, examinando sus características biológicas y conductuales, para garantizar que el diseño propuesto satisfaga sus necesidades específicas. El diagnóstico del sitio físico del recinto actual permite identificar áreas con oportunidades de mejora, especialmente en términos de espacio, enriquecimiento ambiental y diseño estructural.

Las propuestas resultantes buscan optimizar el bienestar de los ejemplares mediante la implementación de enriquecimientos que satisfacen sus necesidades biológicas y, al mismo tiempo, promueven la educación ambiental.

BIOMIMÉTICA - DISEÑO - ZOOLOGICOS - CONSERVACIÓN - EDUCACIÓN

ABSTRACT

This work presents a design exercise focused on the development of a new enclosure for the Ring-tailed Lemur (*Lemur catta*) at the Benito Juárez Zoo in Morelia, Michoacán. As part of the process, an environmental enrichment prototype titled Baobab Refuge was designed and built.

As part of the preliminary methodology, prior research was conducted, including a historical and philosophical analysis of zoos, exploring their evolution and role in contemporary society, with particular emphasis on the history of the Morelia Zoo. This review provides a conceptual framework to contextualize the project within current practices of wildlife conservation and captive animal management.

A detailed analysis of the Ring-tailed Lemur was carried out, examining its biological and behavioral characteristics to ensure that the proposed design meets its specific needs. The site diagnosis of the current enclosure identified areas for improvement, particularly in terms of spatial quality, environmental enrichment, and structural design.

The resulting proposals aim to optimize the well-being of the animals through the implementation of enrichment strategies that meet their biological needs while also promoting environmental education.

BIOMICRY - DESIGN - ZOOS - CONSERVATION - EDUCATION

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente y principalmente a mi familia, compuesta por mi madre, mi padre y mi hermana. Como una familia nuclear muy unida he recibido un apoyo inmenso durante todos los momentos de esta maestría tanto en aquellos de menos presión como en aquellos momentos más difíciles y retadores.

De igual manera, agradezco a mis amigas y amigos que me acompañaron en este camino: Julián, Ángel, Ceci, Ana, Jessy y Adolfo, con quienes formé equipo y superamos juntos los desafíos de esta etapa.

A los profesores y mi asesora; quienes con su guianza y enseñanza constante lograron extraer mi mejor potencial creativo.

ÍNDICE

Problemática 001
Justificación 004
Objetivos 005
Metodología 006

Antecedentes 012
Antecedentes del cautiverio y los zoológicos 013
Antecedentes del Parque Zoológico Benito Juárez 019

Marco Teórico 025
Fundamentos de diseño biomimético 025
Paradigma 026
¿Cómo nos relacionamos con el mundo natural? 027
Características 030
Semillas de la biomímesis 031
Interdisciplina 032
Casos de estudio 033

Caso Análogo Zoológico de San Diego 040
Análisis histórico 042
Análisis teórico 044
Ética de replicación de hábitats 046
Conservación Ex Situ 047
Experiencia 047
Análisis de visita San Diego Zoo 049
Recinto de los Lémures del Zoológico de San Diego 059

Selección de especie 063

Marco Legal 070
Derechos animales 072
Derechos y cautiverio 074
Legislación internacional 077
Legislación nacional mexicana 080
Análisis crítico y aplicación 083

Lemur Cola Anillada (Lemur Catta)
Biología y manejo 085
Anatomía 087
Distribución geográfica 088
Ecosistemas 089
Dieta y alimentación 092
Etología 093
Desplazamiento y motricidad 100
Reproducción 102
Cautiverio y enriquecimiento 104

Análisis del sitio 108
Problemática del recinto 114
Comparativa climática Morelia-Madagascar 116

Proyecto de diseño 124
Pautas de diseño 125
Elección del espacio 133
Propuesta de diseño 136
Baobab observatorio 143
Trepadores 147

Refugio Baobab 150
Fabricación 158
Implementación 170
Evaluación 174
Conclusiones 180

INTRODUCCIÓN

La presente tesis, titulada “Innovación Biomimética para la Coexistencia: Rediseño del Albergue de Exhibición del Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) del Parque Zoológico Benito Juárez”, tiene como objetivo principal desarrollar un proyecto de diseño que mejore significativamente el bienestar de los ejemplares de lémures, promueva la sostenibilidad y fomente la educación ambiental entre los visitantes. Este esfuerzo responde a las necesidades específicas del zoológico de Morelia, una institución emblemática en la región que busca consolidar su papel como un referente en la conservación de especies y la educación ambiental.

El problema que aborda esta investigación radica en las limitaciones del hábitat actual de los lémures en el zoológico, el cual no satisface las necesidades biológicas ni conductuales de la especie. Este recinto presenta deficiencias en altura, espacio y enriquecimiento ambiental, lo que afecta el comportamiento natural de los ejemplares y limita su bienestar. Además, carece de elementos educativos y de visualización adecuados para los visitantes, lo que compromete la misión educativa del parque.

El desarrollo de este proyecto ofrece beneficios clave: primero, contribuirá al bienestar de los animales en cautiverio mediante un hábitat que emule condiciones naturales y reduzca el estrés. Segundo, posicionará al zoológico como un referente en la aplicación de principios de diseño biomimético, lo que podría inspirar iniciativas similares en otras instituciones. Finalmente, fortalecerá la experiencia educativa y de concienciación ambiental para los visitantes, promoviendo un vínculo más profundo con la conservación de la biodiversidad.

Para alcanzar el objetivo, se optó por una metodología compuesta por dos fases. La primera fase corresponde a la investigación previa, en la cual se identifica el problema central, se realizan observaciones in situ y se construye un marco teórico, legal, histórico y contextual. Posteriormente, en la segunda fase, enfocada en el proyecto de diseño, se aplica una metodología de diseño biomimético basada en aportaciones de autores relevantes en este campo.

La biomímesis se inspira en la naturaleza y busca emular sus procesos y soluciones para crear diseños sostenibles y eficientes (Benyus, 2009). La manera en que se aborda este proceso es que los diseñadores observan la naturaleza, específicamente los organismos o ecosistemas, para resolver una necesidad humana particular; y al hacerlo, convierten estos tipos de procesos de comportamiento en soluciones de diseño hechas por el humano, se imagina como la combinación de biología, naturaleza y arquitectura en una sola composición. (Maglic.M,2012). Al aplicar este enfoque al diseño de hábitats en el zoológico, se espera lograr mejoras significativas en el bienestar de los animales, así como en la promoción de la conservación de la biodiversidad y la educación ambiental.

Se lleva a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva para estructurar y fundamentar los diferentes capítulos de esta tesis. El apartado de antecedentes recopila la evolución histórica de los zoológicos y el manejo de animales en cautiverio, así como una breve reseña de la historia del Zoológico de Morelia. Posteriormente, el marco teórico se centra en un análisis detallado del diseño biomimético, explorando su filosofía y casos análogos. Además, se incluye un análisis del Zoológico de San Diego, considerado un referente en diseño de zoológicos modernos, abordando su historia, elementos de diseño y principios filosóficos que lo distinguen.

La metodología utilizada incluye un proceso de selección de especie, mediante el cual se determinó trabajar con el Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) como sujeto de estudio principal en el Zoológico de Morelia. Este proceso se complementa con la construcción de un marco legal que reúne normativas nacionales e internacionales relevantes para el diseño y manejo de hábitats en zoológicos.

Una vez seleccionada la especie, se realiza un análisis exhaustivo del Lémur Cola Anillada mediante una investigación bibliográfica que proporciona la información necesaria sobre sus características biológicas, conductuales y ecológicas. Posteriormente, se completa la fase de investigación con un análisis del sitio físico del recinto, identificando áreas con oportunidades de mejora que serán abordadas en el proyecto de diseño.

Finalmente, agradezco profundamente al Parque Zoológico Benito Juárez por las facilidades otorgadas durante el desarrollo de este proyecto, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado, el cual ha sido esencial para la realización de esta investigación.

PROBLEMÁTICA

En 2022, la dirección del Parque Zoológico Benito Juárez convocó a un concurso nacional de ideas para su rediseño. Esta iniciativa surgió del interés por evaluar el estado actual del recinto, lo cual llevó a un análisis profundo del sitio y su contexto social, económico y ambiental. De este análisis se identificaron varias problemáticas iniciales que, aunque relevantes, evolucionaron posteriormente a temas más amplios y críticos como la extinción de especies y los desafíos enfrentados por los zoológicos modernos.

La pérdida de biodiversidad es un problema global que se ha intensificado en las últimas décadas. El informe Planeta Vivo 2022 del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) revela un declive promedio del 69% en las poblaciones mundiales de vertebrados monitoreadas entre 1970 y 2018. Este declive es consecuencia del uso insostenible de los recursos naturales, la degradación del hábitat, el cambio climático y el comercio ilegal de especies (WWF, 2022).

Casi el 80 % de los impactos recientes del cambio de uso del suelo a nivel global están asociados con el aumento de exportaciones agroalimentarias desde América Latina, África y el Sudeste Asiático + Pacífico (excluyendo China). En contraste, el aumento de importaciones hacia China, Estados Unidos, Europa y Medio Oriente representa casi el 60 % de dichos impactos desde una perspectiva de consumo, a pesar de haber reducido los impactos domésticos mediante restauración. La disminución de impactos sobre la biodiversidad en regiones templadas y áridas se ha logrado, en parte, a través de la externalización del suministro agroalimentario hacia puntos críticos de biodiversidad tropical.

Esto ha resultado en una tasa global acumulada de extinción equivalente al 1.4 % de pérdida potencial de especies desde 1995, superando el límite planetario en aproximadamente cincuenta veces, lo cual subraya la urgencia de implementar políticas que incentiven la protección de hábitats en regiones tropicales y promuevan el abastecimiento sostenible en las cadenas agroalimentarias (Cabernard, Pfister & Hellweg, 2024).

La expansión urbana y la partición de los ecosistemas son factores significativos que también contribuyen a la pérdida de biodiversidad. A medida que las ciudades crecen, invaden y fragmentan hábitats naturales, creando islas ecológicas que dificultan la migración y el acceso a recursos vitales para muchas especies. Esta fragmentación reduce el espacio disponible para la vida silvestre y aumenta la exposición a amenazas antropogénicas como la contaminación y la caza furtiva. La urbanización es una de las principales causas de la degradación de los hábitats naturales, alterando drásticamente las dinámicas ecológicas y poniendo en peligro la supervivencia de numerosas especies (McKinney, 2002).

Ante la pérdida masiva de la biodiversidad, los zoológicos se han posicionado como arcas de la conservación, desempeñando un papel crucial en la preservación y reproducción de especies en peligro de extinción. Pese a esto, diversos grupos y movimientos han criticado fuertemente a estas instituciones, argumentando que el confinamiento de animales en espacios reducidos y artificiales es inhumano y contraproducente. Estos movimientos han ganado fuerza en los últimos años, desprestigiando los esfuerzos de conservación realizados por los zoológicos y afectando su imagen pública. Como resultado, la misión educativa y conservacionista de estas instituciones se ve comprometida, enfrentando el desafío de cambiar la percepción pública y demostrar la importancia de su labor en la lucha contra la extinción de especies.

Como resultado, la misión educativa y conservacionista de los zoológicos se ve comprometida, enfrentando el desafío de cambiar la percepción pública y demostrar la importancia de su labor en la lucha contra la extinción de especies. Todo esto podría tener un impacto significativo en la sostenibilidad económica de los zoológicos, ya que su buen funcionamiento depende de las visitas del público, causando un efecto mariposa negativo que podría terminar afectando los programas de conservación de los zoológicos y, a su vez, dificultando la supervivencia de variadas especies.

PROBLEMATICA ESPECÍFICA

La problemática específica se centra en las limitaciones del hábitat actual destinado a los lémures (Lemur catta) en el Parque Zoológico Benito Juárez.

Según una entrevista personal realizada con el Dr. Óscar González, director de etología del Zoológico de Morelia, y con base en observaciones realizadas durante una visita al sitio, se identificaron diversas problemáticas específicas en el hábitat del Lémur Cola Anillada (O. González, comunicación personal, 15 de enero de 2025).

En primera instancia, este recinto, con una altura de 2.5 metros, resulta insuficiente para satisfacer las necesidades de la especie, que requiere niveles adecuados de altura y desplazamiento para expresar comportamientos naturales, como trepar, saltar y explorar su entorno. Esto contrasta con las disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre en México, que exige condiciones que permitan a los ejemplares manifestar comportamientos propios de su especie (LGVS, Art. 78) (Gobierno de México, 2013). Asimismo, organizaciones internacionales como la AZA recomiendan estructuras tridimensionales que favorezcan estas conductas naturales en primates, evitando efectos negativos en su bienestar físico y mental.

El enriquecimiento ambiental actual resulta insuficiente, lo que provoca estrés, apatía y comportamientos atípicos en los ejemplares.

Desde el punto de vista educativo y expositivo, el recinto también presenta limitaciones significativas: la visualización de los lémures es restringida y carece de elementos informativos que describan sus características, su estado de conservación y su papel en el ecosistema. Estas carencias dificultan que los visitantes establezcan una conexión significativa con la especie y comprendan la importancia de los esfuerzos para su preservación, comprometiendo así la misión educativa y conservacionista del zoológico.

Suelos homogéneos, una de las necesidades básicas de la especie es el forrajeo, la búsqueda de alimento en diferentes sustratos y texturas promueve el comportamiento natural. En este caso se presenta solo suelos de concreto y pasto corto, lo cuál limita esta actividad.

La falta de elementos visuales dentro del recinto limita el comportamiento social territorial de la especie, al estar todo en un espacio plano monótono no hay barreras naturales que promuevan esta dinámica.

Si bien el recinto cuenta con cuerdas en altura, su proximidad a la cubierta restringe significativamente la movilidad de los lémures, limitándolos a desplazamientos a cuatro patas. Esto impide que realicen saltos en altura, un comportamiento esencial y característico de su especie que debería ser promovido para replicar su entorno natural.

El recinto carece de un sistema efectivo para el control de roedores, lo que podría exponer a los ejemplares a riesgos como mordeduras o la transmisión de enfermedades, comprometiendo su salud.

No se utilizan tecnologías o recursos interactivos para involucrar a los visitantes en la experiencia.



FIG.001
Recinto de los Lémures Cola Anillada a fecha de Octubre de 2024
Fotografía de autor 2024
Fotografía digital

Barrera visual no favorece ni a los ejemplares ni al visitante.

Altura insuficiente para la especie

Limitación en desplazamiento horizontal en alturas

Sin área de privacidad

Inexistente señalética e información de la especie.

Ausencia de estímulos sensoriales naturales.



FIG.002
Recinto de los Lémures Cola Anillada a fecha de Octubre de 2024
Fotografía de autor 2024
Fotografía digital

JUSTIFICACIÓN

En el contexto global actual, la pérdida de biodiversidad se ha convertido en uno de los mayores retos ambientales, afectando gravemente la estabilidad de los ecosistemas y poniendo en riesgo la supervivencia de numerosas especies. Los zoológicos, como el Parque Zoológico Benito Juárez, desempeñan un papel primordial como centros de conservación y educación, al ofrecer refugio a especies amenazadas y al fomentar la concienciación sobre la importancia de su preservación. Sin embargo, para cumplir eficazmente con esta misión, es esencial que estos espacios evolucionen y se adapten a las necesidades contemporáneas tanto de las especies animales como de los visitantes.

El rediseño del hábitat del Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) en el Zoológico de Morelia responde a esta necesidad.

Este proyecto busca mejorar el bienestar físico y emocional de los ejemplares mediante la implementación de un diseño biomimético y crear modelo de referencia que inspire a otras instituciones. Al emular las condiciones naturales de la especie, se promueven comportamientos propios de su ecología, como trepar, saltar y explorar, lo cual es fundamental para reducir el estrés y fomentar su calidad de vida.

Desde la perspectiva educativa, el proyecto también busca enriquecer la experiencia de los visitantes mediante un diseño que facilite la visualización de los animales y proporcione información clara y accesible sobre sus características, hábitat y estado de conservación. Este enfoque contribuye a fortalecer la conexión entre los visitantes y los ejemplares, promoviendo una mayor conciencia ambiental y un compromiso más profundo con la protección del medio ambiente.

Además, el proyecto se alinea con principios de sostenibilidad al incorporar soluciones basadas en el diseño biomimético. Este enfoque innovador tiene como fin reducir el impacto ambiental. De igual manera se crea un modelo de estrategias replicables que pueden ser implementadas en otras instituciones. Asimismo, cumple con los estándares legales y éticos establecidos por la Ley General de Vida Silvestre y otras normativas internacionales, posicionando al Zoológico de Morelia como un referente en conservación y bienestar animal.

En síntesis, esta investigación y propuesta de rediseño tienen el potencial de generar un impacto significativo tanto en los ejemplares como en la comunidad, al fomentar un desarrollo sostenible y una convivencia armónica entre humanos y animales en el entorno urbano.

OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar e implementar una estrategia de diseño biomimético para el hábitat del Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) en el Parque Zoológico Benito Juárez, Morelia, Michoacán. El propósito es mejorar el bienestar y el enriquecimiento conductual de los ejemplares residentes, mientras se promueve la sostenibilidad, la educación ambiental y la concienciación sobre la conservación de la biodiversidad entre los visitantes.

Específicos

1 Mejorar el bienestar animal y la calidad de vida de los ejemplares

Diseñar hábitats que promuevan comportamientos naturales y reduzcan el estrés en los ejemplares de Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) del Zoológico de Morelia. Este diseño buscará satisfacer las necesidades biológicas y conductuales de la especie, fomentando su bienestar físico y mental. Como resultado generalizado, se espera que estas mejoras contribuyan a una mayor calidad de vida y, a largo plazo, favorezcan la longevidad de los ejemplares.

2 Fomentar la educación ambiental y la conservación.

Diseñar hábitats interactivos y educativos que faciliten la comprensión de los visitantes sobre la importancia de la conservación y la biodiversidad. Esto incluye establecer un puente de comunicación efectivo entre las dinámicas del hábitat, las características de la especie y el visitante, fomentando una mayor conexión y sensibilización ambiental.

3 Promover la sostenibilidad ambiental

Integrar prácticas y tecnologías sostenibles en el diseño del hábitat para minimizar el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos naturales.

METODOLOGÍA

La metodología propuesta para este proyecto de investigación se erige como un enfoque integral y sistemático que busca abordar los desafíos inherentes al diseño y la mejora de hábitats en el Parque Zoológico Benito Juárez, empleando como guía fundamental los principios del diseño biomimético. En este sentido, la metodología busca comprender la dinámica del zoológico y las necesidades de sus habitantes y consecuentemente establecer un puente entre el conocimiento científico y la creatividad innovadora, con el fin de generar soluciones prácticas y sostenibles que promuevan el bienestar animal y la conservación de la biodiversidad.

La estructura de la metodología se sustenta en una serie de pasos interrelacionados diseñados para proporcionar una comprensión holística y profunda del contexto en el que se desarrolla el proyecto, así como para guiar el proceso de diseño aplicativo de los hábitats.

Desde la investigación inicial del sitio físico hasta la implementación de soluciones concretas basadas en los principios biomiméticos, cada etapa de la metodología se concibe como un componente esencial en la consecución de los objetivos planteados.

Esta metodología se dividirá en dos partes principales. En primer lugar, se detallará la metodología de investigación, que tiene como objetivo recopilar datos y adquirir todo el conocimiento necesario antes de proceder con el diseño aplicativo. Posteriormente, se incorporará la metodología del diseño biomimético para abordar el objetivo planteado mediante un prototipo.

INVESTIGACIÓN PREELIMINAR Y FUNDAMENTOS

Investigación de antecedentes

Recopilación de información histórica y contextual sobre el Parque Zoológico Benito Juárez, información histórica sobre los zoológicos, información histórica, geológica y geográfica general del contexto físico (historia de Morelia, hidrología, geografía, clima, precipitación, etc).

Observaciones en sitio (in-situ)

Visitas al recinto para observar las condiciones actuales, comportamiento de los visitantes, y el estado de los hábitats de los animales, así como cualquier otra observación importante que se presente.

Permisos

Obtención de los permisos necesarios para proceder con la investigación

Entrevistas con actores clave

Realización de entrevistas semiestructuradas con el personal del zoológico: administradores, biólogos, veterinarios, autoridades, cuidadores, mantenimiento, investigadores; para entender las operaciones internas y los desafíos. Asimismo, entrevistas con actores que hayan tenido participado en algún proyecto del sitio, como arquitectos, diseñadores, ingenieros, biólogos externos, académicos, etc.

Encuestas a los visitantes

Distribución de cuestionarios a los visitantes para evaluar su percepción y experiencia en el zoológico, así como sus expectativas.

Revisión teórica

Búsqueda y revisión de literatura y referencias relacionadas con el diseño de zoológicos, el diseño biomimético, el diseño paisajístico, la conservación, el medio ambiente y el bienestar animal, así como otros temas pertinentes al contexto del zoológico, para de esta manera construir un marco teórico sólido.

Análisis de casos análogos

Estudio de Zoológicos, UMAS, o recintos de conservación en cautiverio, de igual manera proyectos que hayan aplicado el diseño biomimético para resolver desafíos similares, así extrayendo insights y mejores prácticas.

En esta parte de la investigación tiene como fin ahondar en temas de diseño tomando como objetivo algún problema a resolver, resultado obtenido de la investigación previa y el diseño de una metodología de autoría, basada en otras metodologías propuestas anteriormente por algunos autores, Speck y Speck, 2008; Benyus, J. M., 1997; Schleicher et al., 2015.

El proceso de diseño biomimético no es circular y consta de iteraciones para el mejoramiento del mismo, por lo tanto se crea un círculo que se va a definir por momentos en los que el prototipo es adecuado y aquellos momentos en donde requiere una mejora para comenzar el proceso de nuevo.

Basado en la investigación previa

Buscar las características naturales que pueden ayudar a resolver el problema (sistemas, mecanismos, materiales, etc).

Con los principios de diseño en mano, se desarrollan soluciones tecnológicas o de diseño que imiten los principios, estrategias o funciones de los sistemas biológicos identificados. Esta etapa puede implicar la creación de prototipos, modelado y simulación para evaluar la viabilidad.

La evaluación sobre el prototipo implementado arroja resultados contundentes sobre la efectividad del diseño elegido.

Una de las grandes lecciones de la naturaleza es que en todas sus escalas y procesos existe un constante cambio, es por esto que se pretende dejar carta abierta para adaptar en un futuro el prototipo elegido a las necesidades que requiera el momento.

Una vez concluida la emulación y el diseño a través de un proceso de testeo en primera fase, se implementa a la escala requerida

Se abstrae la estrategia biológica observada en principios fundamentales, alejándose de la solución específica de la naturaleza para entender los patrones subyacentes y principios de diseño que pueden aplicarse a problemas humanos.

ITERACIÓN

ITERACIÓN

METAS DE DISEÑO

OBSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

ABSTRACCIÓN Y ANÁLISIS

EMULACIÓN Y DISEÑO

IMPLEMENTACIÓN

EVALUACIÓN

EVOLUCIÓN

8

La característica transdisciplinar de la filosofía biomimética abordada desde algunas definiciones de autores nos indica una directriz clara del cómo se deberían abordar las problemáticas desde nuestra época contemporánea, es decir, el discurso de la transdisciplina es relativo y paralelo a las funciones de la naturaleza, es decir, si se quiere comprender un elemento o función de la mecánica natural debería de abordarse desde varias perspectivas, para establecer un marco sólido de conocimiento para poder aplicarse en una solución a nuestros problemas de esta manera surge un discurso holístico en el sentido de que cualquier elemento sustraído de la naturaleza tiene hilos directamente relacionados con diversos elementos que conforman un todo, en un ejemplo de ello podríamos observar las moléculas que componen los enlaces químicos de la miel que producen las abejas, y al mismo tiempo podemos observar sus dimensiones, es decir, la abeja como un ejemplar y la colmena misma, así lo podríamos extender al ecosistema.

METODOLOGÍA DE DISEÑO BIOMIMÉTICO

Dada la amplia variedad de formas, estructuras y estrategias que la naturaleza nos proporciona, y considerando las diversas maneras en que podemos enfrentar los problemas utilizando estos recursos naturales, existe una notable diversidad en las propuestas metodológicas.

Abordamos esta primera propuesta metodológica propuesta por Speck y Speck (Speck & Speck, 2008)



FIG.004
Esquema Bottom Up
Speck y Speck (2008)
Citado en Verbrugghe et al., 2023, pp. 18

La metodología denominada “Bottom up” o “De abajo hacia arriba” propone un enfoque lineal que inicia con una investigación biológica, a continuación, se analizan las biomecánicas, la morfología y la anatomía, después, se busca comprender los principios fundamentales que rigen estos conceptos, el siguiente paso consiste en una fase de abstracción, seguida por el desarrollo de una solución técnica y, finalmente, culmina con la formulación de una solución de diseño.

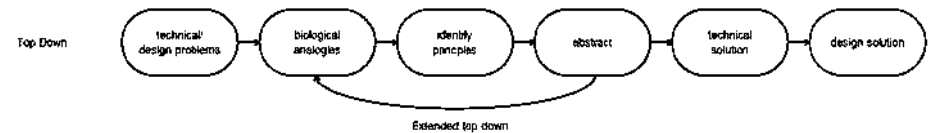


FIG.005
Esquema Top Down
Speck y Speck (2008)
Citado en Verbrugghe et al., 2023, pp. 18

La metodología denominada “Top down” parte de los problemas técnicos o de diseño para así enfocar la metodología a resolver esos mismos problemas, en una segunda etapa se buscan analogías biológicas que se relacionen con los problemas identificados. Este paso implica estudiar sistemas naturales que podrían ofrecer soluciones innovadoras a los problemas técnicos. En la tercera etapa sucede la identificación de los principios subyacentes en las analogías biológicas encontradas, en la cuarta etapa la abstracción de los principios biológicos funciona para generar ideas aplicables en el diseño. Este paso transforma el entendimiento biológico en conceptos que pueden ser utilizados en la ingeniería o diseño, en este punto a diferencia de la primera metodología existe un ciclo que nos redirige hacia las analogías biológicas a esta etapa o movimiento se le llama “Extended top down” con el fin de retroalimentar el proceso. En la quinta etapa encontramos soluciones técnicas que finalmente se traducen a soluciones de diseño.

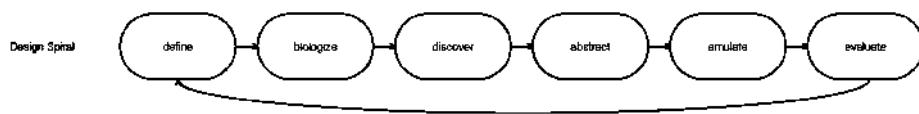


FIG.006
Esquema Design Spiral
Biomimicry institute (2022)
Citado en Verbrugghe et al., 2023, pp.

La metodología denominada “Design spiral” propuesta por la organización a cargo de Janine Benyus: “Biomimicry institute” propone esta metodología que se presenta como totalmente circular donde se comienza por una definición.

En este caso esta metodología ofrece una posibilidad más amplia al utilizar la definición no sólo como un problema sino como un desafío u objetivo, en la segunda etapa encontramos el término “Biologizar” en esta metodología se pone sobre la mesa la pregunta ¿Cómo lo haría la naturaleza?, dicha pregunta refiere al término mismo al buscar las maneras en las que la propia naturaleza actuaría al respecto, por lo cuál requiere una investigación de sistemas y/o mecanismos previos a la tercera etapa, el descubrimiento, donde se plantea una actitud de exploración abierta y curiosidad científica, donde se buscan ejemplos específicos en la naturaleza que resuelvan problemas similares. Esta fase implica la identificación de organismos, procesos y sistemas que puedan ofrecer soluciones prácticas y sostenibles. La cuarta etapa comienza el proceso de transformación y creación donde la abstracción precisamente toma las características más esenciales de los mecanismos, organismos o sistemas que se posicionan como los mejores candidatos para ayudar al problema o desafío a resolver y se transforman en soluciones posibles para la tecnología humana a través de la emulación que es la quinta etapa.

Finalmente en la sexta etapa la evaluación juega un papel importante pues a diferencia de otras metodologías esta permite definir si realmente el prototipo o solución final está resolviendo el problema o logrando los objetivos planteados, ante esto esta solución ofrece un retroceso para retroalimentar y mejorar el producto final.

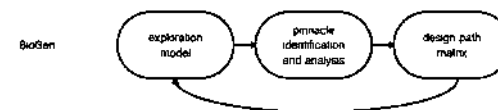


FIG.020
Esquema BioGen
Schleicher et al., 2015
Citado en Verbrugghe et al., 2023, pp.

“BioGen” propuesta por Schleicher et al. (2015). Los autores proponen una metodología donde se generan ideas basadas en observaciones biológicas, específicamente en los movimientos de las plantas.

Cabe mencionar que esta metodología está directamente aplicada a un enfoque puramente arquitectónico en este ejemplo, los autores señalan que los investigadores y diseñadores identifican características y comportamientos relevantes de las plantas (vegetación) que podrían ser útiles en el diseño arquitectónico, consta de tres etapas y con la característica de circularidad, donde la primera etapa propone ya tener un modelo materializado. Según Schleicher et al. (2015), la exploración de modelos puede implicar la utilización de simulaciones computacionales o modelos físicos para entender cómo se pueden aplicar los movimientos y mecanismos de las plantas en estructuras arquitectónicas. En esta segunda fase, se desarrollan prototipos o se realizan pruebas que imitan las propiedades elásticas y adaptativas observadas en las plantas. En la tercera y última fase la matriz de camino de diseño organiza y planea la implementación de las soluciones biomiméticas seleccionadas en proyectos arquitectónicos reales. Esto incluye la definición de los procesos de fabricación, los materiales a utilizar, y los aspectos estructurales y estéticos que deben considerarse para integrar efectivamente los principios de los movimientos de las plantas en la arquitectura, podemos concluir entonces que esta metodología se basa en su totalidad en la práctica, donde a través de modelos se analizan y evalúan cada una de sus partes.

FIG.008
Lente Inclínada de Coliflor Verde
Johannes Plenio
2018



ANTECEDENTES

ANTECEDENTES DEL CAUTIVERIO Y LOS ZOOLOGÍOS

Tradicionalmente los animales siempre han acompañado al hombre como forma de alimento, como transporte, fuerza de trabajo, para cargar las armas a las guerras, como diversión y como compañía. (Bruce G., 2017) Donde ha habido ciudades o agrupaciones humanas han existido animales, ya sea para su consumo, o como símbolo de la grandeza de los soberanos para adornar sus palacios y villas.

Pensar en la historia de los zoológicos no es una empresa sencilla; no obstante, en estas líneas tenemos la intención de explorar el discurso y las prácticas que los humanos han creado en torno a los animales salvajes, dónde los han albergado y qué hemos hecho con ellos (Cortés Zavala y Rangel Díaz, 2021).

En este capítulo exploramos la larga y compleja historia que dió origen a los zoológicos modernos, desde los primeros indicios del cautiverio en antiguas civilizaciones como Babilonia o Egipto, la edad media, el renacimiento, pasando por las civilizaciones precolombinas y el resto de evolución de esta institución hasta nuestros días.

De acuerdo con Arturo Morgado, la historia de los zoológicos se puede dividir en tres etapas:

La primera inicia desde la existencia de colecciones de animales en la Antigüedad hasta mediados del siglo XVI. Dentro de esta larga temporalidad, los animales tienden a ser considerados como un espejo de los vicios y las virtudes humanas. A menudo eran considerados seres con una conexión mágica con los dioses, como los responsables de destinos fatales o de bendiciones para los humanos.

La segunda fase, “la visión positivista”, está marcada por el interés de describir a las especies, examinarlas y desarrollar algunos estudios sobre su utilidad y mantenimiento. Es preciso aclarar que ambas fases se caracterizaron por emplear a los animales con fines violentos, y de ahí que una de las razones de albergar animales “exóticos” haya estado relacionada con la riqueza y el poder, ya que no era nada económico importar un animal y mantenerlo vivo. Por tal motivo, el coleccionismo de animales fue una actividad únicamente reservada para las clases altas.

La tercera fase, “la afectiva”, comienza a gestarse a lo largo del siglo XIX con las primeras medidas de protección animal, etapa que se relaciona con la consolidación de la ciencia y de las academias, ya que a partir de este momento se le comenzará a dar prioridad al estudio y contemplación de los animales por encima de la diversión para un público privado. Es a partir de esta característica propia del siglo XIX sobre la que se ha fundamentado el concepto actual de parque zoológico (Cortés Zavala y Rangel Díaz, 2021).

FIG.009
Killing of captured elephants in a Roman arena
Leutemann, H. (s.f.). Grabado a color.

Las primeras experiencias de cautiverio datan desde el Egipto faraónico con la emperatriz Hatshepsut (1479-1457 a. C.), quien mandó construir un Jardín de aclimatación. Este jardín no representaba un avance en la jardinería y en la botánica, marcando un precedente significativo en el ámbito del cautiverio de animales exóticos y plantas foráneas. Hatshepsut, una de las pocas mujeres que ostentó el título de faraón, es conocida por sus ambiciosos proyectos de construcción y su expansión del comercio exterior. Su reinado se caracterizó por un florecimiento cultural y arquitectónico que incluyó la introducción de nuevas especies vegetales y animales a través de su Jardín de aclimatación (Breasted, 1906).

La emperatriz Hatshepsut implementó innovaciones en su jardín que facilitaron la aclimatación y la supervivencia de las especies foráneas en el clima egipcio. Estas innovaciones incluían técnicas avanzadas de riego y el diseño de microclimas dentro del jardín. Estas prácticas, documentadas en inscripciones y relieves de sus templos, reflejan un conocimiento avanzado de la botánica y la ecología que era poco común en esa época (Shaw, 2003).

Al otro extremo del globo, el emperador Wen-Wang (1152-1056 a. C.), de la dinastía Zhou, fue conocido por ostentar un jardín de conocimiento llamado El parque de la sabiduría o Jardín de inteligencia, ahí se dice que fue el hogar de diversas especies animales de distintos territorios del Imperio chino (Navarrijo Ornelas, 1993).

Quizá el ejemplo del Jardín de la inteligencia marca una diferencia entre la visión China sobre estos espacios dotándolos más de un sentido espiritual acompañado de una cosmovisión plasmada en todos los elementos que lo componían, como anteriormente mencionado existía un diseño paisajístico probablemente inspirado por esta cosmovisión. Sin embargo, estos lugares no se separaban del estatus de poder que proveían a quien los poseía, al igual que en las colecciones occidentales contemporáneas o anteriores.

Por su parte en el mundo romano se llevaban a cabo las “venaciones”, que eran espectáculos de caza y lucha con animales salvajes que se celebraban en la antigua Roma, particularmente en el Coliseo y otros anfiteatros. Estos eventos formaban parte de los juegos públicos y reflejaban la habilidad, el poder y la dominación de la naturaleza por parte de los romanos (Kyle, 1998).



La venatio surgió alrededor del siglo II a.C. como parte central de los juegos circenses romanos. En estos espectáculos, animales exóticos como leones, elefantes, tigres, osos y cocodrilos eran capturados en diversas regiones del Imperio y trasladados a Roma, en una operación logística que evidenciaba su poderío territorial (Futrell, 1997; Coleman, 1996).

Durante el evento, los animales eran enfrentados entre sí o combatidos por hombres armados llamados venatores o incluso gladiadores especializados. La violencia explícita de estos actos, así como su carácter letal tanto para humanos como para animales, generaba un fuerte atractivo entre la población (Kyle, 1998).

Estos espectáculos reflejan una fase temprana de la relación entre humanos y animales en cautiverio, donde predominaba su uso como recurso de entretenimiento brutal. Lejos de ser percibidos como seres vivos con valor intrínseco, los animales eran tratados como símbolos de poder y dominio, sacrificados públicamente ante multitudes que aplaudían su sufrimiento. La magnificencia con que se organizaban estas venaciones hablaba del alcance del imperio y su capacidad para someter la naturaleza al espectáculo humano (Kyle, 1998; Futrell, 1997).

En resumen, en esta primera fase del cautiverio de animales muestra cómo diferentes culturas utilizaban a los animales como símbolos de poder, objetos de entretenimiento y reflejos de virtudes y vicios humanos. A través de jardines y espectáculos, estas prácticas evidencian tanto la fascinación como la dominación de la naturaleza por parte de las sociedades antiguas.

En la Europa occidental de la Edad Media la tradición de mantener animales en cautiverio siguió existiendo, aunque no bajo el mismo espectáculo violento y opulento que solía verse en la antigua Roma. En este nuevo contexto, los animales estaban cautivos en fosos o en leoneras, que constituían encarnaciones vivientes de la heráldica nobiliaria y eran símbolos inequívocos de la superioridad social y poder de sus amos (Cortés Zavala y Rangel Díaz, 2021). La edad media, popularmente conocida como una etapa de la humanidad donde existió un retraso o pausa en los avances científicos y tecnológicos en todas las áreas debido a diferentes factores socio-culturales de la época, principalmente la religión quien contenía el poder absoluto sobre la sociedad y limitaba el desarrollo y crecimiento tanto de sus individuos como del conocimiento en general. Sin embargo en materia de comprensión de la naturaleza, existen algunos ejemplos de colecciones donde se erigieron trabajos pioneros en el estudio de las especies.

El libro sobre cetrería del emperador Federico II, "De arte venandi cum avibus", escrito a principios del siglo XIII, es probablemente la fuente más famosa para los estudiosos que investigan el estado del arte en las ciencias naturales en la época medieval. La mayor parte de la investigación sobre su libro se ha centrado en las ilustraciones marginales que presentan alrededor de 80 especies de aves. Sin embargo, el libro contiene una gran cantidad de conocimiento etológico, ecológico, morfológico y faunístico sobre la avifauna. Federico también fue uno de los primeros en realizar experimentos con aves (Niemiälä, Vuorisalo y Örmä, 2021).

Otro de los ejemplos más notorios del medievo es la colección de la torre de Londres, La colección de animales en la Torre de Londres, conocida como la Royal Menagerie, es una de las más antiguas de Europa. Establecida en el siglo XIII, esta colección comenzó durante el reinado del rey Juan (John) cuando recibió tres leones como regalo. Estos animales fueron los primeros de una larga lista de especímenes exóticos que fueron enviados a la Torre de Londres (Allen, 2011). Con el tiempo, la colección creció e incluyó animales exóticos como elefantes, osos polares, tigres y otros animales raros traídos de diferentes partes del mundo. Estos animales eran a menudo regalos diplomáticos de otros monarcas y se consideraban símbolos de poder y prestigio (Pemberton, 2004).

Las condiciones de vida de los animales en la Royal Menagerie no siempre fueron óptimas. Muchos animales sufrían debido a la falta de conocimiento sobre sus necesidades específicas y el entorno limitado de la Torre de Londres. Sin embargo, estos animales atraían a muchos visitantes y se convirtieron en una atracción popular (Allen, 2011).

En 1832, la colección fue trasladada al Zoológico de Londres en Regent's Park, fundado en 1828, debido a las crecientes preocupaciones sobre el bienestar animal y la inadecuación de la Torre como un zoológico. Este traslado marcó el final de la Royal Menagerie en la Torre de Londres (Pemberton, 2004).



La Italia renacentista fue el lugar que le volvió a dar un nuevo impulso a la vieja práctica de poseer epécimenes, específicamente en la ciudad de Florencia debido a su importante peso comercial. Fue tan grande el impacto de este tipo de colecciones que en Italia se difundió un nuevo término, *serraglio*, para referirse a la casa en que se encontraban recluidas las fieras (Gómez-Centurión, 2011). Pronto, el valor de la fauna en la sociedad florentina pesó tanto que sus principales coleccionistas, Cosme (1389-14645) y Lorenzo (1449-1492) de Médici decidieron evocar en el *serraglio* el viejo Imperio romano, y así incrementaron el número de ejemplares y organizaron combates para complacer las pasiones de una sociedad que admiraba la guerra. Es posible que las sangrientas batallas tuvieran un fin más allá que solo entretener, pues la lucha entre animales salvajes y domésticos servía también para resaltar la superioridad de la nobleza sobre el pueblo llano (Gómez-Centurión 2011).

Para describir la segunda etapa la de la visión “positivista” como indican los autores Cortés Zavala y Rangel Díaz (Cortés Zavala y Rangel Díaz, 2021) podemos arrancar con la llegada de la ilustración en el siglo XVII-XVIII la práctica de coleccionar animales exóticos comenzó a transformarse y a tomar una nueva dirección en Europa, con la llegada de la *Ménagerie de Versailles* construida por Luis XIV. Se destacó por establecer un modelo que servía bien como colección privada y muestra de poder pero al mismo tiempo siendo de interés científico.

El diseño de la *Ménagerie de Versailles* reflejaba la jerarquía social de la corte de Luis XIV. Los animales estaban dispuestos en un patrón radial alrededor de una gran rotonda, lo que permitía a los visitantes observar a las criaturas desde un punto central, influenciado por las corrientes estéticas de la época, principalmente por las artes escénicas, ya que los jardines de Versailles y la *Menagerie* se consideraron en el diseño como un escenario teatralizado. Este diseño proporcionaba un acceso óptimo para la observación. Por otro lado simbolizaba el control y la dominación del hombre sobre la naturaleza (Baratay & Hardouin-Fugier, 2002).

A medida que la humanidad avanzaba hacia el siglo XIX, se produjo un cambio significativo en la percepción y el tratamiento de los animales en cautiverio, marcando el inicio de la “fase afectiva” en la historia de los zoológicos. Esta etapa se caracterizó por un enfoque más humanitario y científico hacia los animales, impulsado por las primeras medidas de protección animal y la creciente influencia de la ciencia y las academias. A medida que la sociedad comenzó a valorar la

FIG.010

Aves junto a un estanque
Boel, P. (circa 1670-1674).
Rijksmuseum, Amsterdam, Países Bajos.
Grabado

Fundado por la Zoological Society of London, el Zoológico de Londres fue uno de los primeros zoológicos científicos del mundo. Situado en Regent's Park, fue diseñado para la observación científica de los animales y la educación pública. Desde sus inicios, el zoológico se centró en el estudio y la conservación de especies exóticas, y rápidamente se convirtió en un modelo para otros zoológicos en Europa y más allá. el zoológico fue concebido inicialmente como un centro de investigación científica, destinado a la observación y el estudio de animales vivos en un ambiente controlado. Este enfoque marcó un cambio respecto a las menageries anteriores, que estaban más orientadas al entretenimiento y la ostentación (Baratay & Hardouin-Fugier, 2002).

Originalmente, el zoológico estaba destinado exclusivamente para miembros de la sociedad científica, lo que reflejaba su propósito educativo y de investigación. Sin embargo, en 1847, el Zoológico de Londres abrió sus puertas al público con el objetivo de generar ingresos adicionales para su mantenimiento. Esta apertura permitió que un público más amplio accediera a la oportunidad de observar de cerca a especies exóticas y aprender sobre ellas, marcando el comienzo de su rol como una atracción educativa en Londres (Mullan & Marvin, 1987).

En el siglo XIX hubo un período de rápida expansión de la construcción de jardines zoológicos, y muchos de estos jardines eran instituciones municipales establecidas en conexión con parques públicos. De hecho, el más antiguo jardín zoológico municipal europeo fue una ménagerie de Charles IIe los países europeos, solo realmente Hungría, Alemania y Francia tenían importantes jardines zoológicos municipales, aunque hubo probablemente sólo diez grandes jardines zoológicos en el mundo, todos los cuales estaban en Europa. Hacia mediados del siglo XIX muchos de los principales jardines zoológicos europeos se habían establecido, y desde Europa el movimiento se extendió a otras partes del mundo (Mullan & Marvin, 1998).

Con esto observamos que el siglo XIX marca una pauta importante en la concepción de los zoológicos, abriéndolos al público en general, un hecho nunca antes visto en la historia. Como podemos ver, estos establecimientos evolucionaron de pequeñas colecciones sumamente exclusivas a exposiciones públicas. Este momento de la historia es clave para entender los zoológicos modernos, ya que se integran más conceptos en la fórmula de diseño de estos espacios.



FIG.011
Zoological Gardens
Scharf, G. (1828). Zoological Society of London.
Londres, Inglaterra
Litografía



Para adentrarnos en el modelo del siglo XXI recurrimos a lo escrito por Zimmermann (Zimmermann, A. , 2007). Para comenzar, los zoológicos deben reconocer que la diversidad biológica tradicional, frecuente e internacional con la que están acostumbrados no es sostenible a largo plazo. En el siglo XXI, debemos hacer las cosas de manera diferente. Debemos ser más sostenibles, y no solo hacerlo mejor, sino hacerlo de manera diferente. El potencial de conservación de los zoológicos es grande, único y no realizado. Aunque los zoológicos atraen a más de 650 millones de personas cada año (hasta 2007), su impacto en la conservación se percibe menos que los servicios de educación y recreación locales, no como parte de una obligación nacional y global urgente, y la educación en zoológicos se dirige principalmente a niños, no a los que toman decisiones.

Aunque los zoológicos se ubiquen principalmente en áreas urbanas, donde se formulan y adoptan políticas, enfrentan desafíos significativos para involucrar al público en acciones de conservación más allá de solicitar donaciones financieras y apoyo de legisladores, abogados y mediante exhibiciones de conservación. Estos esfuerzos, aunque especializados y bien intencionados, a menudo se centran más en educar a las personas en regiones donde la fauna silvestre no está presente de manera natural. Sin embargo, la creación de ambientes que imitan los hábitats naturales dentro de los zoológicos es esencial, ya que es comprobado que genera interés y por consiguiente cumple una importante función educativa.

A pesar de las críticas, es evidente que los zoológicos desempeñan un papel fundamental en las áreas urbanas al llenar un vacío significativo en la experiencia de la naturaleza. Contribuyen a satisfacer la necesidad humana básica de conexión y entendimiento de la naturaleza, un concepto conocido como “biophilia” (Wilson, 1984, como citado en Zimmermann, A. , 2007), lo que a su vez fomenta esfuerzos de conservación local y enriquece la comprensión global de la biodiversidad y la ecología. No obstante, existen grupos que evitan enfrentar métodos incómodos para resolver problemas ambientales difíciles.

Por ejemplo, ciertos grupos activistas luchan por proteger a especies invasoras, pasando por alto cómo estas pueden amenazar la supervivencia de otras especies nativas, y erróneamente consideran que estas acciones son medidas de conservación. Se ven esfuerzos como los que buscan prohibir la caza de caballos salvajes a nivel mundial, o proteger a los cisnes mutantes en Maryland y los elefantes en el Parque Kruger de Sudáfrica, cuya proliferación descontrolada, si no se gestiona científicamente, puede llevar a la extinción de otras especies. Estos desafíos destacan el papel único que los zoológicos pueden jugar en la conservación, un rol que otras organizaciones no siempre pueden cumplir (Zimmermann, A. , 2007).

Las exhibiciones en vivo en los zoológicos desempeñan un papel fundamental tanto en educar como en conectar emocionalmente a los visitantes con la naturaleza. Estas exhibiciones proporcionan conocimiento sobre las especies albergadas. Es pertinente reconocer que de la misma manera estas ofrecen experiencias estéticas que impactan profundamente a los visitantes, demostrado por encuestas en varias exhibiciones del Bronx Zoo. Los avances en la tecnología y la ciencia han mejorado estas exhibiciones, permitiendo presentaciones más ricas y profundas.

En el siglo XXI, el desafío más significativo es utilizar estas exhibiciones para fomentar la ayuda hacia los animales que no pueden sostenerse por sí mismos, utilizando nuevas técnicas para mejorar la conservación. Ejemplos destacados incluyen exhibiciones en el Zoológico de Zürich y el Bronx Zoo, que han logrado apoyar proyectos de conservación significativos. Sin embargo, la efectividad de estas exhibiciones depende de la capacidad del zoológico para sostener a sus animales a largo plazo.

Los zoológicos han sido exitosos en la cría de una gran mayoría de las especies que exhiben, aunque los esfuerzos de cría a largo plazo siguen siendo limitados. La situación es particularmente crítica para muchas especies que dependen de la importación para su supervivencia. Los programas de conservación aún enfrentan grandes desafíos para mantener a muchas especies de forma sostenible, lo que resalta la importancia continua de los esfuerzos de conservación en los zoológicos (Zimmermann, A. , 2007).

Zimmermann, nos habla de manera amplia la situación de los zoológicos en el siglo XXI, permitiéndonos deducir que la situación actual muestra un contraste marcado, casi antipodal, en comparación con el pasado. A lo largo de los años, el cautiverio ha evolucionado de ser meras exhibiciones privadas de especies exóticas que simbolizaban poderío y opulencia a convertirse en centros dedicados a la conservación y la educación ambiental. Esta transición refleja un cambio significativo en la percepción pública y en la situación ambiental actual.

Hoy en día, los zoológicos se han convertido en un pilar fundamental de la conservación ambiental. Frente a problemas ecosistémicos críticos como la fragmentación de hábitats, la contaminación y la consiguiente pérdida de biodiversidad, estos establecimientos ofrecen un refugio seguro y esencial para la supervivencia de diversas especies. En este contexto, los zoológicos actúan como guardianes ante la amenaza inminente de extinción, transformándose en plataformas educativas clave que promueven la conservación del medio ambiente y la preservación de la biodiversidad. A través de iniciativas educativas y programas de cría en cautividad, estos recintos trabajan incansablemente para mitigar el impacto humano sobre el mundo natural y fomentar una mayor conciencia y responsabilidad ambiental entre el público.



FIG.012
Koala en árbol artificial
Fotografía de autor.
Zoológico de San Diego. 2023
Fotografía digital.

ANTECEDENTES PARQUE ZOOLOGICO BENITO JUÁREZ DE MORELIA, MICHOACÁN

INICIOS

Es importante abordar el origen del Parque Zoológico Benito Juárez, puesto a que desde su concepción ha sido un referente para la ciudad, por lo tanto, los cambios sufridos a través del tiempo lo han llevado a recolectar diferentes experiencias en su historia. Para un primer momento histórico hay que remontarse al siglo XIX y comprender la configuración de la ciudad en aquellos entonces.

Remontándonos a finales de 1880 el contexto histórico de la revolución industrial, la llegada de la tecnología al país, y el auge del porfiriato, Morelia se veía muy influenciada por la llegada de esta composición urbana, teniendo elementos como los paseos, la ciudad jardín y los tranvías, estos forman parte de una pieza elemental de la traza urbana de Morelia. (Ayala Martínez, 2021) Ubicado al suroeste del centro histórico, el proyecto porfirista de un parque paseo que dotó a la ciudad con un espacio de esparcimiento alternativo al bosque de San Pedro. El proyecto tiene su fundamento en la política porfirista de reforestación de finales del siglo XIX. (Cedeño Peguero, 2021).

Así, se constituyó en un espacio de recreación al sur de la ciudad que ya desde finales del siglo XIX era un paseo obligado para sus habitantes. Su exuberante vegetación al pie de la frondosa colina de Santa María de Guido atrajo el interés de las autoridades de la ciudad para dotarla de infraestructura y hacer más placentero su recorrido y ocupación por parte de los paseantes en días festivos civiles y religiosos.

Esa tradición de salir de la ciudad para adentrarse en un ambiente natural, de descanso y esparcimiento, quedó en la memoria de los morelianos como un espacio colectivo para el disfrute de la vida cotidiana. Pasados los años aciagos de la Revolución mexicana, y ante el paulatino incremento de su población, el crecimiento físico de la ciudad alcanzó los linderos de ese espacio natural en la década de los sesenta, y lo integró definitivamente a su planeación urbana en la década siguiente (Uribe Salas, 2021).

De manera que esta disposición que surgió en el siglo XIX, con la llegada del paseo que conectó la Plaza de Carrillo con la Loma de Santa María, pero su destino como Parque "Benito Juárez" quedó signado cuando se inauguró el tranvía urbano el 1 de julio de 1902, que comunicó el centro de la ciudad con el nuevo espacio de recreación, y dotó "[...] a Morelia de un paseo hermoso, higiénico y bien situado y para hacer más y más ameno el que anualmente verifican las distinguidas familias morelianas al inmediato pueblecito veraniego de Santa María de los Altos" (La Libertad, 194, como citado en Cortés Zavala & Rangel Díaz, 2021)

FIG.012
Lago artificial
Chávez Ruiz
Parque Juárez Morelia. Circa 1940
Fotografía análoga

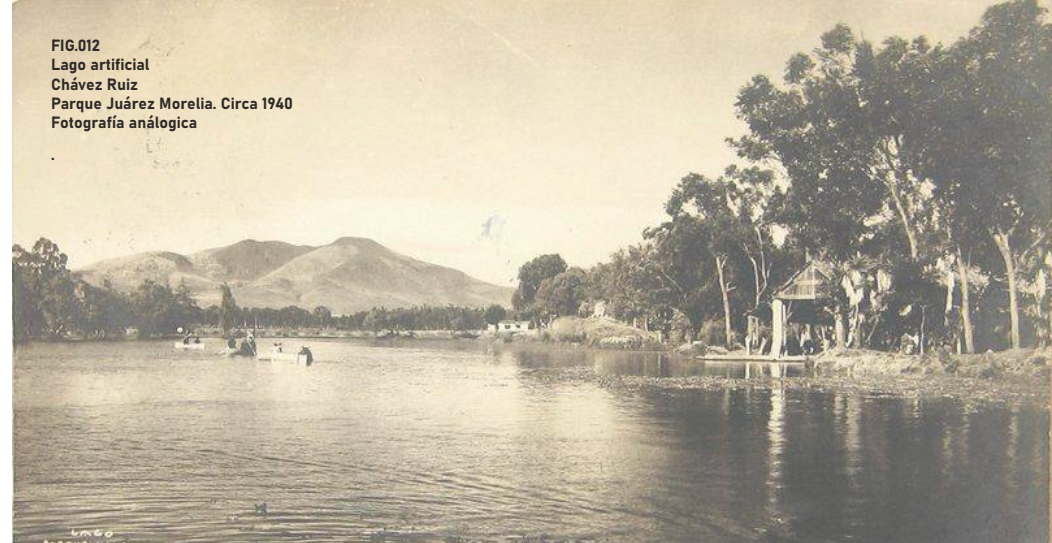


FIG.013
La Casa de Cristal.
Anónimo
Parque Juárez Morelia. Circa 1940
Fotografía análoga



FIG.014
Glorieta del paseo
Chávez Ruiz
Parque Juárez Morelia. Circa 1940
Fotografía análoga



El Parque Juárez, como fue conocido este lugar originalmente, nació a finales del siglo XIX con vocación de parque urbano como lo era el Bosque (o Paseo) de San Pedro, aunque sin el carácter habitacional y representativo de la idea decimonónica de los espacios urbanos abiertos que servían de transición desde lo urbano hacia lo rural. Su ubicación al final de la calzada de santa Catarina, representó sin duda un intento por dotar a Morelia de un área verde que tenía intenciones de contrastar con su entorno de terrenos todavía sin urbanizar que se extendían a lo largo de las estribaciones de la loma de santa María. Este lugar complementaba la creación de ambientes verdes al exterior de la urbe y dotaba a los pobladores del sur de una zona de esparcimiento que, sin integrarse plenamente a la mancha urbana en ese momento, ya apuntaba al crecimiento natural de Morelia y pretendía proteger un área que mantuviera su carácter natural independientemente de su integración o no a la mancha urbana (Cerdeña Farías, 2021, p. 126, citado en Cortés Zavala & Rangel Díaz, 2021).

EL PARQUE Y LA CASA DE CRISTAL

Un acercamiento hermenéutico a las intenciones de diseño se ven altamente influenciadas por la arquitectura y el urbanismo típico de la revolución industrial y quizá, en cierto nivel, del urbanismo francés, muy típico de la época porfirista, donde los grandes paseos arbolados se destinarían a conectar puntos de interés enfocados en clases sociales, mayormente de nivel adquisitivo alto. En este caso el paseo intentaba conectar la loma de santa maría con la plaza de carrillo, intercediendo en esta la casa de cristal que funcionó como centro de interés para los miembros más pudientes de la época.

Incluso celebraciones cívicas como las correspondientes al aniversario de la Independencia o el natalicio de Benito Juárez tenían actos previstos dentro del Parque Juárez: paseos, regatas, cucañas, circo y ascensión de globos aerostáticos, por mencionar algunos. Además, con la apertura de la construcción conocida como la Casa de Cristal, situada al pie de la cuesta de Santa María de los Altos y contigua al Parque, algunos de estos eventos adoptaron dicha casa como sede (Cortés Zavala & Rangel Díaz, 2021, citando a El Centinela, 1912, 1914). El Parque, además, era lugar de banquetes y de múltiples eventos organizados con motivo de las plantaciones instituidas por el Día de Árboles, en los que la junta organizadora confeccionaba programas atractivos, que llegaban a incluir carreras de caballos, bailes y músicas populares (*El Centinela*, 1908, 1912, citado en Cortés Zavala & Rangel Díaz, 2021). Contaba además con localidades para meriendas de buen gusto a las que concurrían las principales familias de Morelia, y sus vistas eran exhibidas, como las de otros lugares, en las funciones del cinematógrafo ofrecidas en el Teatro Ocampo (Cortés Zavala & Rangel Díaz, 2021, pp. 43-57).

Inicialmente las funciones de la Casa de Cristal fue servir de albergue al guardabosque, pero pronto se pudo comprobar que ese espacio por la majestuosidad con la que fue construido se destinaría también al esparcimiento como merendero con la organización de comidas, almuerzos o cenas en su interior (Cedeño Peguero, 2021).

La vanguardia industrial, las vistas privilegiadas y la conexión directa con el paseo dotaban al sitio con un sentido de grandeza y clase, propio de los usuarios que ahí se congregaban. Con el propósito de dotar de personalidad propia a la zona y cumplir con el objetivo estatal, se encargó al ingeniero Guillermo Wodon de Sorinne- reconocido arquitecto italiano de la etapa mercadista michoacana- que elaborara un proyecto sobre la construcción del mencionado parque Juárez, fundamentando ese proyecto, al parecer, en definir el trazado de la reforestación. Dicho arquitecto presentó una propuesta en el año de 1892. (Uribe Salas, 2021)

“Esa tradición de salir de la ciudad para adentrarse en un ambiente natural, de descanso y esparcimiento, quedó en la memoria de los morelianos como un espacio colectivo para el disfrute de la vida cotidiana” (Uribe Salas, 2021).

Podemos entonces deducir con total seguridad el por qué al Zoológico de Morelia se le refiere principalmente como Parque Juárez, pues, sus orígenes estaban cimentados en el modelo del parque de paseo de la época porfirista, sin embargo esta afirmación es de suma importancia para comprender de manera más amplia y precisa los orígenes del zoológico tanto en su dimensión física (Ubicación y dimensiones) como en su dimensión social. Es en esta dimensión donde comprendemos el valor del parque dentro de la población de Morelia a través de la historia, ganándose un puesto muy importante entre los hitos de esta ciudad.

FUNDACIÓN DEL ZOOLOGICO

El autor José Alfredo Uribe Salas proporciona un relato detallado de los factores que condujeron al establecimiento del Zoológico de Morelia a finales de la década de 1960. Durante este tiempo, la ciudad experimentó un rápido crecimiento demográfico, lo que impulsó la necesidad de planificar mejoras urbanas para abastecer a las nuevas colonias (Torres, 1970, p. 15, como citado en Cortés Zavala & Rangel Díaz, 2021). Un catalizador clave para la creación del zoológico fue el regreso de J. Jesús Guzmán Villicaña, un migrante mexicano con experiencia en Disneylandia, quien sugirió convertir el Parque “Benito Juárez” en un zoológico. Al llegar a Morelia en 1968 con varias mascotas y especímenes raros, Guzmán Villicaña propuso resguardarlos en el parque para el disfrute público.

En mayo de 1969, la Dirección de Obras Públicas de Michoacán presentó un ambicioso proyecto de remodelación del parque, lo que eventualmente llevó al gobernador Carlos Gálvez Betancourt a autorizar la creación del Parque Zoológico “Benito Juárez” el 15 de agosto de 1970 (Anónimo, 1969, p. 1, como citado en Cortés Zavala & Rangel Díaz, 2021). Las primeras obras de adaptación fueron dirigidas por el ingeniero Mier y Guzmán Villicaña, quien se convirtió en el primer administrador del zoológico. Además, se concibió la idea de establecer un Jardín Botánico y proteger colecciones de especímenes disecados que previamente formaron parte del Museo de Historia Natural ubicado en la Casa de Cristal.

Es importante reconocer la manera en que influencias globales tales como el desarrollo urbano francés o los parques de diversiones como Disneyland ayudaron a moldear el parque Juárez, sin embargo deberíamos observar como este tipo de influencias se vieron diluidas o modificadas ante las costumbres y posibilidades económicas de la región, este punto nos ayuda a comprender la morfología del sitio y su disposición, tal como el uso de la arquitectura regional para los edificios, módulos de baños y restaurantes al interior del parque.

La apertura del zoológico el 30 de septiembre de 1970 también motivó la reconstrucción de la Calzada Juárez, que se transformó en un bulevar que conectaba con la Rotonda de Hombres Ilustres y culminaba en la Casa de Cristal (Cortés Zavala & Rangel Díaz, 2021).

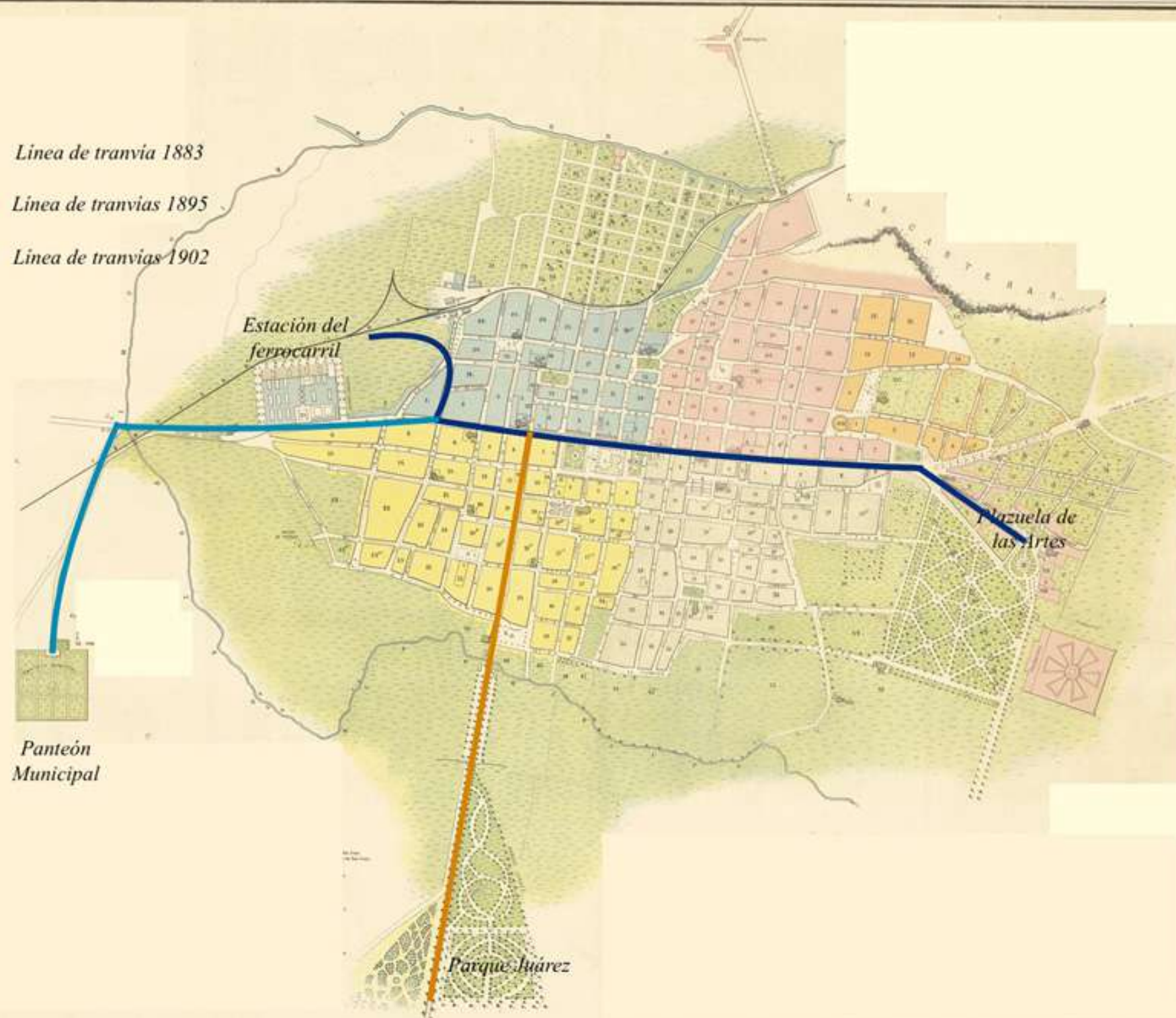
El crecimiento de la ciudad y las políticas de urbanización llevaron a acotar, finalmente, el área con una extensión de aproximadamente 24.5 hectáreas. Se conoce que los primeros especímenes faunísticos, desconocidos en el entorno local fueron los que trajo el Sr. Jesús Guzmán Villicaña de Estados Unidos. La exposición de distintas especies animales para la recreación de los visitantes se enriqueció con donaciones de las poblaciones vecinas a la ciudad, de particulares, de funcionarios del gobierno y del Zoológico de la Ciudad de México (Uribe Salas, 2021).

Hoy día, el Zoológico es una clara evidencia material y cultural de la expansión de la mancha urbana sobre sus fronteras con el campo y la naturaleza; una muestra tangible de múltiples rupturas en los sistemas ecológicos provocadas por la especulación inmobiliaria y por intereses políticos y económicos que buscan su reubicación. No obstante lo anterior, en el imaginario de los michoacanos y de los visitantes nacionales e internacionales, el Parque Zoológico “Benito Juárez” que es un pulmón para la ciudad de Morelia y un patrimonio histórico cultural y natural que le otorga identidad y futuro (Uribe Salas, 2021).



FIG.015
Entrada del Parque Juárez
Anónimo
Morelia, Circa 1970
Fotografía analógica.

- Línea de tranvía 1883
- Línea de tranvías 1895
- Línea de tranvías 1902



Panteón
Municipal

Parque Juárez

Un mapa cartográfico de la ciudad de Morelia a finales del siglo XIX y principios del XX muestra las principales líneas de tranvía, a la par que muestra la disposición urbana con sus cuatro sectores en el centro y señalando los principales lugares de interés.

Se muestra la escala de la ciudad con su límite urbano.

El Parque Zoológico Benito Juárez se ha posicionado como un componente importante en el sector educativo de la ciudad, siendo parte un elemento que conjuga una zona completamente educativa en la ciudad, pues esta zona sur de la ciudad que anteriormente representaba su límite poco a poco fue consumida por la urbanización, asignando a esta zona como un importante sector educativo y cultural, así el zoológico rodeado por escuelas y en sus proximidades algunos otros parques públicos como el Planetario o instituciones educativas como el campus de la Universidad Michoacana. Esta zona ha evolucionado para convertirse en un distrito educativo vital para la ciudad.

Hoy en día podemos entender cómo se ha entrelazado con el desarrollo de la ciudad. Sin embargo, es pertinente reconocer tanto los beneficios como las desventajas de esta característica. En primera instancia, es importante entender que Morelia ha funcionado como una ciudad centralizada y compacta en comparación con otras ciudades de la región, ya que la mayoría de sus atractivos se encuentran en su centro histórico y en un radio no mayor a los 20 km. Desde este punto de vista, entendemos que el zoológico tiene la particularidad de ser accesible desde cualquier punto de la ciudad, lo que lo hace muy próximo a sus habitantes. Esto puede beneficiar la promoción del cuidado del medio ambiente y la conservación de las especies. Al mismo tiempo entendemos que el parque es en sí un pulmón verde inmerso en la masa de concreto de la ciudad, siendo un punto importantísimo para la vitalidad de la misma, ayuda a amortiguar hasta cierto nivel el impacto de la contaminación en la misma.

FIG.017
Lago del Parque Juárez
Fotografía de autor
Morelia, 2022
Fotografía digital





MARCO TEÓRICO

FUNDAMENTOS DE DISEÑO BIOMIMÉTICO

Este capítulo compila una exploración exhaustiva de los principios de la biomímesis. Aquí se define y se constituye teóricamente el concepto, y se exploran diversas metodologías, significados y prácticas a través de una ardua revisión de trabajos y autores relevantes en el tema. El objetivo es proporcionar un entendimiento profundo de cómo esta filosofía se aplica en diversos campos del diseño y la innovación, destacando su relevancia y potencial para solucionar desafíos contemporáneos.

PARADIGMA

Para comprender de dónde surge esta línea de pensamiento, algunos autores sostienen que tenemos que remontarnos a los años 60's donde se vieron nacer los primeros movimientos de reintegración del hombre en la naturaleza, el movimiento beat, el hippie, los movimientos contraculturales de influencia oriental e hinduista, etc., sin embargo, todos ellos se difuminaron sin más consecuencias.

El cambio imprescindible de paradigma en el modelo de civilización sólo tuvo lugar cuando, tras la asunción del deterioro y la destrucción medioambiental que implica la actual civilización. [...] A finales de la segunda década del siglo XXI la humanidad enfrenta el ineludible reto de la sostenibilidad ambiental de sus actividades. Se tiene ya clara conciencia de que la especie humana consume recursos naturales a un ritmo que podríamos considerar depredador[...]. Cuando ya estamos sufriendo plenamente las consecuencias del cambio climático y la mayoría de las organizaciones mundiales relacionadas con el medio ambiente pronostican situaciones alarmantes, e incluso catastróficas, es necesario buscar alternativas que minimicen el impacto de nuestras acciones (Sardá, 2019, pp. 15-16).

El término biomímesis apareció en 1982 y fue acuñado y publicado por la famosa científica Janine Benyus en su libro más significativo de 1997 (*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*). En su libro, la biomímesis se presentó como “la nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza e imita estos diseños para resolver problemas humanos”. Ella también propuso mirar a la naturaleza como un “Modelo, Medida y Mentor” y sugirió que el objetivo principal de la biomímesis es la sostenibilidad. (Pathak, 2019). El trabajo de Benyus se ha posicionado como un parteaguas en la investigación y el desarrollo de la biomímesis, siendo que, varios autores basan su trabajo en los principios propuestos por la autora.

Sin embargo, si ampliamos la visión y recorremos la historia humana la biomímesis se ha utilizado desde tiempos ancestrales, un ejemplo de ello lo podemos encontrar en Lu Ban (c. 507-444 a.C.) Carpintero renombrado, acreditado con la invención del paraguas, inspirado en la hoja de un lirio gigante; y la sierra, inspirada en el tallo serrado de una enredadera. (Learn Biomimicry, s.f.).

Desde esta perspectiva podríamos catalogar diversos ejemplos de biomímesis a lo largo de la historia, del cómo las civilizaciones prehispánicas en mesoamérica desarrollaron instrumentos musicales que imitaban los sonidos de algunos animales como los jaguares, e incluso, desarrollar edificaciones que pudieron replicar el sonido del Quetzal como en Chichen Itzá, Yucatán.

Dichos ejemplos se acercan a diferentes niveles de replicación de la naturaleza, muchos de los cuales se presentan de manera únicamente estética como lo es el trabajo de Antonio Gaudí (1852-1926) en la Sagrada Familia, donde la catedral se erige siguiendo formas naturales no ortogonales, producto de un estudio de las catenarias y la inspiración en las formas naturales y los bosques, es por esto que la definición de biomímesis se podría basar en la replicación de la naturaleza a diferentes niveles y escalas.

En el texto de Mazzoleni & Price (Mazzoleni & Price, 2013) se explora la relación histórica entre la observación de la naturaleza y el diseño, comenzando desde civilizaciones antiguas hasta el período moderno. Se destaca que tanto artefactos etruscos como dibujos en cuevas son testimonio del profundo respeto y adoración que las sociedades antiguas tenían por la naturaleza.

Figuras prominentes de la antigua Grecia, como Aristóteles, también se centraron en la naturaleza, utilizando sus estudios para influir en campos como la zoología y la arquitectura. En el texto los autores afirman que Leonardo da Vinci fue quien estableció el puente entre el comprendimiento natural y el diseño así siendo considerado el primer diseñador biomimético por su habilidad para transformar observaciones naturales en ideas innovadoras.

Durante la Era de la Exploración y con el descubrimiento de América, el flujo de observaciones naturalistas aumentó significativamente, documentándose extensamente a través de dibujos detallados que más tarde influyeron en el avance científico y técnico. Personajes como Konrad Gessner y Ulisse Aldrovandi se destacaron por sus contribuciones detalladas al campo de la zoología a través de obras enciclopédicas ilustradas. Más adelante, la invención del microscopio en el siglo XVI abrió aún más las posibilidades de explorar aspectos microscópicos de la naturaleza, lo que llevó a descubrimientos más profundos sobre la estructura celular y otras características biológicas invisibles a simple vista.



Finalmente, el texto resalta la influencia de figuras del siglo XVIII como Alexander von Humbolt y Ernst von Haeckel, quienes documentaron exhaustivamente la flora y fauna de América. Leonardo da Vinci sigue siendo una figura central en la historia del diseño biomimético, demostrando cómo las observaciones detalladas de la naturaleza pueden traducirse en soluciones prácticas y estéticas en el diseño, marcando un legado de cómo la observación meticulosa puede ser canalizada en creación humana y diseño innovador (Mazzoleni & Price, 2013).

¿Cómo nos relacionamos con el mundo natural?

Si pensamos a gran escala sobre las acciones humanas y el cómo producimos todo lo que consumimos, podemos remontarnos a nuestros mismos orígenes, donde fuimos construyendo y desarrollando diferentes tipos de industrias que se han instituido a nivel global, definimos entonces un paradigma bajo un concepto de temporalidad histórica que se define como “Antropoceno”. La fecha de inicio del Antropoceno es objeto de debate. Crutzen y sus coautores inicialmente propusieron el comienzo de la revolución industrial a finales del siglo XVIII (Crutzen 2002; Steffen et al. 2011, citado en Hamilton, Bonneuil, & Gemenne, 2015). Otros han sugerido que comenzó con el desarrollo de la agricultura hace unos 7,000 u 8,000 años (Ruddiman 2003, citado en Hamilton, Bonneuil, & Gemenne, 2015), aunque la evidencia sugiere que el impacto humano no fue suficiente para desestabilizar el sistema terrestre hasta que los humanos comenzaron a quemar combustibles fósiles en grandes cantidades.

Más recientemente, la opinión parece estar convergiendo en la fecha de 1945, el inicio de la ‘Gran Aceleración’, cuyo impacto en el sistema terrestre es inequívoco (Zalasiewicz et. al., 2014, citado en Hamilton, Bonneuil, & Gemenne, 2015). Ese año también es el que en el cual una capa de radionucleidos se dispersó sobre la superficie de la Tierra, una capa que actuará como una luz intermitente para los geólogos del futuro. Algunos científicos de la Tierra argumentan que los cambios inducidos por el hombre en el sistema terrestre son tan grandes y duraderos que, más que entrar en una nueva época (una división estratigráfica relativamente menor), la Tierra está ahora entrando en una nueva era geológica, el Antropoceno, que sucede al Cenozoico que surgió con el evento de extinción del Cretácico hace 65 millones de años (Langmuir y Broecker 2012, p. 644, citado en Hamilton, Bonneuil, & Gemenne, 2015).

FIG.018
Interior de La Sagrada Familia
Sergio Benitez,
Barcelona, España, 2023
Fotografía digital

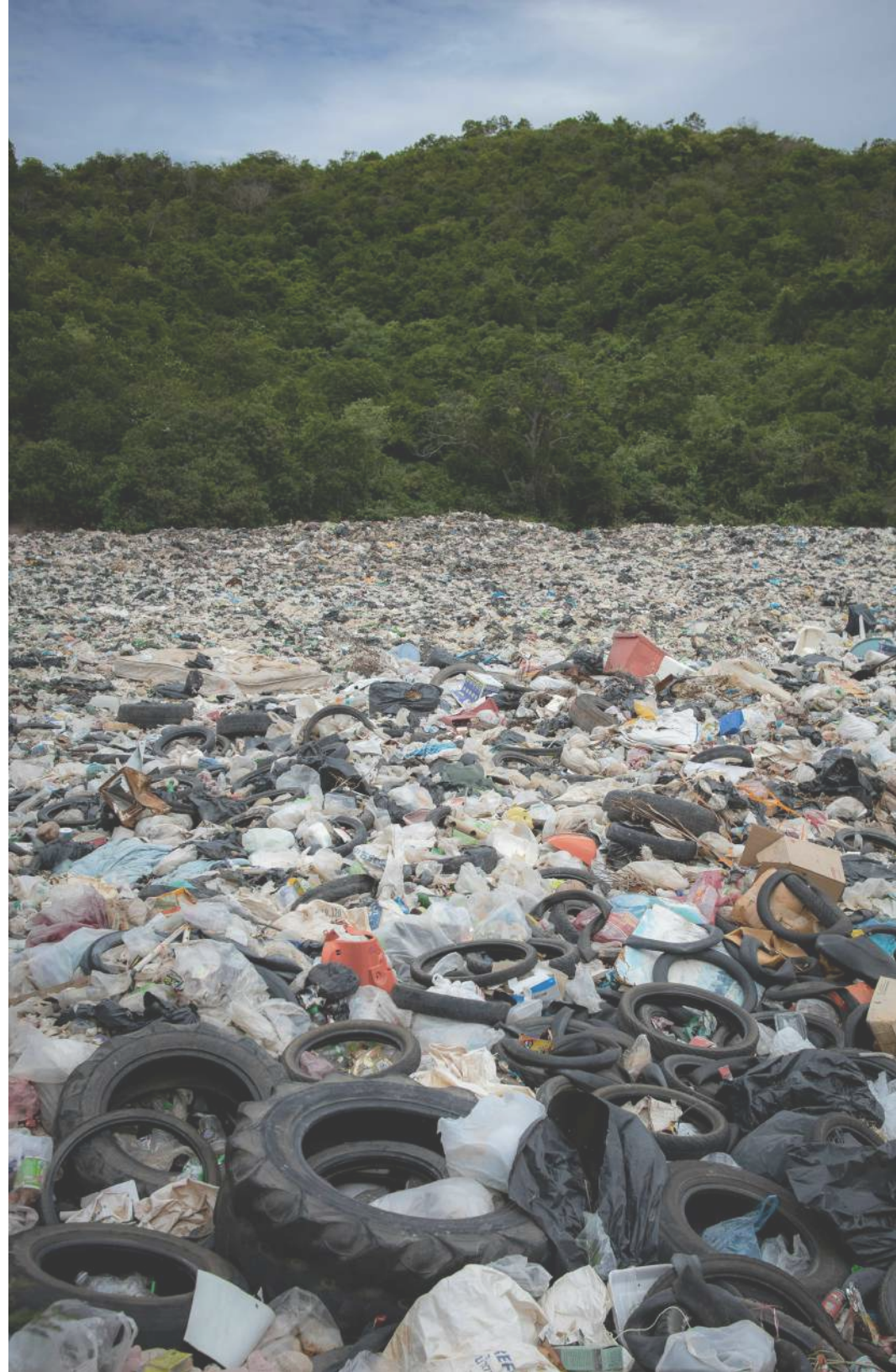
Los autores nos ponen en contexto sobre esta propuesta. Aunque aún se sigue discutiendo si realmente hay información para afirmar con certeza que la época actual sea el Antropoceno, sí contamos con datos que confirman que la huella humana ha tenido repercusiones que modifican indiscutiblemente la dinámica de los ecosistemas de nuestro planeta, tanto a nivel local como global. De aquí podemos deducir que existen posturas y trabajos que llegan a confirmar los estragos a nivel geológico que puede dejar la actividad humana.

Luc Semal en *The late Anthropocene: catastrophist versus continuist hypotheses: A rational, scientific approach to catastrophism* (2015), señala qué El texto discute cómo la historia geológica y la evolución biológica de la Tierra han sido tema de debates entre dos grupos principales: los catastrofistas y los gradualistas. Los catastrofistas creen que las transformaciones en la Tierra y la vida se deben a eventos catastróficos esporádicos, mientras que los gradualistas sostienen que estos cambios ocurren de manera lenta y continua a lo largo de extensos períodos geológicos. Tradicionalmente, se criticó a los catastrofistas por permitir que sus creencias religiosas influyeran en su interpretación científica, a menudo relacionando sus teorías con eventos como el diluvio bíblico.

Recientemente, sin embargo, ha surgido evidencia que respalda la idea de que ciertos eventos catastróficos han tenido un impacto decisivo en la historia de la Tierra. Un ejemplo significativo es el descubrimiento de un cráter de impacto de meteorito cerca de la costa de México, que se asocia con la extinción masiva que marcó el final de la era de los dinosaurios hace 65 millones de años. Este hallazgo sugiere que la historia de la Tierra puede ser una combinación de cambios lentos, como proponen las teorías gradualistas, interrumpidos ocasionalmente por grandes catástrofes que apoyan los argumentos catastrofistas. Esto no implica que una teoría domine sobre la otra, sino que algunas formas de catastrofismo pueden ser necesarias para explicar cambios drásticos y rápidos en la historia terrestre. (Semal L., citado en Hamilton, Bonneuil, & Gemenne, 2015).

Debido a esto consideramos entonces que la postura catastrofista tiene un peso validante en efectos prácticos para la temporalidad humana, es decir, nuestra percepción del tiempo basado en la esperanza de vida humana, por tal motivo para este trabajo optamos por tomar esta postura catastrofista que en efecto tiene un peso validante para la justificación de un cambio de paradigma en un escenario de reacción ante la catástrofe.

FIG.019
Foto Del Relleno Sanitario
Leonid Danilov
Tailandia, 2023
Fotografía digital



Ante tal cambio de paradigma en este escenario se opta por adoptar las lógicas naturales en nuestra manera de relacionarnos con el mundo y esencialmente con la naturaleza, optando ahora no por aprovecharnos de ella para obtener recursos sino para aprender de ella y sus maneras. Entonces entendemos a la naturaleza como un sistema o conjunto de sistemas que se han desarrollado para equilibrarse a sí mismos y funcionar de la manera más eficiente, como

Expone Dicks (Dicks,2015). En los últimos años, el concepto de autopoiesis se ha extendido más allá del ámbito de la biología. Por ejemplo, Margulis y Sagan (1995, citado en Dicks,2015) y Fritjof Capra (1997, citado en Dicks,2015) han aplicado la noción de autopoiesis a la ecología y, más específicamente, a la teoría de Gaia (Dicks 2011, citado en Dicks,2015). Un aspecto clave de este desarrollo es la noción del ciclo trófico, es decir, la idea de que los nutrientes circulan entre los productores (plantas), consumidores (insectos, animales) y descomponedores (bacterias, hongos), o, en términos de Margulis, que “los desechos equivalen a alimento” (Margulis 1998, p. 119, citado en Dicks,2015). Por lo tanto, se puede decir que la autopoiesis ecológica o gaiana depende en primera instancia del ciclo de nutrientes en bucles cerrados, y, como tal, está en línea con la visión de Barry Commoner de que la existencia sostenida de la vida en la tierra depende en última instancia de la emergencia de bucles tróficos cerrados (Commoner 1971, citado en Dicks,2015).

Pero no solo los sistemas biológicos y ecológicos pueden considerarse como auto-productores. Edgar Morin, en particular, ha argumentado que ciertos sistemas puramente físicos también son autoproductores. En el primer volumen de *La Méthode* (1977, citado en Dicks,2015), Morin se propone entender “la naturaleza de la Naturaleza”. Esto, explica, es lo que los presocráticos llamaban “physis”, un concepto antiguo y olvidado que significa “auto-producción”, y que él cree que se aplica a los seres vivos y los ecosistemas, y de igual manera sistemas físicos como estrellas y vórtices, los cuales, argumenta, exhiben organizaciones circulares dinámicas. Sin auto-producción, Morin afirma, además, no habría más que caos. Sin estrellas autoproductoras, el universo habría permanecido como una “nube” caótica de átomos predominantemente de hidrógeno.

Sin formas de vida auto-productoras, la tierra habría permanecido como una “sopa” molecular caótica. Y sin los bucles tróficos característicos de los ecosistemas autoproductores, la vida en la tierra rápidamente habría regresado al caos molecular del que emergió inicialmente. Morin señala además que todos estos seres o sistemas auto-productores que se generan a sí mismos, de igual manera el curso de su auto-producción también generan los diversos elementos que los componen: los elementos atómicos más pesados en el caso de las estrellas; los diversos orgánulos y órganos en el caso de los seres vivos; y una gama diversa de componentes bióticos y abióticos —nuevas especies, suelos, la capa de ozono, etc.— en el caso de los ecosistemas (Dicks,2015).

Lo expuesto anteriormente nos ofrece un punto clave para el entendimiento de la filosofía biomimética, el entender la naturaleza como en uno de las principales características de la biomímesis expuestas por Benyus (Benyus, 1997), entenderla como un mentor, donde podemos basar nuestros propios sistemas en una lógica de autoproducción y autorregulación.

“Estrictamente hablando, no existe algo como la naturaleza humana. Sólo existe la naturaleza y la muy humana expresión de ella. Por lo tanto, la naturaleza no es algo que esté allá afuera. Somos parte de ella y estamos en ella.” – Dr. Ian McCallum (Learn Biomimicry, 2021)

CARACTERÍSTICAS

Diversos autores exponen las características principales de la biomímesis, donde en primera instancia tenemos las leyes, estrategias y principios propuestos por Benyus:

La naturaleza funciona con luz solar.

La naturaleza utiliza sólo la energía que necesita.

La naturaleza adapta la forma a la función.

La naturaleza lo recicla todo.

La naturaleza recompensa la cooperación.

La naturaleza apuesta por la diversidad.

La naturaleza exige experiencia local.

La naturaleza frena los excesos desde dentro.

La naturaleza aprovecha el poder de los límites.

La naturaleza como modelo: Este principio sugiere que debemos estudiar la naturaleza, no solo para extraer de ella, sino para aprender de ella. La naturaleza debe ser vista como el estándar o modelo a seguir, lo que significa diseñar productos y procesos que imiten los sistemas y estrategias biológicas.

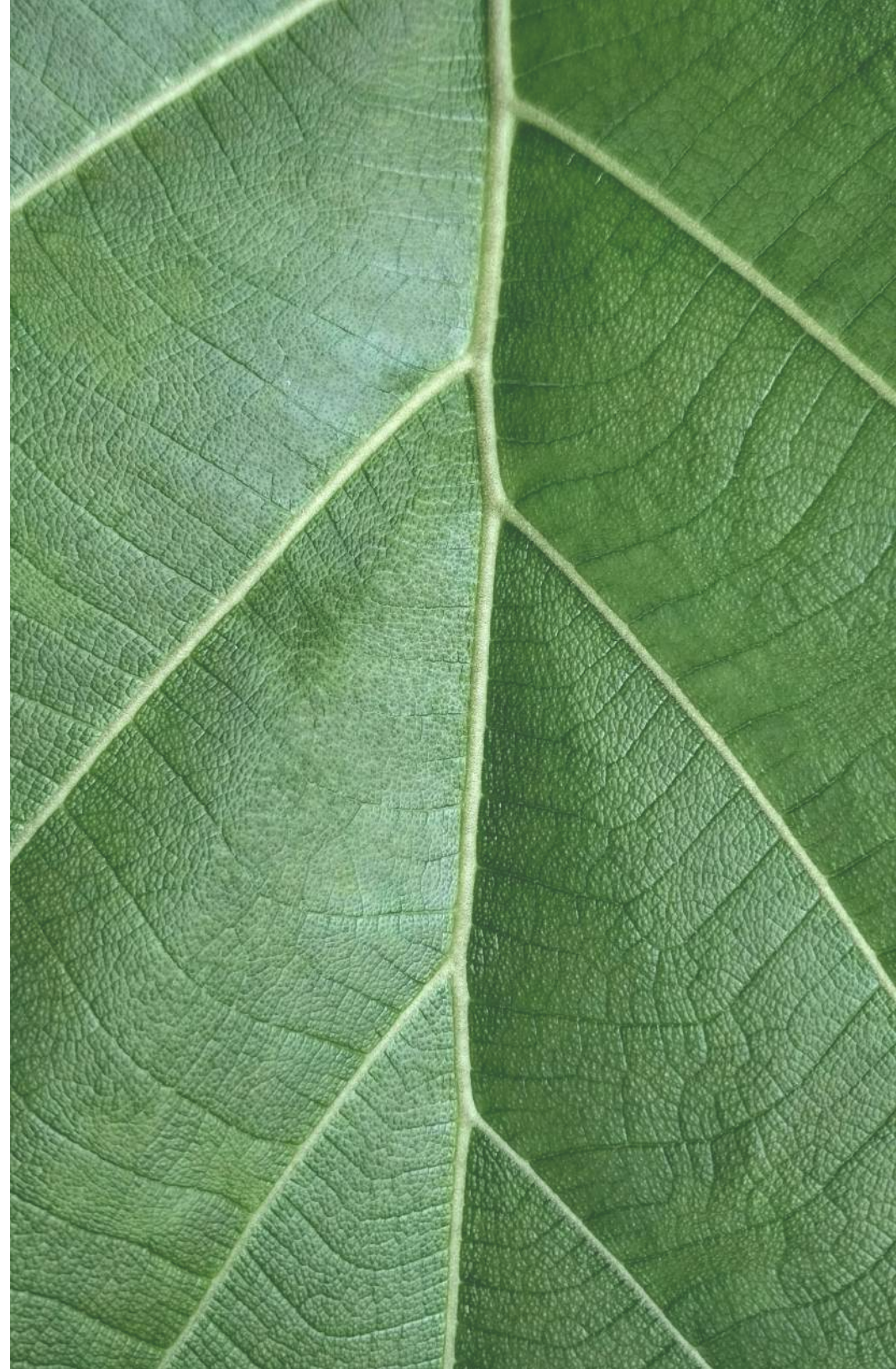
La naturaleza como medida: Este principio implica que los diseños biomiméticos deben medirse contra los estándares ecológicos y de sostenibilidad que la naturaleza ha refinado a lo largo de miles de millones de años. En otras palabras, la naturaleza ya ha resuelto muchos de los problemas que enfrentamos, por lo que deberíamos medir la eficacia de nuestras invenciones y procesos comparándolos con los suyos.

La naturaleza como mentor: Este principio enfatiza que la naturaleza debe ser vista más como un mentor que como un almacén de recursos a explotar. Significa aprender de la naturaleza que es autosuficiente, regenerativa y sostenible.

Adaptarse al lugar: La naturaleza opera localmente. Los seres vivos se adaptan a su entorno. De la misma manera, las soluciones biomiméticas deben ser diseñadas para operar en su entorno específico y ser sostenibles en ese contexto.

Usar formas de vida como modelo y medida: Implica imitar las formas de vida directamente para optimizar la funcionalidad y la sostenibilidad.

Ser localmente sintonizado y receptivo: Este principio aborda la necesidad de que las soluciones biomiméticas sean sensibles a las condiciones locales, desde el clima hasta el ecosistema.



Usar soluciones basadas en el ciclo de vida: Busca que los productos biomiméticos sean sostenibles en términos de su ciclo de vida completo, asegurando que no solo sean efectivos en su fase de uso, sino que también sean reciclables o compostables.

Integrar el crecimiento con el desarrollo: En la naturaleza, no hay desechos; todo subproducto es un recurso para otro proceso o para otro organismo. Las soluciones biomiméticas deben aspirar a esta integración, donde el “desecho” de un proceso es el alimento de otro.

Ser eficiente en el uso de recursos: La naturaleza optimiza el uso de los recursos al máximo, utilizando solo lo que necesita y nada más. (Benyus, 1997)

En la guía propuesta por la organización Learn Biomicry (Learn Biomicry, 2021), se proponen las tres semillas de la biomímesis:

Semilla de Emulación

Es lo que conocemos como la acción de la biomimética: es lo que leemos en los estudios de caso. La metodología práctica de cómo practicar la biomimética encaja aquí. que a su vez se divide en los **tres niveles de medir la emulación**:

1) Forma: Las formas, figuras y patrones naturales han evolucionado para ser algunos de los más efectivos en lograr funciones específicas. Cuando emulamos la forma natural, puede llevar a mejoras innovadoras en nuestros diseños que a menudo son mucho más efectivas para lograr las funciones deseadas. Podemos emular formas nano, micro, meso o macro con múltiples beneficios para los diseños humanos, pero no necesariamente tienen que ser sostenibles.

2) Proceso: Los procesos físicos y químicos de la naturaleza han evolucionado durante eones para estar bien adaptados y ser amigables con la vida. Cuando emulamos estos procesos, podemos lograr soluciones innovadoras y amigables con la vida para desafíos de diseño, como química amigable con la vida, fabricación de materiales a baja temperatura y presión, etc. Cuando combinamos la forma biomimética con las recetas de cómo la naturaleza logra estas formas, podríamos ser capaces de realizar lo que buscamos en el ethos de la biomimética.

FIG.020
Close up de hoja
Surya Prakash
Kalyanpur, India, 2021
Fotografía digital

FIG.021
Escultura de estilo griego entre plantas
Anónimo
s.f.
Fotografía digital

3) Sistema: Los sistemas en la naturaleza incluyen: sistemas neurológicos, superorganismos, redes, ciclos de nutrientes, ecosistemas, etc. Estos sistemas han evolucionado durante eones para ser óptimamente efectivos. Aprender de los sistemas de la naturaleza proporciona conocimientos sobre el diseño de sistemas más efectivos e innovadores, incluyendo: sistemas de información, redes energéticas, diseños urbanos, reciclaje de materiales, gestión del agua, organizaciones y mucho más. Cuando aplicamos la biomimética a nivel de sistemas, podemos tener un impacto significativo en el diseño de nuestro mundo.

Semilla Ethos

Esto es esencialmente el por qué de la biomimética. Se trata de la intención y la ética detrás de la práctica.

“Representa nuestro respeto por, responsabilidad hacia y gratitud hacia nuestras especies compañeras y nuestro planeta hogar. Surge de una creencia profunda de que los humanos somos una de las muchas especies que pueblan el planeta, cada una con su propio derecho inherente a sobrevivir, y que nuestra supervivencia depende en última instancia de su supervivencia” (Learn Biomicry, 2021).

Semilla Reconectar

Reconectar se refiere a cómo nuestra conexión humano-naturaleza se mejora cuando exploramos la biología que es inherente en la práctica de la biomimética. Se trata de salir al exterior y descubrir el genio de la naturaleza y las profundas conexiones que tenemos con el mundo natural. También puede referirse a cómo diferentes disciplinas, que típicamente no trabajan juntas, se reconectan en la práctica de la biomimética (Learn Biomicry, 2021).



El texto expone principalmente los valores que representan la filosofía de la biomímesis, estableciendo una base sólida para tomar decisiones acordes con las lógicas naturales de la manera más efectiva posible. Desde el diseño, podemos argumentar que los valores de la biomímesis proporcionan una directriz clara al iniciar un proceso de diseño. Siguiendo estas semillas como pilares principales, podemos desarrollar metodologías que nos permitan emular de manera eficiente la naturaleza y así obtener un producto que esté en consonancia con los valores establecidos dentro de esta filosofía.

En la definición de Verbrughe et. al, se sostiene que: la biomímesis, la biónica, la biomimética, el biomorfismo, el diseño orgánico y términos similares se refieren de alguna manera a imitar la naturaleza. Sin embargo, ¿cuál es el término correcto a utilizar? ¿Qué significa biomímesis? ¿De dónde proviene el término? Para tener claridad sobre qué es la biomímesis, y particularmente qué significa en arquitectura, se discuten los términos relacionados. La biomímesis es un término usado en varios campos científicos de maneras muy distintas, pero debería implicar ciertos aspectos. Este apartado explica brevemente la historia de la biomímesis y cómo otras terminologías relacionadas están definidas en el estado actual del arte. (Verbrughe et al., 2023)

Interdisciplina

Una característica principal de la biomímesis es que, a diferencia de los métodos de producción propuestos en épocas anteriores, esta filosofía adopta un enfoque holístico que integra varios campos de conocimiento hacia un solo objetivo. Principalmente encontramos que diversos autores la señalan como un enfoque que trasciende las fronteras de la disciplina, en el contexto del diseño inspirado biológicamente (BID), la biomímesis es un enfoque interdisciplinario que reúne a biólogos, diseñadores, ingenieros, entre otros, para estudiar y transferir principios o mecanismos de la naturaleza para resolver desafíos de diseño (Taylor Buck, 2017; Fayemi et al., 2017) Por su parte, Ilieva señala que la biomímesis es un enfoque interdisciplinario para estudiar y transferir principios o mecanismos de la naturaleza para resolver desafíos de diseño, frecuentemente diferenciado de otras disciplinas de diseño por su enfoque particular y su promesa de sostenibilidad. Sin embargo, en la literatura sobre diseño biomimético e inspirado biológicamente, existen diversas interpretaciones sobre cómo y si los diseños conducen a resultados sostenibles y cómo se conceptualizan y aplican en la práctica la sostenibilidad, la naturaleza y la mimesis (Ilieva et al., 2022).

La característica transdisciplinar de la filosofía biomimética abordada desde algunas definiciones de autores nos indica una directriz clara del cómo se deberían abordar las problemáticas desde nuestra época contemporánea, es decir, el discurso de la transdisciplina es relativo y paralelo a las funciones de la naturaleza, es decir, si se quiere comprender un elemento o función de la mecánica natural debería de abordarse desde varias perspectivas, para establecer un marco sólido de conocimiento para poder aplicarse en una solución a nuestros problemas de esta manera surge un discurso holístico en el sentido de que cualquier elemento sustraído de la naturaleza tiene hilos directamente relacionados con diversos elementos que conforman un todo.

FIG.022
Micelio de hongos y madera utilizados para crear muebles similares a la gamuza
Sebastian Cox & Ninela Ivanova

Imagen: Dezeen
Londres, Reino Unido, 2017
Fotografía digital



CASOS DE ESTUDIO

Hylozoic Ground
Philip Beesley
Pabellón de Canadá, Bienal de Venecia, 2010

Hylozoic Ground, del arquitecto y escultor Philip Beesley (PBAI Universidad de Waterloo), fue seleccionado a través de un concurso nacional con jurado para representar a Canadá en la Bienal de Venecia de Arquitectura 2010.

Hylozoic Ground es una arquitectura experimental única en Canadá que explora cualidades de la naturaleza contemporánea. El proyecto transformó el Pabellón de Canadá en un bosque artificial compuesto por un intrincado enrejado de pequeños eslabones de malla acrílica transparente, cubiertos con una red de frondas mecánicas interactivas, filtros y cerdas.

FIG.023
Hylozoic Ground

Philip Beesley
Venecia, 2010
Fotografía digital

Decenas de miles de componentes ligeros fabricados digitalmente estaban equipados con microprocesadores y sensores de proximidad que reaccionaban a la presencia humana. Este entorno sensible funciona como un enorme pulmón que respira alrededor de sus ocupantes.

Arreglos de sensores táctiles y actuadores de aleación con memoria de forma (un tipo de mecanismo cinético no motorizado) crean olas de movimiento empático, atrayendo a los visitantes hacia las profundidades relucientes y misteriosas de un paisaje mítico, un frágil bosque de luz (Philip Beesley Studio Inc., s.f.).

En este ejemplo podemos observar cómo se han usado los procesos naturales y sus lógicas para construir una obra de arte que realmente reacciona con los humanos que se encuentran próximas a ella, es decir, una interacción directa e intencionada que nos pone sobre la mesa la posibilidad de que esto suceda en un nivel de diseño, conociendo las lógicas y las funciones naturales para beneficio de todos aquellos seres que rodean al mismo producto.



Sharklet

Sharklet technologies, Inc.

Numerosas especies marinas desarrollan todo tipo de organismos en sus pieles, pero no los tiburones, Sharklet se inspira directamente de las pieles limpias de estas especies de escualos. Si observamos la piel de los tiburones podemos notar que están estructuradas por millones de pequeños dentáculos que forman un patrón que evita que cualquier residuo u organismo pueda adherirse a ellos, esta es la base de la inspiración para las superficies desarrolladas por Sharklet, estas superficies están diseñadas para controlar interacciones con microorganismos así como las bacterias. Estas estructuras están diseñadas y manipuladas milimétricamente para cumplir con las funciones observadas en los tiburones, aproximadamente cada celda midiendo una quincuagésima parte de un cabello humano (1/50).

Con esto se podrían desarrollar superficies totalmente estériles para todo tipo de usos, medicinales, aviones, celulares, etc. (Sharklet Technologies, Inc.)

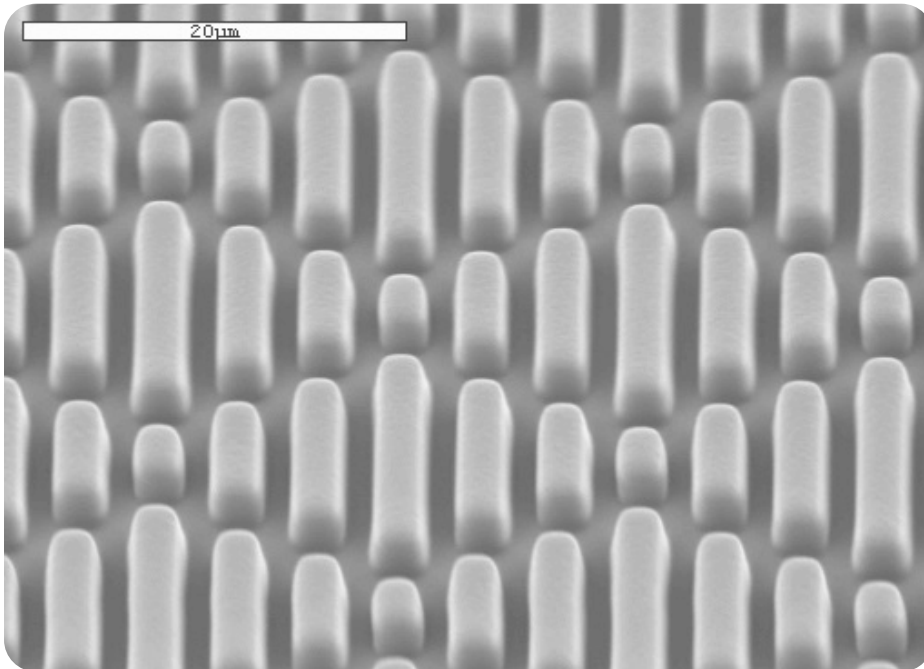


FIG.024
Patrón positivo de Sharklet
Sharklet Technologies, Inc., s.f.

East Gate

Harare, Zimbabwe, 1996

Mick Pearce

Al considerar los objetivos de rentabilidad del proyecto, el diseño del Eastgate necesitaba encontrar un equilibrio entre reducir el consumo de energía del edificio y proporcionar un entorno interno cómodo para sus usuarios. Para lograr esto, el arquitecto zimbabuense Mick Pearce utilizó un enfoque llamado biomímesis para diseñar un sistema de enfriamiento natural que aprovecha la naturaleza.

En la naturaleza, las termitas construyen montículos similares a rascacielos que están ventilados por un complejo sistema de túneles. Inspirándose en estos procesos, el diseño incorpora una amplia masa térmica expuesta, sombras integradas en la envoltura externa del edificio y conductos de aire para crear un efecto de chimenea que reduce la temperatura al permitir la entrada de aire fresco en la base y la salida de aire caliente a nivel del techo. Este proceso fue apoyado por una serie de grandes ventiladores ubicados en las columnas inferiores del edificio, que ayudaron aún más a enfriar sus espacios.

Gracias a su diseño de ventilación natural, pudimos regular la temperatura del edificio sin la necesidad de sistemas de aire acondicionado intensivos en energía. Al eliminar estos sistemas, nuestra estrategia redujo los costos operativos del edificio y minimizó significativamente su uso de energía y consumo de carbono. Esto permitió que el Eastgate proporcionara un entorno cómodo para trabajar, al tiempo que cumplía con los objetivos de rentabilidad de sus planes originales.

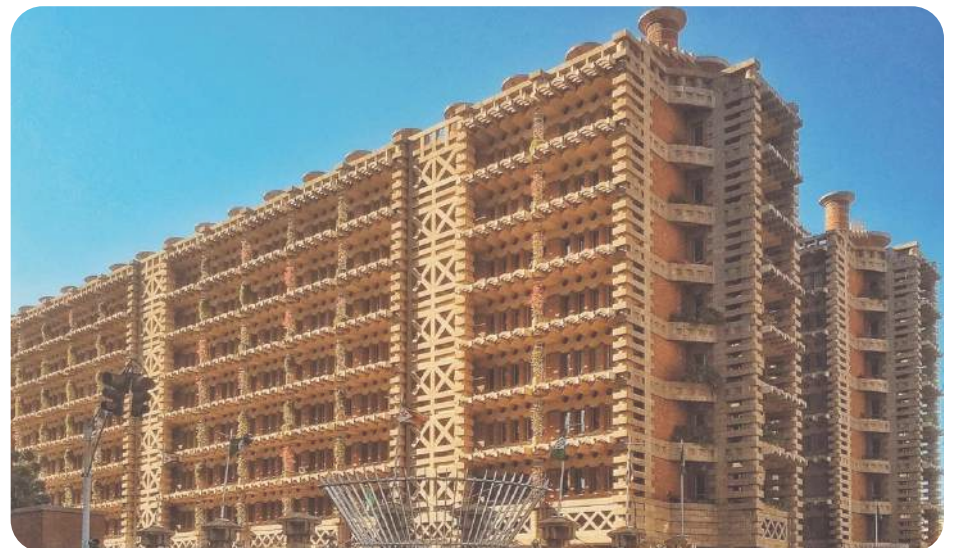


FIG.025
East Gate Zimbabwe
Mick Pearce Architect s.f.

Whalepower

Whalepower Corp.

La historia de biomimética de Whalepower comienza cuando Frank Fish, un profesor de biología de la Universidad del Estado de Michigan con doctorado en Zoología y conocedor de la hidrodinámica y biomecánica animal, observó en una escultura la ubicación de tubérculos o protuberancias en la aleta de una ballena jorobada. Interesado en conocer el funcionamiento de esta revelación, el Dr. Fish, en su laboratorio, y con su equipo de trabajo comenzó la investigación. En el año 2002, junto con el Dr. Philip Watts obtuvieron la patente de la innovación denominada Ala con bordes ondulados prominentes (Scalloped wing leading edge), la cual consistía en un ala con protuberancias para proporcionar una mayor razón entre la elevación y la fricción en comparación con alas similares con bordes recta (Watts y Fish 2002, como citado en Gómez, Á. P., s.f.).

La idea de colocar protuberancias en las alas no se había desarrollado anteriormente porque se consideraba contraintuitiva. Debido a que el conocimiento hasta ese momento, hacía pensar que las protuberancias podrían interrumpir el flujo y por tanto aumentar la resistencia que el ala experimentaba cuando pasaba a través del agua o el aire. La apreciación del profesor Fish sobre las protuberancias en la aleta de la ballena jorobada permitió avanzar en el conocimiento de los diseños aerodinámicos naturales que mejoran el desplazamiento de un cuerpo en los fluídos. Las investigaciones de Whalepower han concluido que las protuberancias en los bordes no aumentan la resistencia y que incluso, a medida que avanza hasta los ángulos más altos, se reduce la resistencia en comparación con un ala que no tiene estas protuberancias. El profesor Fisher explicó en una entrevista radial de la BBC, cómo funcionan las protuberancias en el flujo del aire o el agua (Gómez, Á. P., s.f.).

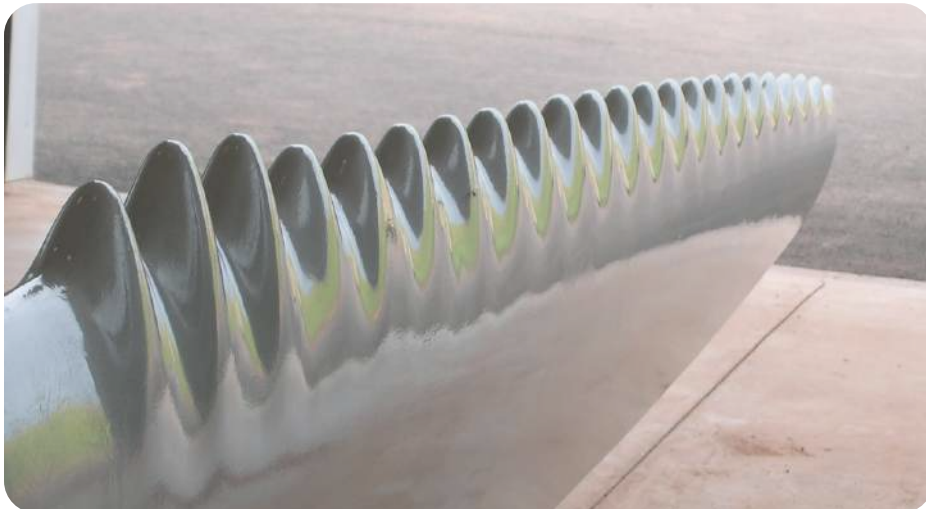


FIG.026
Turbina Whalepower
Whalepowercorp, s.f.

Silk Pavilion

Cambridge, MA, 2013.

Neri Oxman & Mediated Matter Group

Silk Pavilion, precursor del Silk Pavilion II, explora las relaciones entre la construcción digital y biológica, proponiendo métodos que unan lo biológicamente hilado con lo tejido robóticamente. Inspirado en la capacidad del gusano de seda para generar un capullo tridimensional a partir de un solo hilo de seda, el Silk Pavilion I fue desarrollado en 2013 y tomó la forma de una cúpula de tres metros de ancho, construida durante tres semanas con la ayuda de 6,500 gusanos de seda vivos asistidos por un brazo robótico. Cada gusano de seda hiló un filamento de hilo de seda de aproximadamente 1 km de largo. Combinados, los gusanos de seda produjeron un hilo en forma de cúpula tan largo como la Ruta de la Seda.

Al estudiar cómo el comportamiento de hilado del gusano de seda está influenciado por las condiciones espaciales y ambientales, pudimos guiar el movimiento del gusano de seda para hilar láminas bidimensionales en lugar de capullos tridimensionales.



FIG.027
Silk Pavilion
Neri Oxman & Mediated Matter Group, 2013

Silk Pavilion

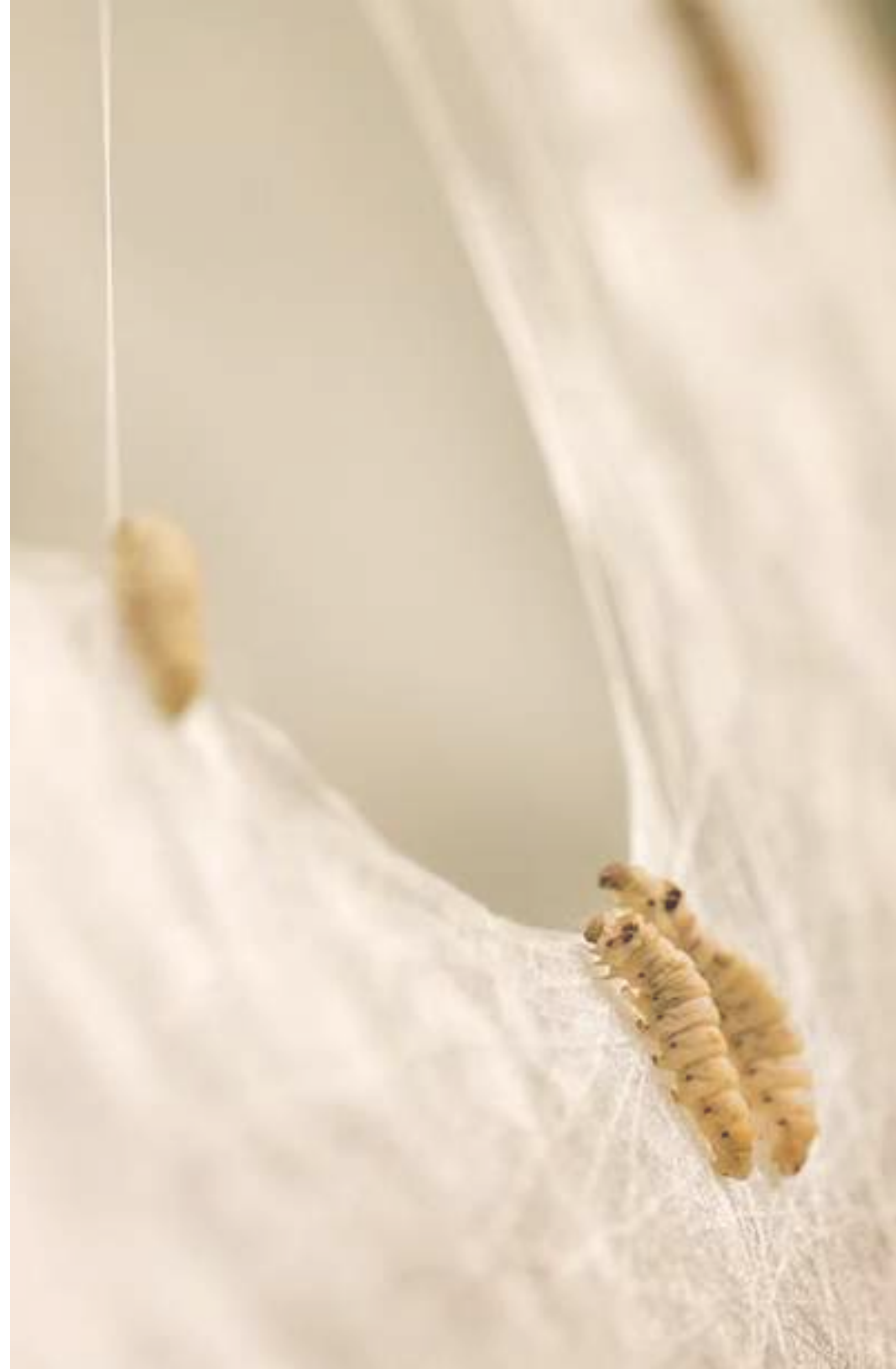
Cambridge, MA, 2013.

Neri Oxman & Mediated Matter Group

La geometría del pabellón fue creada utilizando un algoritmo que coloca un solo hilo continuo a lo largo de parches, proporcionando diversos grados de densidad. La variación general de la densidad de las láminas de seda fue informada por el propio gusano de seda, desplegado como una "impresora" biológica en la creación de esta estructura secundaria. Debido a su sensibilidad a las condiciones ambientales —densidad geométrica, así como variación en la luz natural y el calor— se observó que los gusanos de seda migraban hacia áreas más oscuras y densas. Con esto en mente, pudimos calibrar las variaciones en el grosor de las láminas de seda según las especificaciones deseadas.

Se utilizó un diagrama de trayectoria solar —registrando la ubicación del sol en cualquier momento durante la duración de la instalación— para determinar la ubicación de las aperturas en los paneles para modular la distribución de la luz y el calor en la superficie, influyendo así en la posición de los gusanos de seda y la densidad de su seda a lo largo de la estructura. (Oxman N., s.f.)

FIG.028
Silk Pavilion
Neri Oxman & Mediated Matter Group, 2013



H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g

París, Francia, 2019

ecoLogicStudio & Synthetic Landscape Lab

En la era digital, está surgiendo una nueva interacción entre la creatividad y los campos de las ciencias de la vida, la neurociencia y la biología sintética. La noción de “vida” adquiere una nueva forma de artificialidad. Este proyecto confronta los dictados de la racionalidad humana con los efectos de la proximidad a la inteligencia bio-artificial. Se desarrolla en “colaboración” con organismos vivos, cuya agencia no humana es mediada por subestructuras espaciales que hemos desarrollado al estudiar modelos biológicos de endosimbiosis.

Con un algoritmo digital, podemos simular el crecimiento de un sustrato inspirado en la morfogénesis colectiva de los corales. Este sustrato se deposita físicamente mediante máquinas de impresión 3D en capas de 400 micrones, soportado por células triangulares de 46 mm y dividido en bloques hexagonales de 18,5 cm. Cianobacterias fotosintéticas se inoculan en un medio de biogel dentro de las células triangulares individuales, o bio-píxeles, formando las unidades de inteligencia biológica del sistema.

Sus metabolismos, impulsados por la fotosíntesis, convierten la radiación en oxígeno y biomasa. El valor de densidad de cada bio-píxel se calcula digitalmente para organizar de manera óptima a los organismos fotosintéticos a lo largo de iso-superficies de mayor radiación entrante. Como uno de los organismos más antiguos de la Tierra, la inteligencia biológica única de las cianobacterias se integra así en una nueva forma de arquitectura bio-digital (Innsbruck University, s.f.).



FIG.029
H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g
ecoLogicStudio, Synthetic Landscape Lab
Centre Pompidou, París, 2019.



FIG.030
H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g
ecoLogicStudio, Synthetic Landscape Lab
Centre Pompidou, Paris, 2019.

Imagen:NAARO, 2019.

Fotografía digital





CONCLUSIONES

El diseño biomimético ha estado presente hasta ciertos niveles a lo largo de la historia de nuestra civilización, sin embargo, gracias a los avances tecnológicos y el conocimiento de la naturaleza, esta línea de diseño ha logrado tener un mayor peso en el ámbito. Debido a la degradación de los ecosistemas, esta filosofía se posiciona no solo como una buena opción, sino, como la mejor opción que tenemos para combatir el desequilibrio ambiental que nuestro modelo de producción cuya raíz nace en la revolución industrial y se constituye principalmente como una producción lineal que no obedece a las lógicas naturales de nuestro planeta, dichas lógicas, sistemas o leyes han evolucionado por millones de años para lograr ser altamente eficientes, autorreguladoras y autoproductoras.

Observar las enseñanzas de la naturaleza nos permite acercarnos a un nivel tecnológico mayor puesto que podemos aprovechar todos los recursos para un avance significativo y amistoso, a la par nos permitirían tener un futuro próspero

En este trabajo el diseño biomimético para albergues en el Zoológico de Morelia se elige como la opción que nos puede guiar a obtener el mejor resultado posible optimizando todos los recursos disponibles en el albergue y el ecosistema circundante, a la par de aportar una metodología que permita que este tipo de recintos se puedan desarrollar de la mejor manera así estableciendo un vínculo estrecho entre los humanos, las especies animales y vegetales, los elementos inertes y las leyes físicas.

En un sistema basado en principios biomiméticos existiría una total armonía entre todos los actores que pertenecen a dicho sistema, logrando contraatacar los efectos negativos de los modelos de producción imperantes, es decir un efecto totalmente contrario se podría lograr siguiendo estos principios, reducción del CO2 en la atmósfera, reducción del estrés hídrico, regulación de los ciclos del agua, aumento de ejemplares en especies en peligro de extinción, equilibrio de ecosistemas y así, cualquiera que sea el beneficio ambiental.

FIG.031
H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g
ecoLogicStudio, Synthetic Landscape Lab
Centre Pompidou, París, 2019.

Imagen: NAARO, 2019.

Fotografía digital

CASO ANÁLOGO EL ZOOLOGICO DE SAN DIEGO

El presente trabajo se enfoca en el análisis crítico, teórico e histórico del Zoológico de San Diego, una institución reconocida mundialmente por su innovador enfoque en la conservación de la vida silvestre y su participación activa en programas de investigación y educación ambiental. Esta investigación se concibe como un caso análogo para la tesis de maestría Innovación biomimética para la coexistencia, rediseño en albergue de exhibición de Lémur Cola Anillada Del Parque Zoológico Benito Juárez, ofreciendo una perspectiva multidimensional que abarca distintas capas de análisis. Inicialmente, se examinará el zoológico desde una dimensión histórica, trazando su evolución desde su fundación en 1916, pasando por sus hitos más significativos hasta la actualidad, lo cual permite entender las transformaciones en sus prácticas y filosofías a lo largo del tiempo.

Posteriormente, se abordará una capa teórica, donde se discutirán los modelos de conservación, bienestar animal y educación ambiental que el zoológico ha adoptado e influenciado a nivel global.

Finalmente, este análisis se enriquecerá con observaciones directas obtenidas durante una visita de campo realizada el 2 de noviembre del 2023, permitiendo contrastar la teoría con la práctica. Este enfoque integral aporta material para nutrir la discusión académica sobre instituciones zoológicas y conservación, a la par de ofrecer insights valiosos para futuras investigaciones y prácticas en el ámbito.

FIG.032
Entrada Principal del Zoológico de San Diego
San Diego Zoo Wildlife Alliance
San Diego, CA, 2023.

Fotografía digital



Análisis histórico

Historia del Zoológico de San Diego

El Zoológico de San Diego, reconocido mundialmente por su liderazgo en conservación y educación sobre la vida silvestre, tiene una historia que data a partir de 1916. Esta institución comenzó gracias a la inspiración del Dr. Harry M. Wegeforth, quien, tras la exposición Panamá-California, se propuso establecer un zoológico en la ciudad de San Diego. Desde su concepción, este ha pasado por diversas etapas de crecimiento y desarrollo, marcando hitos importantes en el campo de la zoología y la conservación. (San Diego Zoo Wildlife Alliance Library, s.f.)

Exposición Panamá-California

Para entender de manera más amplia la historia del S.D.Z. (San Diego Zoo) es necesario hablar de la Exposición Panamá-California. De 1915-1917 en San Diego celebró la apertura del Canal de Panamá y demostró el urbanismo y la arquitectura innovadora. Este evento transformó el Parque Balboa con su arquitectura distintiva que mezclaba influencias españolas, moriscas, mexicanas, italianas y persas, creando un paisaje urbano único que ha influenciado el desarrollo de San Diego (San Diego History Center, s.f.). Gracias a este evento el paisaje local se conformó con su característico estilo ecléctico y a su vez su identidad como el parque principal de la ciudad e hito de esta, conformándose como principal eje de la ciudad.

Fundación y primeros años (1916-1930)

La creación del Zoológico de San Diego se formalizó con la fundación de la Sociedad Zoológica de San Diego por el Dr. Wegeforth y otros ciudadanos comprometidos. Inicialmente, el zoológico albergaba una modesta colección de animales de la exposición Panamá-California, enfrentándose a retos financieros y de infraestructura, pero estableciendo las bases para su futuro crecimiento (San Diego Zoo Wildlife Alliance Library, s.f.).

En 1921 se aprueba el sitio actual del zoológico en el parque Balboa, por la Junta de Comisionados del Parque (140 acres.) (Board of Park Commissioners). Nathaniel Skymarker, urbanista, elaboró el primer Desarrollo del zoológico, el mismo año Ellen Browning Scripps, periodista y filántropa americana (1836-1932) (Scripps, s.f.) dona la cantidad de USD\$ 9,000.00 que se destinaron al cercado del recinto.



FIG.033
Cuidado de Tortugas en el Zoológico de San Diego.
San Diego Zoo Wildlife Alliance
San Diego, CA, Circa 1920.
Fotografía análoga

Un año después en 1922 se contrata el primer personal incluido, entre ellos el arquitecto paisajista N.E. Slaymaker, quien se encargaría de adaptar el parque a los ecosistemas de cada grupo de especies, al mismo tiempo se integra otro edificio de la exposición de Panama-California rediseñado por el arquitecto Louis J. Gill, este edificio se destinó al área de reptiles (Reptile House).

En año nuevo de 1923 S.D.Z. celebra su gran apertura oficialmente con una colección que fue ampliándose con el paso de los años contando con algunas especies de reptiles, mamíferos acuáticos, aves y mamíferos terrestres. Para el fin de la década de 1930's, ya se contaba con una amplia colección de especies traídos de diversas partes de otros zoológicos, reservas y áreas naturales en los Estados Unidos y alrededor del mundo. Al mismo tiempo se habían consolidado diversas alianzas que ayudaron a sentar las bases de una institución.

Desarrollo y expansión (1931-1950)

Este periodo se caracteriza por una expansión significativa del zoológico, incluyendo la apertura de su primer hospital de animales en 1931, demostrando su compromiso con el bienestar animal (San Diego Zoo Wildlife Alliance Library, s.f.). Además, el zoológico innovó en la creación de hábitats más naturales para los animales, diferenciándose así de otras instituciones de la época.

Innovación en conservación (1951-1980)

El Zoológico de San Diego se destacó por su enfoque en la conservación de la vida silvestre, estableciendo programas de cría en cautividad e investigación. En 1975, el zoológico inauguró el Centro de Investigación de Reproducción de Especies en Peligro (CRES), consolidando su posición como líder en la conservación de especies en riesgo (Grier, 2016).

Liderazgo global y educación (1981-presente)

Las últimas décadas han visto al zoológico reforzar su papel como centro educativo y de investigación de primer nivel. Ha introducido experiencias interactivas que enfatizan la importancia de la conservación y ha expandido sus esfuerzos de conservación a nivel internacional, trabajando en proyectos alrededor del mundo para proteger especies en peligro.

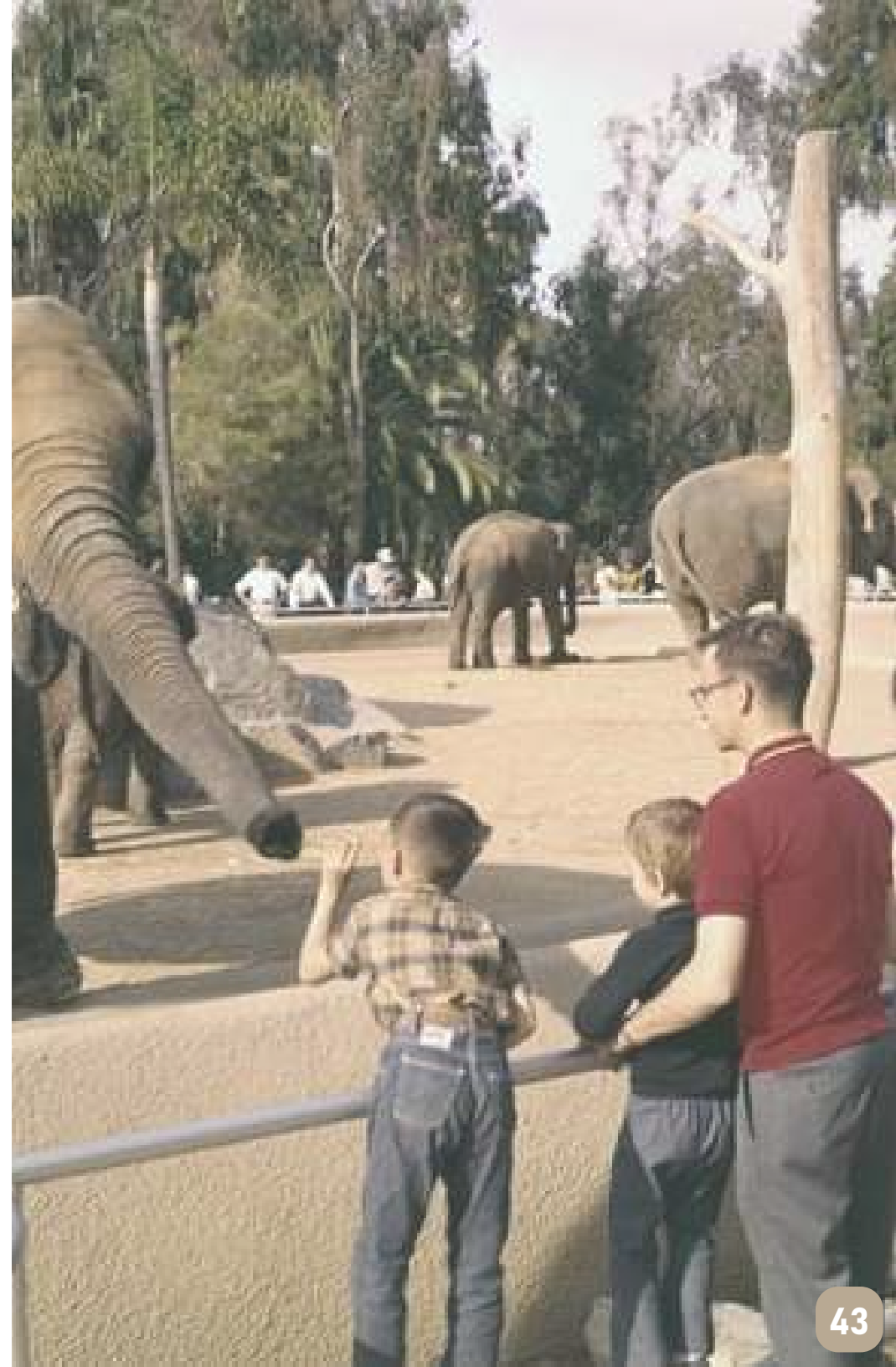


FIG.034
Hábitat de elefantes.
SanDiegoHistory.org
San Diego, CA, 1966
Fotografía análoga

Entre los momentos más destacados de su historia se encuentran la fundación del zoológico en 1916 por el Dr. Wegeforth, la apertura del primer hospital de animales en 1931, la creación del CRES en 1975 y la inauguración de exhibiciones innovadoras en las décadas recientes, como las dedicadas a los ecosistemas de África y Australia, que reflejan el compromiso del zoológico con la recreación de hábitats naturales (San Diego Zoo Wildlife Alliance Library, s.f.).

El Zoológico de San Diego ha sido un símbolo de la conservación y la investigación en el ámbito de la vida silvestre a nivel global desde su fundación, demostrando el impacto de la visión comunitaria y el compromiso con el medio ambiente a lo largo de las décadas.

Análisis teórico

Autenticidad e imperialismo.

El tema de los Zoológicos se puede analizar desde varias perspectivas éticas y filosóficas ya que engloba una parte muy extensa de varias realidades que coexisten al mismo tiempo y a lo largo de la historia.

Sin embargo, es importante reconocer que como todas aquellas instituciones que hoy en día cumplen o tratan de cumplir una función noble, han tenido orígenes o espacios temporales en donde sus prácticas eran sumamente cuestionables y rechazadas ante los ojos de la ética contemporánea y el humanismo.

Para la mayoría de los estudiosos, toda la historia de esta interacción institucional se centra en dos exhibiciones: Ota Benga y Dahomey Village. La historia de Ota Benga, el miembro de la tribu pigmea congoleña exhibido en la Feria Mundial de St. Louis en 1904, y su posterior traslado a la Casa de los Monos en el Zoológico del Bronx en 1906, es ahora bien conocida y un elemento básico en la crítica académica. La célebre exposición de Dahomey Village (en la Exposición Colombina de 1893 en Chicago) es sólo un poco menos famosa, y su exposición racializada (“treinta casas nativas con una población de sesenta y nueve personas, veintiuna de ellas guerreras Amazonas”) se encuentra a la cabeza de la larga y triste lista de exposiciones insensibles en las Ferias Mundiales.

A tales exhibiciones se ha dedicado una gran cantidad de atención académica, aunque es justo decir que las conclusiones extraídas no han variado mucho.

Los críticos foucaultianos han confirmado en repetidas ocasiones que tales exhibiciones tenían que ver con el “poder”; los poscolonialistas las ven como parte del proyecto imperial; y otros han reiterado repetidamente que el Village tenía la intención de “convencer a los asistentes blancos a la feria de su superioridad racial”, “cosificar su sentido de blancura” o “reforzar las actitudes raciales populares”, así como la inferioridad del “mundo no blanco”.

No hay duda de que el discurso que rodeaba a la aldea era profundamente racista para nuestros estándares, de hecho, incluso para los estándares de la época. Es indefendible. Y, sin embargo, el simple hecho de denunciar la exposición (como “que no tiene otro propósito que el exotismo”, etc.) es pasar por alto la historia de por qué aparecen y persisten tales exhibiciones, y puede dar lugar a relatos críticos engañosos e inexactos. Contextualizar el Village y exhibiciones similares no es excusarlas. (Santesso, 2014, p. 41).

Este texto nos ofrece una introducción concisa a uno de los aspectos más complejos y debatidos de los zoológicos. Revela cómo, en sus facetas más polémicas, incluso los seres humanos fueron objeto de los efectos adversos de las primeras concepciones de estos espacios. Nos informa que, durante los años iniciales de los zoológicos, individuos humanos eran exhibidos como parte de las colecciones en calidad de entidades “exóticas”. Este hecho toca profundamente cuestiones éticas y desencadena un debate sobre la fundamentación moral de los zoológicos.

El capítulo “The Desire for Authenticity” (El deseo por la autenticidad) examina el impulso detrás del auge de las Ferias Mundiales, que en parte fue motivado por un profundo cuestionamiento sobre la realidad frente a la artificialidad en la era de la reproducción mecánica (Benjamin, citado en Santesso, 2014, p. 41). La obsesión de la época con los simulacros y las réplicas artificiales se manifestaba en diversos ámbitos, desde la curiosidad por los automatistas hasta las réplicas arquitectónicas de castillos medievales y los primeros sabores artificiales (Santesso, 2014, p. 41).

La percepción de la cultura humana y la “vida real” en estas ferias, para algunos críticos, se veía comprometida por construcciones abrumadoras como el Crystal Palace, que Dostoevsky consideraba un símbolo de una sociedad totalmente prefabricada (Dostoevsky, citado en Santesso, 2014, p. 41). El autor interpretó el Palacio de Cristal, un vasto pabellón de exhibición hecho de vidrio y hierro construido en Londres para la Gran Exposición de 1851, como un símbolo de una sociedad puramente racional y utópica. Sin embargo, en su novela “Notas del subsuelo”, esta utopía es denigrada como un sueño imposible y, además, indeseable incluso si fuera posible (Katherine, 2023, p.1-22).

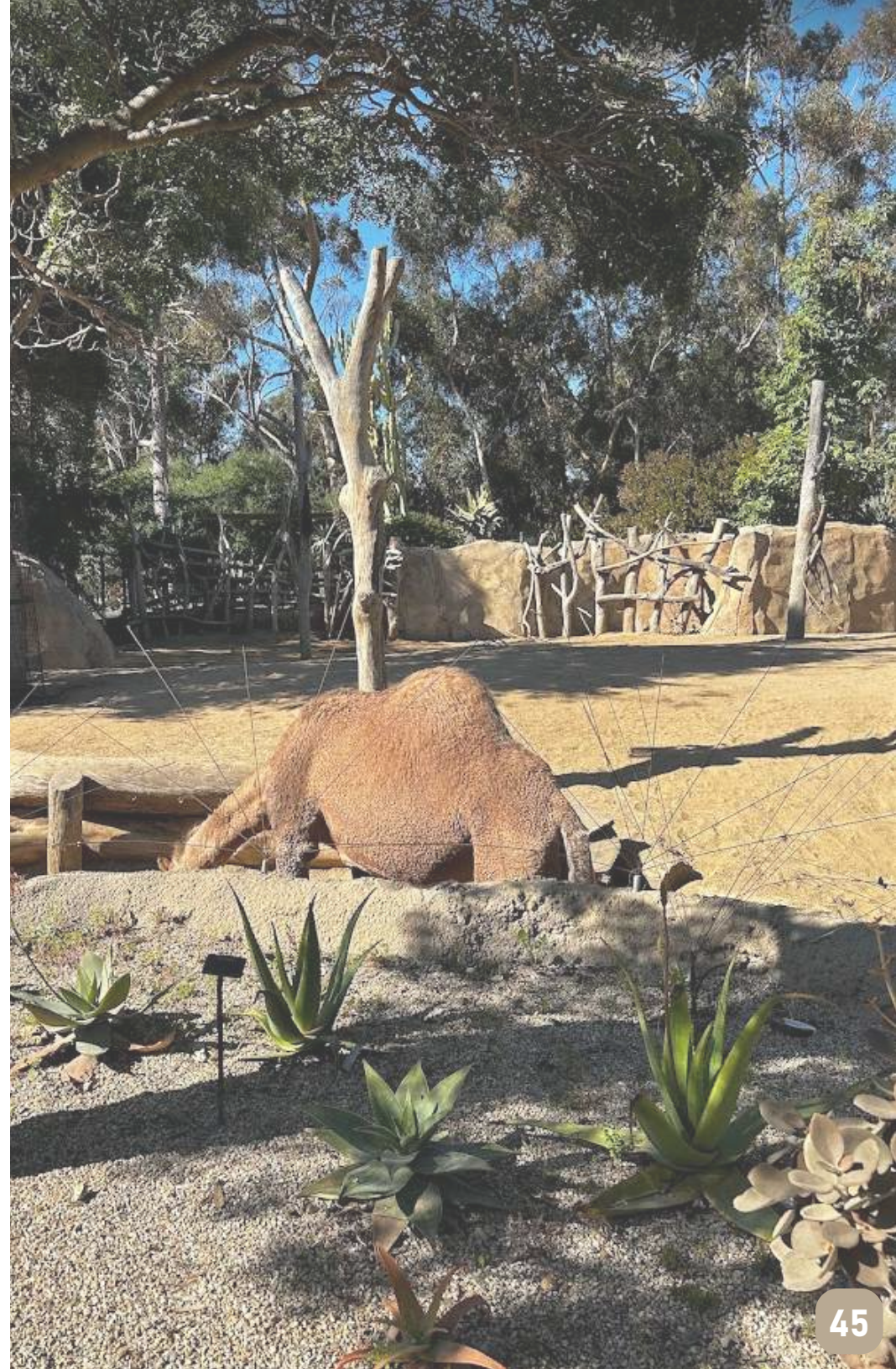
Desde esta perspectiva, surge la pregunta: ¿Son realmente los zoológicos una utopía? Podría parecer que sí, ya que en estos espacios controlados se omiten ciertas acciones que en la naturaleza serían consideradas “poco éticas”. Por ejemplo, rara vez se observa en un zoológico a un león cazando a una joven gacela, una escena que sin duda provocaría alarma entre los visitantes. En este sentido, los zoológicos suavizan la realidad de la naturaleza para el público, presentando un entorno idílico donde parece que todas las especies conviven armoniosamente. Este enfoque crea una versión edulcorada de la naturaleza, casi utópica, que oculta sus aspectos más crudos y violentos.

El capítulo “The Desire for Authenticity” también relata la curiosa recepción de la exposición china en la Centennial Exhibition de Filadelfia, donde el inacabado pabellón chino se convirtió en una atracción al permitir a los visitantes observar a los trabajadores chinos completando su tarea, ofreciendo así una inesperada sensación de autenticidad (Bruce, citado en Santesso, 2014, p. 41).

Este interés por la autenticidad se convertiría en un contrapunto a la artificialidad dominante, llevando a la inclusión de “exhibiciones étnicas realistas” y seres humanos “exóticos” en las ferias, como parte de un esfuerzo por replicar de forma artificial lo natural (Santesso, 2014, p. 43). Este análisis del capítulo destaca la continua interacción entre la representación y la realidad en las Ferias Mundiales, y cómo esta interacción influencia la percepción pública (Santesso, 2014, p. 44).

Esta búsqueda por replicar sintéticamente entornos y culturas exóticas dentro de contextos urbanos occidentales, producto de la fascinación por los simulacros durante la segunda mitad del siglo XIX, sienta las bases para una transformación fundamental en la concepción de los zoológicos. Al igual que las culturas y espacios exóticos fueron recreados con un alto grado de artificialidad, este impulso se extendió hacia la representación de la naturaleza, inspirando la idea de replicar los hábitats naturales de las especies en cautiverio. Esta evolución marcó el inicio de una nueva era en el diseño de los zoológicos, donde las exhibiciones comenzaron a diseñarse con un enfoque más holístico y ético, buscando emular las condiciones naturales de vida de los animales lo más fielmente posible. De este modo, los zoológicos se transformaron de simples colecciones de curiosidades exóticas en espacios educativos y de conservación, donde el bienestar animal y la representación auténtica de su entorno natural se convirtieron en prioridades fundamentales. Esta reconceptualización refleja un cambio profundo en la relación entre humanos y animales no humanos, subrayando la importancia de la empatía y el respeto por la vida en todas sus formas y manifestaciones.

FIG.035
Hábitat de dromedarios
San Diego Zoo
San Diego, CA, 2023
Fotografía análoga



Ética de replicación de hábitats.

“Posiblemente, la mayor innovación de este zoológico fueron las primeras grutas abiertas sin barrotes para leones y tigres. Tuvieron un gran éxito y hoy en día son comunes en todo el mundo.” (Zoological Society of San Diego, 1947, p. 8)

Es importante señalar aquí que aunque “derechos de los animales” se utiliza a menudo como término general para las posturas éticas y de defensa del trato humanitario o los derechos de los animales, los filósofos y otras personas suelen hacer una distinción importante entre los argumentos de derechos de los animales y los de bienestar animal.

Los primeros se consideran generalmente una visión no consecuencialista del estatus moral de un animal (es decir, una visión según la cual la clase de individuos cubierta tiene derecho a un trato justo siguiendo descripciones de persona moral o valor inherente similares a la lógica del derecho que idealmente concedemos a las personas humanas individuales).

Por otra parte, la postura del bienestar se basa tradicionalmente en el razonamiento moral consecuencialista, según el cual las repercusiones de las decisiones y acciones que afectan a los intereses o el bien del animal se sopesan frente a otros bienes (incluidos los intereses y preferencias de los seres humanos), y las decisiones se toman basándose en una evaluación del bien agregado de una acción concreta, en igualdad de condiciones. Lo que esto significa es que, aunque en muchos casos tanto la filosofía de los derechos de los animales como la del bienestar de los animales justificarán resultados políticos y prácticos similares, en algunos casos la postura del bienestar puede ser más complaciente con los daños a los animales cuando éstos se ven compensados por los beneficios netos producidos por una acción o norma concreta. Sin embargo, cabe destacar que los cálculos de estos beneficios y perjuicios deben ser justos y coherentes; no pueden dar un peso arbitrario a las preferencias humanas simplemente porque son una forma de discriminación. (Minteer & Collins, 2013, p. 41).

La postura de derechos de los animales aplicada a hábitats zoológicos enfatiza la creación de espacios que respeten la integridad y el valor inherente de cada animal, buscando replicar lo más fielmente posible sus entornos naturales y permitiéndoles vivir según sus instintos y necesidades innatas. En cambio, la perspectiva del bienestar animal se centra en diseñar hábitats que minimicen el sufrimiento y maximicen el bienestar físico y psicológico de los animales, equilibrando estas necesidades con los intereses educativos y conservacionistas de los humanos.

La diferencia sustancial entre derechos de los animales y bienestar animal radica en su enfoque ético. Los derechos de los animales argumentan por un trato justo basado en el valor inherente de los animales, similar a los derechos humanos, abogando por la libertad y la integridad de los animales en su propio derecho. El bienestar animal, por otro lado, evalúa cómo las acciones afectan el bienestar de los animales, aceptando el uso humano de los animales siempre que se minimice el sufrimiento y se maximice el bienestar. Esto pone sobre la mesa un tema discutible sobre la relación humano-no humano, y como en un ambiente controlado esta relación se puede dar en ambos puntos éticos, en un zoológico pareciera ser que en cierto momento se reduce el sufrimiento para evaluar la satisfacción humana.

FIG.036
Reflexión del tigre sobre el agua
Robert Stokoe, 2019
Fotografía digital



El Papel de los Zoológicos en la Conservación Ex Situ

Una construcción extremadamente importante de cualquier programa de gestión ex situ es reflejar en el entorno artificial el paisaje original. Esto no sólo contribuye a facilitar el bienestar general de los animales nacidos y criados fuera de su entorno nativo, sino que puede tener un impacto significativo en la reproducción y aumentar la supervivencia de los animales reintroducidos en la naturaleza. Como es lógico, criar animales que nunca han experimentado su hábitat nativo en un entorno ex situ que se ajuste a ese paisaje nos permitirá prepararlos para su reintroducción. Algunos aspectos importantes a tener en cuenta son la copia de los ciclos de luz diurna, la temperatura ambiente, los ciclos de hibernación y la disponibilidad de alimentos. Todos estos factores abióticos desempeñan un papel muy importante en la cría, y a lo largo de los años la aplicación de estos parámetros ex-situ ha conducido a la cría con éxito de ranas de patas amarillas de montaña adultas (MYLF) bajo cuidado humano, de manera que cada año pueden introducirse cientos de animales (Jacobs, 2020).

Una de las aportaciones más importantes que los zoológicos tienen sobre los ecosistemas naturales es la capacidad de reinserción de las especies en su hábitat natural, diversas especies se han salvado de la extinción debido a esto.

La experiencia

Efectos del entorno del zoo en las percepciones de los visitantes

Al hablar de los zoológicos desde la experiencia, comprendemos que es un lugar donde convergen un sin fin de realidades al mismo tiempo, en el mismo espacio. A este fenómeno se le puede estudiar desde la hermenéutica, la rama de la filosofía que estudia precisamente la experiencia. Sin embargo cabe resaltar que existen diversas limitantes en cuanto a conocer la experiencia de los no-humanos pues, debido a la imposibilidad de comunicación que tenemos con estas especies, todo se puede limitar a interpretaciones que se manifiestan a través de comportamientos de los individuos, grupos o sus procesos biológicos.

Al interactuar con el zoo, los visitantes forman percepciones de su entorno. Investigaciones previas sostienen que los zoológicos pueden fomentar la empatía de los visitantes por el cuidado de los animales del zoo y, a su vez, de sus congéneres salvajes y de los ecosistemas donde viven estos animales. El catalizador de esta empatía son las experiencias positivas con los animales en el entorno del zoo (Clayton et al.; Kutska, citado en Godínez & Fernández, 2019).

FIG.037
Guacamayo Jacinto
Fotografía de autor, 2024
Fotografía digital



Estos estudios que examinaron las percepciones de los visitantes sugieren que éstas pueden verse influidas y modificadas por sus experiencias en los zoológicos. Los factores que influyen en la percepción del visitante pueden incluir la exposición a los animales del zoológico y las interacciones con ellos, el diseño de la exhibición y los elementos que se encuentran dentro del espacio de exhibición (por ejemplo, señalización, artículos de enriquecimiento y estaciones de alimentación), la programación pública en torno a la exhibición, la capacidad de los visitantes para interactuar con los voluntarios y el personal, y las nociones preconcebidas de lo que ciertos comportamientos (por ejemplo, el paso y otra actividad potencialmente estereotípica) sugieren sobre el bienestar general de ese animal. Estos aspectos tienen el potencial de fomentar o dificultar por igual el respeto y el aprecio por los animales de zoológico y las instituciones que los cuidan. (Clayton et. al, citado en Godinez & Fernandez, 2019)

Es por esto que el SDZ, es una de las instituciones de cautiverio más importantes a nivel mundial, pues se han destacado por sus innovaciones en las experiencias de tanto quienes lo habitan como quienes lo visitan. Anteriormente en esta investigación, revisamos la adecuación de los hábitats naturales en cautiverio, y cómo estos afectan de manera positiva a las especies que viven en ellos, y como diversas adecuaciones se han integrado para permitirles tener una vida enriquecida de experiencias que obedecen a su naturaleza. Tomamos como ejemplo el hábitat de los chimpancés que cuenta con estructuras donde pueden balancearse, descansar suspendidos del suelo, etc. Todo esto sin ser precisamente elementos naturales, más bien artificiales y diseñados exclusivamente para su uso.

La conexión o el sentido de unión con la naturaleza se puede definir como la creencia de un individuo sobre el grado en que forma parte del entorno natural (Schultz, citado en Ollerenshaw, 2020, p. 15). La investigación ha identificado que las personas que sienten un mayor grado de conexión entre ellas y el mundo natural tienen más inclinación a participar en comportamientos pro-conservación o pro-ambientales (Schultz, citado en Ollerenshaw, 2020, p. 15). El entendimiento de los individuos sobre el valor intrínseco de los recursos naturales es mayor cuando los experimentan de primera mano; este entendimiento lleva a la apreciación, lo que aumenta la probabilidad de protección (Charters, citado en Ollerenshaw, 2020, p. 15). Además, experiencias agradables en el ambiente natural donde se presenta el aprendizaje pueden ser un catalizador para desarrollar una afinidad y el deseo de proteger la naturaleza (Van Matre; Beaumont, citado en Ollerenshaw, 2020, p. 16).

En este sentido, el Zoológico de San Diego se ha dedicado a modelar un ambiente en el que la naturaleza sea profundamente envolvente, donde cada recorrido informa, inspira y educa a los visitantes sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad. A través de exhibiciones inmersivas y experiencias interactivas, el zoológico busca estimular un sentido de responsabilidad y conexión emocional entre los visitantes y el mundo natural. Mediante el uso de tecnologías innovadoras y narrativas cautivadoras, el S.D.Z brinda una plataforma única para destacar las historias de especies en peligro de extinción y los esfuerzos de conservación en curso, motivando a los visitantes a ser agentes de cambio en la protección del medio ambiente.

Los zoológicos, sin embargo, no pueden escapar de su “otra” identidad como lugares de entretenimiento, ocio y recreación, y quizás no deberían hacerlo. La mayoría de los visitantes de zoológicos asisten por varios propósitos de entretenimiento o recreación, pero muchos señalan que la educación o el aprendizaje es una parte disfrutable o importante de su visita. De hecho, la WAZA señala que el entretenimiento y el aprendizaje relacionado con la conservación “no son mutuamente excluyentes” (WAZA, citado en Ollerenshaw, 2020, p. 16). Los entornos de aprendizaje de elección libre, como los zoológicos, pueden ofrecer una atractiva oportunidad de “aprender por diversión” (Packer & Ballantyne, 2004). El desafío para los zoológicos entonces, en un mundo urbanizado cada vez más impulsado por el entretenimiento, es satisfacer las necesidades de entretenimiento de los visitantes mientras aún se brindan oportunidades y resultados medibles de la educación para la conservación (Sterling, Lee, & Wood, citado en Ollerenshaw, 2020, p. 16).



FIG.038
Visitantes observan a las jirafas.
Chris F, 2024
Fotografía digital

Análisis de campo, visita al Zoológico de San Diego, California, EE.UU, 2023.

En la continuidad de un viaje académico que entrelaza la historia, la ética y la praxis en el ámbito zoológico, el tercer capítulo de esta investigación emerge como un eslabón crucial, transicionando del análisis teórico a la vivencia empírica. Noviembre de 2023 marcó un punto de inflexión en este periplo intelectual con una visita al renombrado Zoológico de San Diego, el cuál se posiciona como un referente global.

Este capítulo pes un relato detallado y reflexivo de esa jornada, en la que cada paso por los intrincados senderos del zoológico se convirtió en una oportunidad para observar, aprender y, sobre todo, analizar críticamente. Las observaciones directas recabadas durante la visita, lejos de ser meras anécdotas, se entrelazan con los conceptos explorados en los capítulos anteriores, ofreciendo una perspectiva holística que yuxtapone la teoría con la praxis.

En el corazón de este análisis se encuentra la ética de replicación de hábitats, un tema central en la discusión sobre zoológicos modernos y su compromiso con el bienestar animal y la conservación. La experiencia personal en el S.D.Z reveló las complejidades y desafíos inherentes a esta práctica, ilustrando cómo la teoría se traduce en realidades tangibles que afectan tanto a los habitantes no humanos del zoológico como a sus visitantes humanos.

Además, la visita proporcionó una plataforma única para reflexionar sobre la biomímesis en el diseño de hábitats, la importancia de la conservación ex situ y la profundidad de la conexión que los visitantes pueden establecer con la naturaleza en un entorno cuidadosamente curado. Cada observación, cada interacción, se convirtió en un hilo conductor que tejió una narrativa más amplia sobre el papel de los zoológicos en la sociedad contemporánea, su potencial educativo y su contribución a la conservación de la biodiversidad.

Por lo tanto, este capítulo documenta una visita con fines críticos, y a su vez sirve como un puente entre la teoría y la realidad, entre la crítica académica y la apreciación empírica. A través de esta narrativa, se busca ampliar el conocimiento sobre el Zoológico de San Diego y su enfoque innovador, y fomentar una comprensión más profunda de los desafíos éticos, ambientales y educativos que enfrentan las instituciones zoológicas en la era de la conservación global.

FIG.039
Visita panorámica del S.D.Z Y Balboa Park
Fotografía de autor, 2023
Fotografía digital



Entrada

La aproximación al Zoológico de San Diego, enclavado en el corazón del histórico Parque Balboa, se entiende como una experiencia sensorial que prepara al visitante para la inmersión en el mundo de la conservación y la biodiversidad. Desde el momento en que se pisa el parque, la caminata de diez minutos hacia el zoológico se convierte en una progresión narrativa, donde cada paso a través de este paisaje culturalmente rico despierta una anticipación creciente.

Rodeado de edificaciones que narran historias de eras pasadas y espacios verdes que palpitan con la vida cotidiana de la ciudad, el camino hacia el zoológico es un preludio que fusiona la historia humana con el compromiso natural. Los edificios históricos, testigos mudos de la evolución de San Diego, se erigen como monumentos que conectan el pasado con el presente, ofreciendo un contexto profundo a la misión conservacionista del zoológico. Esta transición, lejos de ser meramente geográfica, es también una transición mental, donde la expectativa se entrelaza con la reflexión.

A medida que se avanza, el bullicio urbano se funde con sonidos más orgánicos; el canto de los pájaros y el murmullo de las hojas se convierten en la banda sonora de esta introducción viviente al zoológico. La rica paleta de verdes del parque anticipa la diversidad que aguarda detrás de las puertas del zoológico, preparando al visitante para una experiencia de conexión profunda con la naturaleza.

Esta caminata, más que un simple desplazamiento, se convierte en una meditación sobre la relación entre el ser humano y el medio ambiente. La expectativa de lo que se descubrirá en el zoológico se carga de significado a través de esta transición, preparando al visitante para observar, comprender y participar en la narrativa de conservación que el Zoológico de San Diego se esfuerza por contar. En este contexto, la llegada al zoológico no es el inicio, sino la continuación de un viaje de descubrimiento y apreciación del entorno natural y su intrincada conexión con la cultura humana.

La bienvenida al Zoológico de San Diego es emblemática, marcada por la presencia de una plaza acogedora y la icónica escultura de un león que se erige como un símbolo de majestuosidad y conservación. A pesar de la gran escala arquitectónica de la entrada, esta ha sido diseñada de tal manera que evita abrumar al visitante, manteniendo una atmósfera de accesibilidad y acogida.

FIG.040
Balboa Park
Fotografía de autor, 2023
Fotografía digital



Distribución

El mapa del zoológico revela una meticulosa división en diversas áreas temáticas, destacando en el sector sur dos zonas principales que capturan la esencia de la exploración y el aprendizaje. Primeramente, al adentrarnos, nos recibe el “Wildlife Explorers Basecamp”, un espacio dedicado a la fascinante exhibición de mariposas e insectos, meticulosamente diseñado para enriquecer tanto el aprendizaje como la experiencia global de los visitantes. En el corazón de esta zona se encuentra “Spineless Marvels”, un edificio que alberga no solo una diversa colección de invertebrados, sino también una zona especializada en la reproducción y cuidado de reptiles. La transparencia con la que se presentan los procesos de maduración de los huevos de reptil y los meticulosos cuidados para asegurar su sano desarrollo es, sin duda, un aspecto destacable, ofreciendo una ventana única al trabajo esencial de biólogos, veterinarios y científicos.

Adyacente a esta área se erige el “Tree of Dreams”, una instalación lúdica que simula un imponente árbol adornado con pequeñas cascadas, puentes y columpios, diseñados para el deleite y entretenimiento de los más pequeños. Esta pieza, que se yergue cerca del hábitat del mono ardilla. Este añade un elemento de diversión y fantasía al recorrido, que cumpliendo con su función educativa sirve como un recordatorio de la importancia de la conexión con la naturaleza desde una temprana edad.

El “Tree of Dreams” se erige como una atracción lúdica que ejemplifica de el diseño bioinspirado aplicado a manera de mimetismo visual, ilustrando magistralmente cómo la arquitectura y la naturaleza pueden fusionarse para crear espacios que resuenen tanto con las especies no humanas como con los visitantes humanos. Este oasis de juego y exploración simula las maravillas de un ecosistema natural, ofreciendo a los niños una experiencia inmersiva que despierta la curiosidad y el respeto por el medio ambiente.

La proximidad deliberada del “Tree of Dreams” al hábitat del mono ardilla encarna un caso ejemplar de coexistencia armónica. Los visitantes, especialmente los más jóvenes, pueden observar a estos ágiles habitantes en su entorno, mientras disfrutan de un espacio que, aunque cercano, está claramente delimitado para asegurar la seguridad y el bienestar tanto de los animales como de los humanos. Esta interacción cuidadosamente orquestada subraya el compromiso del zoológico con la educación ambiental y la conservación, mostrando que el aprendizaje puede ser una aventura llena de diversión y asombro, alentando a las futuras generaciones a ser defensores activos del mundo natural.

FIG.039
Mapa digital de visitante, San Diego Zoo.
San Diego Zoo, Wildlife Alliance , s.f.



FIG.041
Niños jugando en el “Tree of dreams”
Bonnie Taylor
San Diego Zoo, 2022
Fotografía digital

Posteriormente se encuentra desde el extremo oeste hasta la entrada principal lo que probablemente es el área más extensa del zoo, llamada "Lost Forest" que alberga una gran cantidad de especies que viven en diferentes ecosistemas alrededor del mundo, desde hipopótamos, bonobos, gorilas, nutrias, monos capuchinos, dentro de esta área se encuentran los aviarios de Scripps y Parker, incluyendo también un food court en la parte más al este.

En el extremo noroeste del Zoológico de San Diego se encuentra "Northern Frontier", un área temática que emula el ártico, hogar de osos polares, un aviario polar y lince canadienses. Este sector brinda una visión cercana a la vida en las regiones más frías, destacando la adaptabilidad y la belleza de las especies que prosperan en estos entornos. Además de ser un espacio de admiración y educación, "Northern Frontier" resalta la importancia de conservar estos hábitats vulnerables, sensibilizando a los visitantes sobre los desafíos que enfrentan estas especies debido al cambio climático y otras amenazas ambientales.

En el extremo norte del zoológico, "Elephant Odyssey" es un espacio dedicado a los majestuosos paquidermos, junto a felinos africanos como leopardos y leones. Este área destaca la convivencia de especies emblemáticas, reflejando la diversidad de la fauna africana y fomentando la conciencia sobre su conservación.

En el noreste del zoológico se sitúa "Africa Rocks", una zona que alberga una rica diversidad de fauna africana, incluyendo varias especies de monos, felinos y marsupiales. Posteriormente aladaña a esta zona se encuentra "Outbacks" que hace referencia a "Australian Outbacks" donde se albergan especies icónicas de este país como lo son los Koalas, Wallabys y Canguros. Adyacente a este par de áreas se encuentra "Urban Jungle", donde se encuentran las jirafas, rinocerontes y algunas especies de antílopes africanos.

Finalmente, en el centro del recinto que corre a lo largo de este se encuentra "Asian Passage" donde habitan diferentes especies de osos, antílopes, aves rapaces, algunos monos y mamíferos asiáticos.

Como conclusión podemos intuir que la distribución del zoológico puede estar estrechamente ligada a los microambientes, que son generados en esencia por el tipo de vegetación elegida para esa zona en específico, lo cual corresponde a las necesidades de la especie albergada en ese sitio, desde ese punto las especies que comparten ambientes similares se agrupan para eficientar el funcionamiento de los microambientes que se manejan al interior del recinto.

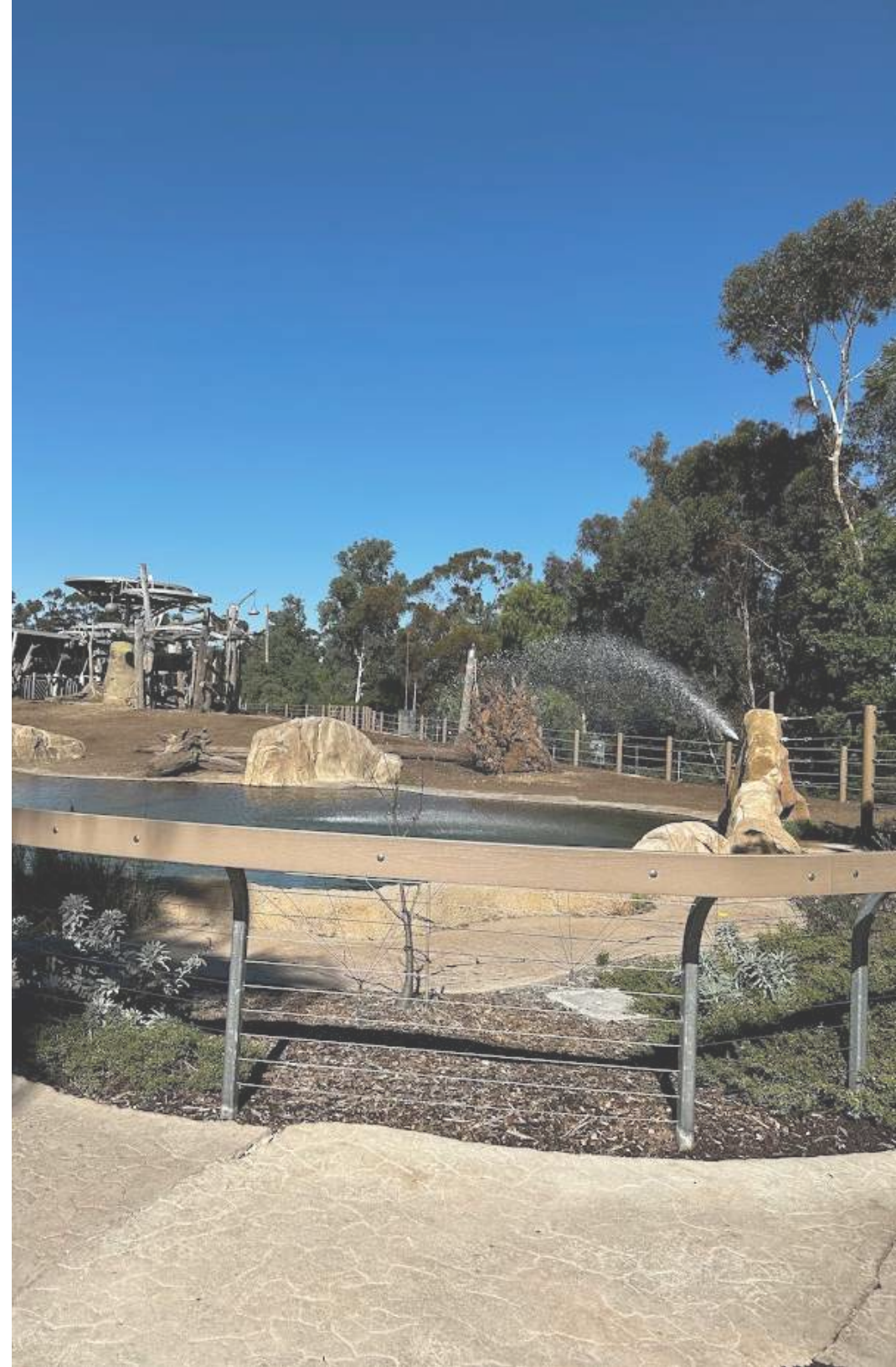


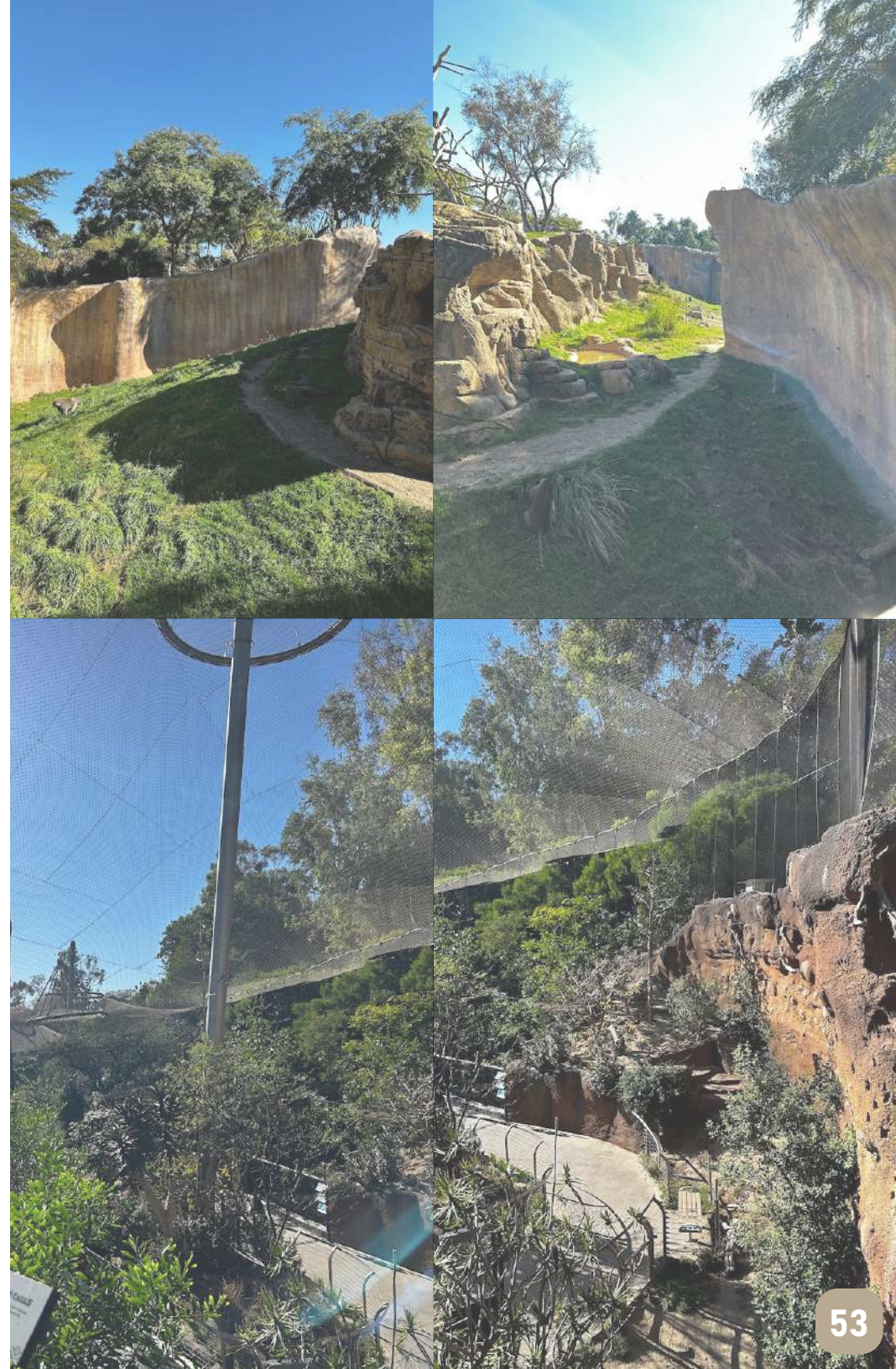
FIG.042
Recinto de los elefantes
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital

Topografía

Ubicado en un terreno caracterizado por valles y variaciones de elevación, el Zoológico de San Diego ha transformado estos desafíos topográficos en ventajas creativas para la innovación. Lejos de ser un obstáculo, los desniveles del terreno se han utilizado estratégicamente para diseñar hábitats que integran los accidentes geográficos naturales, creando espacios únicos para cada exhibición. Esta aproximación ha sido clave para eludir la sensación de confinamiento para las especies albergadas, ya que la modificación de la topografía con elementos como plantaciones autóctonas, cascadas artificiales, rocas y troncos, contribuye a una recreación fiel de los hábitats naturales, promoviendo un entorno más enriquecedor y espacioso para los animales.

Optar por barreras naturales que imitan formaciones rocosas ofrece beneficios significativos para el bienestar psicológico de los animales. Al transformar el terreno mediante excavaciones y camuflar estas modificaciones para que se asemejen a paredes de acantilados, se crea un entorno que, para los animales, difiere sustancialmente de una jaula convencional. Esta estrategia reduce la percepción de confinamiento, ya que los animales no se focalizan en estas barreras de la misma manera que lo harían con rejas en todos los lados. Un ejemplo destacado es el hábitat de los Papiones Sagrados, donde se simulan montañas, formaciones de rocas artificiales y escondrijos que se sustraen de la vista del público, contribuyendo a un ambiente que favorece la exploración natural y la privacidad.

En la zona dedicada a los aviarios, particularmente aquellos que albergan aves adaptadas a la vida en acantilados, el aprovechamiento del terreno se lleva a cabo de forma excepcional. Se ha excavado una extensa área para formar un acantilado artificial, en el cual se han esculpido nichos específicos que sirven de morada a estas especies. Este diseño no solo recrea fielmente el entorno natural de las aves, sino que también engendra un recorrido fascinante a varios niveles, despertando la curiosidad de los visitantes e invitándolos a descubrir los senderos ocultos y las vistas panorámicas que ofrece este espacio único.



Caminos y recorridos

Uno de los aspectos más cuidados en el diseño del recinto son los recorridos, el zoológico ofrece una vasta gama de recorridos a elegir dependiendo de los intereses de los visitantes, existen diferentes caminos principales y secundarios que se interconectan adecuándose a la geografía del recinto mismo, no sin dejar de lado la accesibilidad, todos los recorridos son aptos para personas en silla de ruedas o con discapacidades motrices.

La diversidad de pavimentos en el zoológico se adapta armoniosamente a cada área, reflejando la variedad de los hábitats representados. En algunas zonas, los caminos se revisten con concreto pulido, proporcionando una superficie lisa y uniforme. En otras, el concreto estampado con motivos inspirados en la naturaleza añade un toque de autenticidad, imitando las texturas del entorno natural. Además, ciertos senderos se destacan por estar pavimentados con duelas de madera, lo que aporta calidez y una sensación más orgánica al paisaje.

Es importante destacar que en la mayoría de los hábitats del zoológico se minimiza el uso de rejas, excepto cuando es imprescindible para la seguridad de ciertas especies. En general, los recintos siguen un diseño coherente de barreras, iniciando con un pasamanos para los visitantes, seguido de una barrera intermedia compuesta por elementos naturales como vegetación densa o formaciones rocosas, y finalmente, una tercera barrera que puede ser otro pasamanos o paneles de acrílico transparente. Este preserva la estética natural del entorno a la vez fomentando una experiencia de observación más inmersiva y menos intrusiva para los visitantes, al tiempo que garantiza la seguridad y el bienestar de los animales.

Aunado a esto, todo el recinto cuenta con señalizaciones que muestran el nombre del camino en el que se está de manera muy sencilla, muchas veces simples postes con los nombres de los caminos o zonas de interés marcados por flechas, en otras ocasiones, únicamente se muestra el nombre del camino y un logotipo de las especies que se pueden encontrar en él. De igual forma, el zoológico está dotado de numerosos paneles informativos dedicados a enriquecer el conocimiento sobre las especies presentes. Estos recursos didácticos, más allá de ser meros indicativos, sumergen a los visitantes en un viaje educativo, ofreciendo insights profundos sobre la vida silvestre y subrayando la importancia de la conservación.

FIG.045
Camino del aviario
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital



Hábitats y exhibiciones

Es pertinente destacar la forma en que el Zoológico de San Diego ha trascendido la mera exhibición de especies para convertirse en un escenario donde la contemplación es genuina. La minuciosa configuración de los espacios de observación, que abarcan desde vistas panorámicas hasta rincones más íntimos, se erige no sólo como un homenaje a la diversidad de la naturaleza, sino también como un testimonio del compromiso del zoológico con el bienestar tanto de sus habitantes no humanos como de sus visitantes. Un ejemplo de ellos es el recinto de los orangutanes, que combina una gran vista con un gran ventanal que permite una vista clara hacia el hábitat de los orangutanes, la adición de pavimento basado en caucho para un descanso óptimo en pies sombreado a través de grandes árboles.

El diseño paisajístico del zoológico revela una meticulosa atención al detalle, especialmente en la manera de integrar ciertos elementos funcionales dentro del entorno natural, haciéndolos prácticamente imperceptibles para el público. Esta técnica, conocida como “verde invisible”, similar a la utilizada en Disneyland, se emplea para armonizar elementos como puertas de servicio dentro del paisaje, camuflándose como rocas u otros componentes naturales del hábitat, logrando así mantener la ilusión de un entorno completamente natural y sin interrupciones.

Los hábitats están enriquecidos al detalle para satisfacer las necesidades específicas de cada especie, incorporando equipamiento personalizado y construido con materiales que, aunque artificiales, se camuflan armoniosamente como elementos del entorno natural. Un ejemplo destacado es el de los bonobos, que disfrutaban de un imponente árbol artificial de concreto, diseñado para ofrecerles múltiples opciones de balanceo, incluyendo puentes y cuerdas, enriqueciendo su espacio vital de manera significativa y estimulante.

En el aspecto educativo e iconográfico, es importante mencionar que varios paneles informativos presentan una carencia notable de información y, considerando que este zoológico atrae a un público internacional, sería recomendable, desde una perspectiva personal, la implementación de paneles digitales interactivos. Estos no solo podrían enriquecer el contenido ofrecido, sino también facilitar la traducción a múltiples idiomas, mejorando así significativamente la experiencia educativa para visitantes de diversas procedencias.

FIG.046
Zona de observación del recinto de los orangutanes
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital



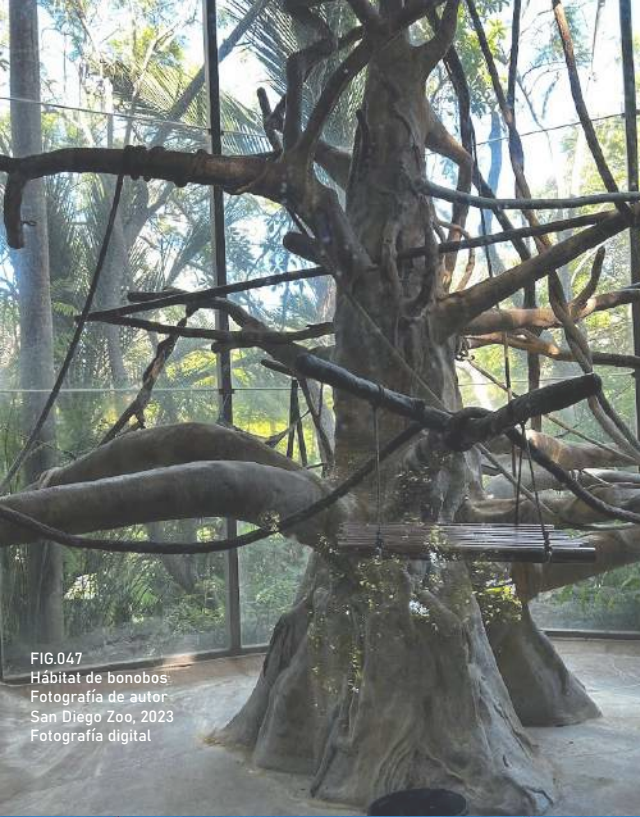


FIG.047
Hábitat de bonobos
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital

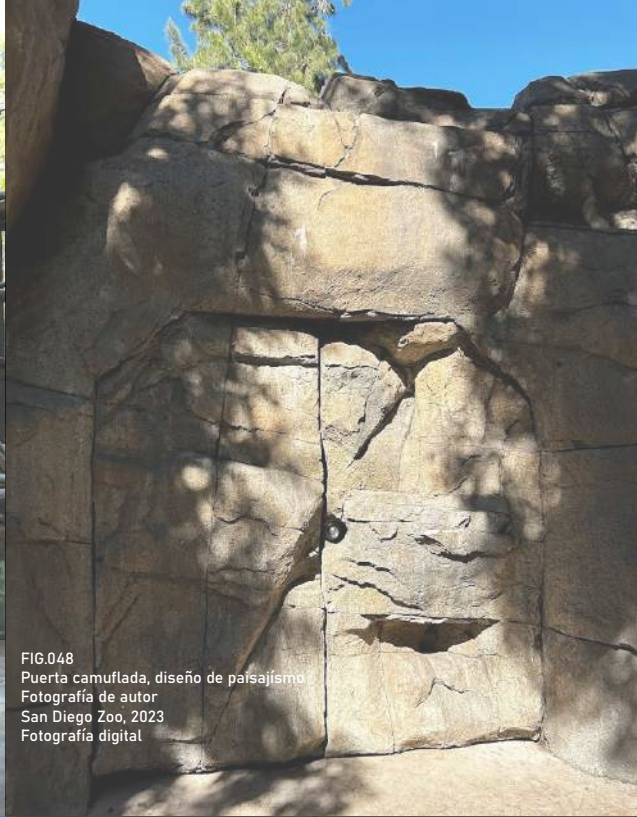


FIG.048
Puerta camuflada, diseño de paisajismo
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital

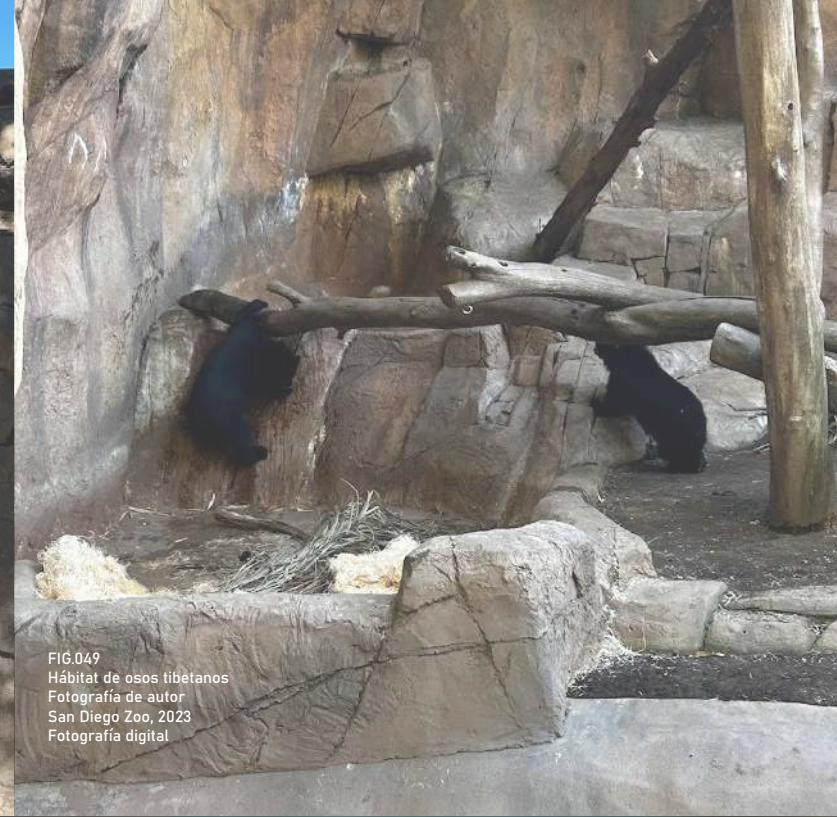


FIG.049
Hábitat de osos tibetanos
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital



FIG.050
Hábitat del cóndor andino
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital



FIG.051
Pinguinario
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital

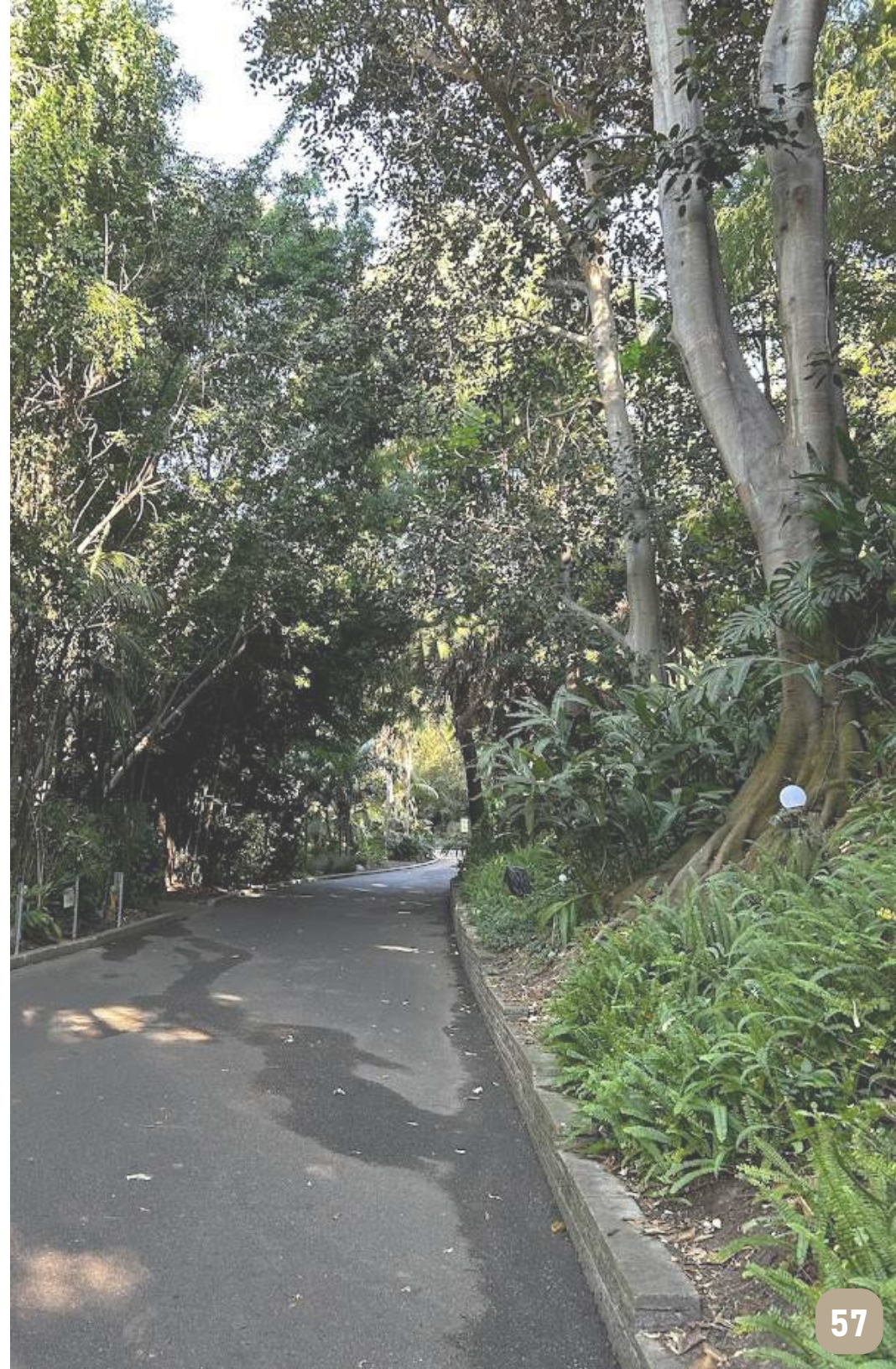
Vegetación y ambiente.

El Zoológico de San Diego trasciende su función primordial como refugio para la vida animal, albergando también una impresionante diversidad de flora de distintas partes del mundo. Este oasis botánico, cuidadosamente curado, se despliega a lo largo del recinto, ofreciendo a los visitantes una rica experiencia educativa que resalta la interconexión entre especies vegetales y animales. Desde exuberantes jardines temáticos hasta senderos bordeados de especies exóticas y endémicas, el zoológico se compromete a la conservación y exhibición de un espectro botánico tan variado y fascinante como los propios animales que alberga, subrayando la importancia de la biodiversidad vegetal en el equilibrio de los ecosistemas naturales, incluso se cuenta con jardines botánicos dedicados a un ecosistema y cultura en específico, como lo es el jardín japonés donde se incluyen puentes y elementos típicos de la cultura tradicional japonesa. Muchas de las especies vegetales están debidamente marcadas con su panel informativo.

Dentro del S.D.Z, se crea un refugio acústico que aísla a los visitantes del bullicio urbano circundante, sumergiéndolos en un ambiente sereno y natural. Esta tranquilidad se ve realzada por la estratégica incorporación de altavoces discretamente ubicados que emiten sonidos ambientales, como el canto de las aves o el murmullo del agua, contribuyendo a una experiencia más inmersiva y auténtica.

El zoológico cuenta con exuberante vegetación, la cual aporta significativamente tanto a la experiencia de los visitantes como a la funcionalidad general del recinto. Los imponentes árboles que se extienden a lo largo de los senderos brindan una sombra natural y constante, eliminando prácticamente cualquier sensación de calor, incluso en los días más soleados. Esta cobertura arbórea no solo ofrece alivio del sol, sino que también crea un entorno visualmente estimulante y sereno. Además, la vegetación más pequeña y los arbustos enriquecen el microclima de los caminos, aportando humedad y una frescura agradable al ambiente. Estos elementos naturales trabajan en conjunto para asegurar que cada paso por el zoológico sea una experiencia cómoda, fresca y envolvente, realzando la conexión con la naturaleza.

FIG.052
Camino al interior del S.D.Z
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital



Transporte

El zoológico de San Diego cuenta con múltiples opciones de transporte, siendo un lugar accesible para todo tipo de personas se cuenta principalmente con una infraestructura que permite combatir el relieve accidentado del sitio mediante caminos suavizados para caminar y otros caminos que son exclusivamente de uso de transporte terrestre, algunos caminos conducen al safari y otros actúan como un anillo periférico del zoológico por donde los carritos automatizados personales que se rentan en la entrada del zoo pueden transitar, así mismo existe un teleférico que ofrece un recorrido desde la entrada del zoológico hasta su parte más al noreste, este teleférico brinda un recorrido ameno que ofrece una panorámica espectacular del centro de la ciudad de fondo y el parque balboa en segundo plano, teniendo en primer plano el arbolado del recinto.

Comercialización

A lo largo de todos los recorridos del S.D.Z existen diferentes tiendas de souvenirs que son colocadas estratégicamente para vender productos relativos a la zona del zoológico donde se encuentran, por ejemplo, en el área de primates se pueden encontrar peluches, juguetes o termos con motivos o forma de estas especies. De igual manera, el zoológico ofrece a la venta diversas experiencias para disfrutar durante la visita.

Guías personales

El Zoológico de San Diego cuenta con un diverso equipo de personal altamente calificado en diversas disciplinas, asegurando un funcionamiento óptimo y una experiencia enriquecedora para todos los visitantes. Este equipo incluye desde expertos en cuidado animal, biólogos y botánicos, hasta educadores y personal de mantenimiento, cada uno aportando su conocimiento especializado para el bienestar de las especies y la satisfacción de los visitantes. De manera especial, el zoológico también integra a personas jubiladas dentro de su personal, quienes aportan su vasta experiencia y sabiduría para asistir a los visitantes con indicaciones claras y consejos útiles. Estos guías jubilados, con su amabilidad y conocimiento profundo del zoológico, no solo facilitan la navegación por el amplio recinto, sino que también enriquecen la visita con anécdotas e información valiosa, haciendo de cada recorrido una experiencia única y personalizada.

FIG.053
Carrito de transporte personal
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital



FIG.054
Tienda de souvenirs y teleférico del S.D.Z
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital



Recinto de los Lémures del Zoológico de San Diego

En 2019 se concluyó la construcción de Africa Rocks, una remodelación de 3.44 hectáreas destinada a exhibiciones que representan diversos ecosistemas africanos.

Entre las especies albergadas se encuentran varios tipos de lémures, destacando para este trabajo, el Lémur Cola Anillada.

El proyecto fue desarrollado por Quince Farm Studio y ELM Environments, en colaboración con Miller Hull Partnership.

El recinto destinado a los lémures es amplio y cumple con los estándares necesarios para favorecer su bienestar y desarrollo. Está cubierto por una malla resistente que alcanza más de 5 metros de altura, permitiendo que los ejemplares se desplacen libremente por las alturas, tal como lo harían en su hábitat natural.

Asimismo, el terreno presenta una topografía accidentada, lo cual promueve un desplazamiento activo y natural. El espacio cuenta con un alto número de elementos de enriquecimiento, orientados a estimular su motricidad, alimentación, descanso y comportamiento social.

El diseño del recinto mantiene la coherencia con el resto del zoológico, delimitando los bordes mediante muros de piedra natural e integrando vegetación densa y diversa, que refuerza la inmersión en el ecosistema representado.

En esta exhibición encontramos diversas decisiones que nos pueden ayudar a moldear nuestro proyecto final con base en una guía sólida y bien lograda.



FIG.055
Recinto del Lémur Cola Anillada de S.D.Z
Moebelle, Zoo Chat
San Diego Zoo, 2019
Fotografía digital



Altura óptima +5 metros.

Información clara

Tres capas de barrera
(Pasamanos, Vegetación y malla).

FIG.056
Recinto del Lémur Cola Anillada de S.D.Z
Moebelle, Zoo Chat
San Diego Zoo, 2019
Fotografía digital

FIG.055
Recinto del Lémur Cola Anillada de S.D.Z
Moebelle, Zoo Chat
San Diego Zoo, 2019
Fotografía digital

Diferentes enriquecimientos que cumplen la misma función permiten a los ejemplares la posibilidad de elección favoreciendo los comportamientos sociales.

Desplazamiento a diferentes alturas

FIG.057
Recinto del Lémur Cola Anillada de S.D.Z
Moebelle, Zoo Chat
San Diego Zoo, 2019
Fotografía digital

Áreas de sombra y luz

Enriquecimientos con movimiento.

Texturas variadas

Vegetación diversa

FIG.055
Recinto del Lémur Cola Anillada de
S.D.Z
Moebelle, Zoo Chat
San Diego Zoo, 2019
Fotografía digital

Como visto anteriormente los esfuerzos del S.D.Z por replicar los hábitats naturales de las especies se ven reflejado en las decisiones del diseño del recinto.

Si bien, estrictamente no se logra replicar completamente el hábitat de los lémures debido a la imposibilidad de insertar todas (o una mayoría) de especies vegetales que se encuentran en los ecosistemas de madagascar; Sí se alcanza un resultado interesante añadiendo especies no endémicas de madagascar que cumplen ciertas funciones dentro del recinto.

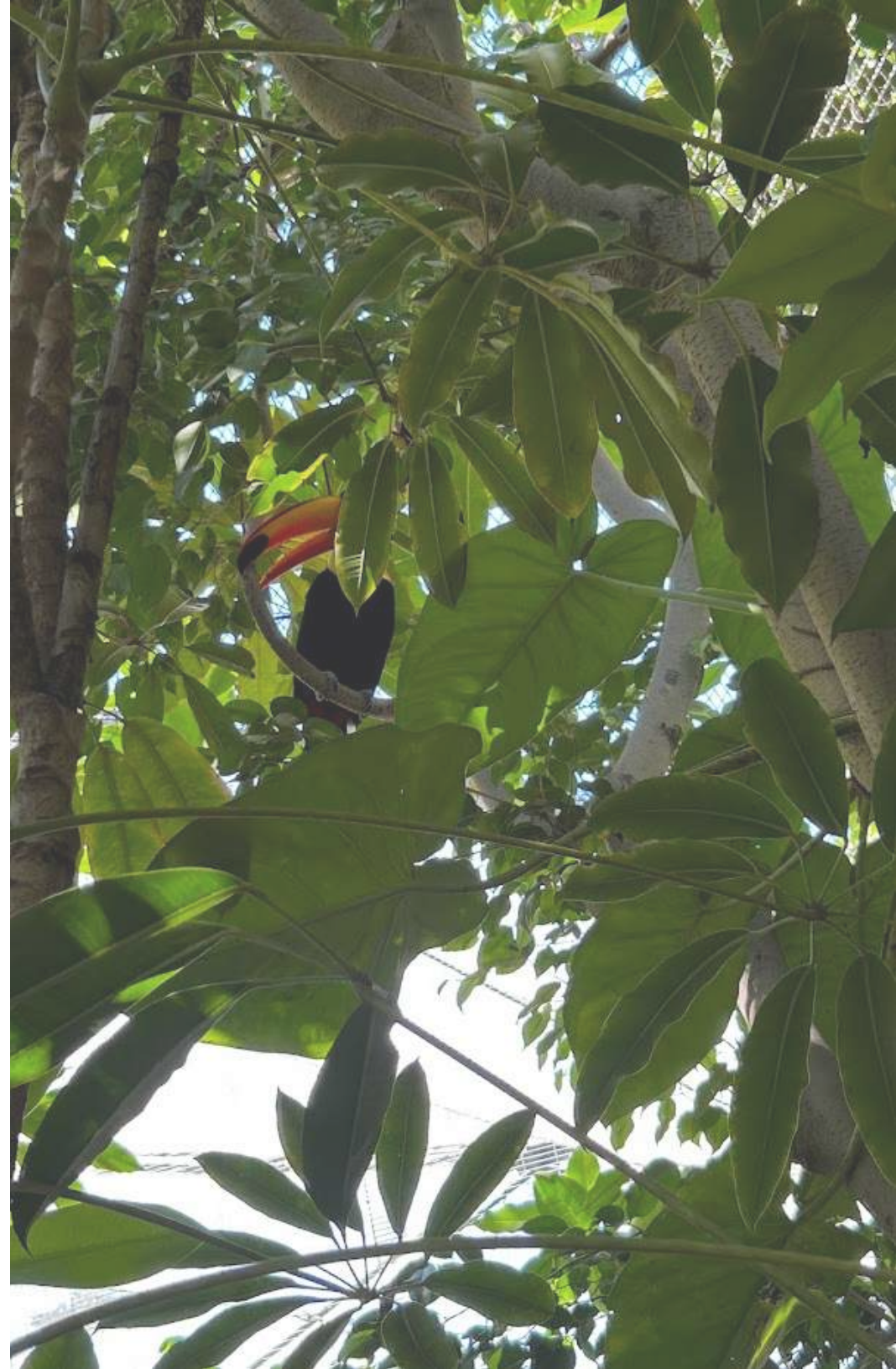
Esto nos ofrece una guía clara sobre el rumbo que debe tomar el diseño del recinto en Morelia, especialmente en lo que respecta a la implementación de estrategias como la adaptación de la vegetación, la manipulación del terreno, la selección de suelos y texturas, así como el diseño de enriquecimientos ambientales que fomenten el comportamiento natural de los lémures.

CONCLUSIONES

El zoológico de San Diego es una de las instituciones, si no es que la institución líder a nivel mundial en materia de zoológicos y cautiverio. A través de este análisis crítico conocemos las razones por las cuales existe el zoológico y también su evolución a través del tiempo. A su vez gracias a su amplia historia nos da la oportunidad de analizarlo desde una perspectiva filosófica y ética para dar partida a reflexiones sobre donde están situados los zoológicos en el campo ético y hacia donde deberían llevarse. De igual manera entendemos el arduo trabajo de diseño que se ha aplicado en este ejemplo de zoológico, claramente cuando los recursos han sido amplios y se han manejado de manera hábil y adecuada.

Este caso nos da partida para analizar qué soluciones podrían ser aplicables en nuestro contexto latinoamericano y regional michoacano a través de un proceso de identificación, selección y ajuste de estas soluciones, de manera que nos plantea una base a manera de inspiración con el fin de mejorar las condiciones actuales del zoológico de Morelia. Estas soluciones estrictamente deberían pasar por el filtro económico y sociocultural de nuestra latitud para ofrecer un producto acorde a nuestra realidad.

FIG.058
Tucán entre hojas
Fotografía de autor
San Diego Zoo, 2023
Fotografía digital



SELECCIÓN DE ESPECIE

La selección de la especie idónea para nuestro proyecto en el Zoológico de Morelia requiere una cuidadosa evaluación y comparación, fundamentada en una serie de criterios meticulosamente definidos. Este proceso comparativo busca identificar la especie que mejor se ajuste a los objetivos específicos del proyecto, proyecto cuya finalidad aspira a maximizar el impacto positivo en términos de educación, conservación, y bienestar animal. Los aspectos que se tomarán en cuenta incluyen características biológicas y fisiológicas, comportamiento (etología), necesidades y posibilidades de conservación, manejabilidad y adaptabilidad en un entorno de cautiverio, así como su situación y rol actual dentro del Zoológico de Morelia.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Cada uno de estos criterios fue evaluado a través de un enfoque sistemático y cuantitativo, asignando puntuaciones en una escala de 0 a 10. Las características biológicas y fisiológicas se evaluaron considerando la complejidad y especificidad de las necesidades de cada especie, desde su dieta hasta sus requerimientos de hábitat.

El comportamiento fue analizado en términos de la capacidad de la especie para exhibir comportamientos naturales dentro del entorno del zoológico, y cómo estos pueden ser influenciados o mejorados a través de cambios en su hábitat.

La manejabilidad se centró en la facilidad con la que el personal del zoológico puede cuidar a la especie, considerando tanto las rutinas diarias como las necesidades especiales.

El estado de conservación evaluará la urgencia y la importancia de contribuir a la preservación de la especie, teniendo en cuenta su situación en la naturaleza.

Finalmente, la situación actual de la especie en el zoológico se consideró para entender su impacto y popularidad actuales entre los visitantes, y cómo un proyecto centrado en ella podría mejorar su bienestar y la experiencia educativa de los visitantes.

Este enfoque holístico garantiza una decisión bien fundamentada, que se alinea con las metas prácticas y científicas del proyecto, respetando y promoviendo los principios éticos de conservación y educación animal.

Para la selección de la especie óptima para el proyecto en el Zoológico de Morelia, desarrollaremos una tabla de criterios cuantitativos, del 0 al 10, que incluirá el criterio adicional del Nivel de Manejo en Zoológicos. Este enfoque sistemático nos permitirá evaluar de manera integral cada especie candidata:

1. Adaptabilidad al Hábitat / Recinto Diseñado (0-10)

0-2: Mínima adaptabilidad; requerimientos de hábitat altamente específicos y difíciles de replicar.

3-5: Adaptabilidad moderada; necesita ajustes significativos para satisfacer sus necesidades.

6-8: Buena adaptabilidad; con diseño innovador se pueden satisfacer sus necesidades.

9-10: Excelente adaptabilidad; puede prosperar en una amplia gama de entornos diseñados.

2. Requisitos de Cuidado (0-10)

0-2: Cuidado altamente especializado, intensivo y constante.

3-5: Requisitos de cuidado moderados con algunos desafíos específicos.

6-8: Requisitos básicos bien comprendidos y manejables.

9-10: Muy fácil de cuidar con requisitos mínimos.

3. Contribución Educativa (0-10)

0-2: Poca o nula contribución educativa; no despierta interés significativo.

3-5: Contribución educativa moderada; interés específico en ciertos grupos.

6-8: Alta contribución educativa; interés general y oportunidades de aprendizaje.

9-10: Contribución educativa excepcional; despierta gran interés y promueve la concienciación.

4. Bienestar y Comportamiento (0-10)

0-2: Comportamientos anormales frecuentes o signos claros de estrés.

3-5: Capacidad limitada para expresar comportamientos naturales; bienestar mejorable.

6-8: Buena expresión de comportamientos naturales y adaptación al cautiverio.

9-10: Excelente bienestar; comportamientos naturales plenamente expresados.

5. Atractivo Visual/Estético (0-10)

0-2: Poco atractivo para el público general; interés limitado.

3-5: Atractivo moderado; interesa a un público específico o en contextos particulares.

6-8: Muy atractivo; atrae y mantiene el interés del público en general.

9-10: Excepcionalmente atractivo; cautiva a la mayoría de los visitantes.

6. Potencial de Conservación (0-10)

0-2: Baja relevancia para la conservación; estado no crítico.

3-5: Relevancia moderada; no es una prioridad alta, pero contribuye a la conservación.

6-8: Importante para los esfuerzos de conservación; contribución significativa.

9-10: Crítico para la conservación; impacto directo y notable en su supervivencia.

7. Sostenibilidad a Largo Plazo (0-10)

0-2: Desafíos significativos para la sostenibilidad; altos costos o dilemas éticos.

3-5: Requiere recursos considerables, pero es sostenible con compromiso.

6-8: Sostenible con recursos moderados; éticamente viable.

9-10: Altamente sostenible; mínimos recursos y completamente ético.

8. Nivel de Manejo en Zoológicos (0-10)

0-2: Manejo extremadamente complejo; requerimientos especializados constantes.

3-5: Manejo moderadamente desafiante; necesidades específicas que requieren atención.

6-8: Manejable sin problemas significativos; se integra bien en las operaciones del zoológico.

9-10: Fácil de manejar; se adapta perfectamente a las rutinas y prácticas del zoológico.

CRITERIO PARA SELECCIÓN DE ESPECIES CANDIDATAS

Ante la rica biodiversidad de más de 400 especies resguardadas en el Zoológico de Morelia, la elección de 33 especies específicas para nuestro análisis emerge como una decisión estratégica diseñada para optimizar la profundidad y la calidad de la investigación dentro de un marco temporal viable.

Esta selección cuidadosamente curada asegura una representación significativa de la diversidad biológica que abarca el zoológico de Morelia teniendo especies de reptiles, aves, mamíferos e insectos. Se permite un escrutinio detallado de cada especie, garantizando que cada aspecto, desde sus necesidades biológicas y comportamentales hasta su potencial para programas de conservación y educación, sea meticulosamente evaluado.

Esta aproximación focalizada facilita un equilibrio entre la amplitud y la profundidad del análisis, proporcionando una base sólida para conclusiones bien fundamentadas que puedan contribuir significativamente a los objetivos de bienestar animal, educación y conservación del zoológico.

Se divide el número de especies propuesta en cinco grandes grupos: Reptiles, anfibios, mamíferos terrestres, aves e insectos, de esta manera podemos cubrir un amplio espectro entre las familias de especies con características diferentes entre sí.

FIG.059
Mono Titi León Dorado
Ana Tinca, 2024
Fotografía digital



ESPECIES CANDIDATAS

REPTILES

1. Tortuga de Aldabra (*Aldabrachelys gigantea*)
2. Monitor de la Sabana (*Varanus exanthematicus*)
3. Gecko tokay (*Gekko gecko*)
4. Cocodrilo Moreletii (*Crocodylus moreletii*)
5. Pitón Burmes (*Python molurus*)

ANFIBIOS

6. Achoque Michoacano (*Ambystoma dumerilii*)
7. Rana Toro (*Lithobates catesbeianus*)
8. Salamandra Tigre (*Ambystoma tigrinum*)
9. Rana de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*)

MAMÍFEROS

10. Oso Pardo (*Ursus arctos*)
11. Lobo Gris Mexicano (*Canis lupus baileyi*)
12. Chimpancé (*Pan troglodytes*)
13. Jirafa Reticulada (*Giraffa reticulata*)
14. Jaguar (*Panthera onca*)
15. Elefante asiático (*Elephas maximus*)
16. Cebra Común (*Equus quagga*)
17. Hipopótamo (*Hippopotamus amphibius*)
18. Rinoceronte Blanco (*Ceratotherium simum*)
19. Orangután de Borneo (*Pongo pygmaeus*)
20. Bisonte Americano (*Bison bison*)
21. Lémur de Cola Anillada (*Lemur catta*)
22. Suricata (*Suricata suricatta*)
23. Lobito de río (*Lontra longicaudis*)
24. Capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*)

AVES

25. Águila Real (*Aquila chrysaetos*)
26. Tucán (*Ramphastos* spp.)
27. Halcón Cara Cara (*Caracara plancus*)
28. Avestruz (*Struthio camelus*)
29. Guacamayo Rojo (*Ara macao*)
30. Flamenco (*Phoenicopterus roseus*)
31. Faisán Dorado (*Chrysolophus pictus*)
32. Cacatúa Sulfúrea (*Cacatua galerita*)
33. Conuro del Sol (*Aratinga solstitialis*)
34. Cacatúa Galah (*Eolophus roseicapilla*)
35. Pinzón Cebra (*Taeniopygia guttata*)

FIG.060
Canguro rojo recostado
Nate Biddle
Queensland, Australia, 2024
Fotografía digital

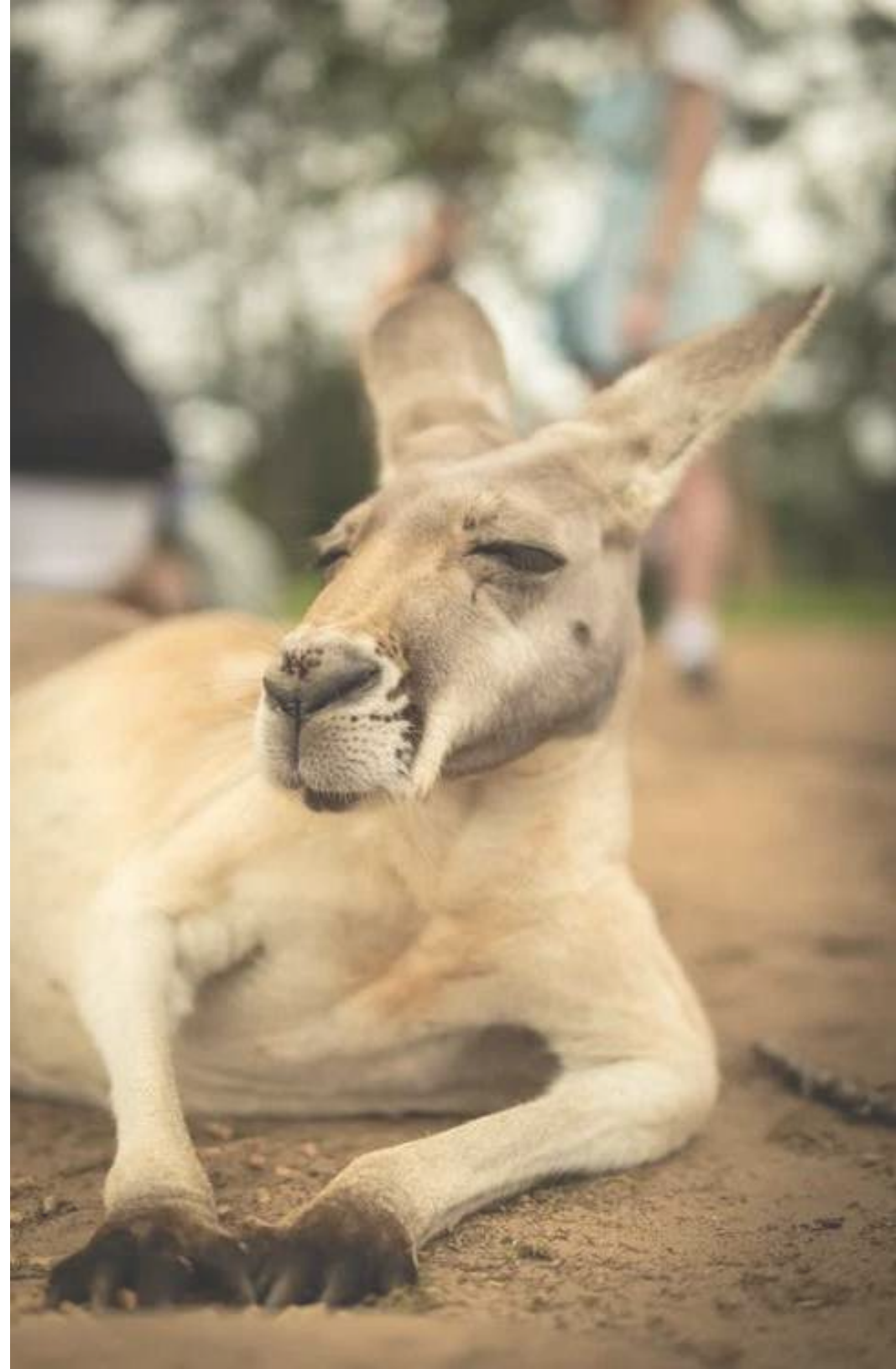


Tabla comparativa.

Nomenclatura

Adaptabilidad al Hábitat / Recinto Diseñado: AH
Requisitos de Cuidado: RC
Contribución Educativa: CE
Bienestar y Comportamiento: BC
Atractivo Visual/Estético: AE
Potencial de Conservación: PC
Sostenibilidad a Largo Plazo: SL
Nivel de Manejo en Zoológicos: NZ

ESPECIE	AH	RC	CE	BC	AE	PC	SL	NZ	TOTAL
Tortuga de Aldabra (<i>Aldabrachelys gigantea</i>)	7	6	8	7	7	8	6	5	54
Monitor de la Sabana (<i>Varanus exanthematicus</i>)	6	5	7	6	6	6	6	5	47
Gecko tokay (Gekko gekko)	7	6	7	6	7	6	6	5	50
Cocodrilo Moreletii (<i>Crocodylus moreletii</i>)	6	5	7	6	7	7	5	5	48
Pitón Burmes (<i>Python molurus</i>)	6	5	6	6	7	5	5	5	45
Achoque Michoacano (<i>Ambystoma dumerilii</i>)	5	6	8	7	7	8	5	5	51
Rana Toro (<i>Lithobates catesbeianus</i>)	7	6	6	6	6	5	6	5	47
Salamandra Tigre (<i>Ambystoma tigrinum</i>)	6	5	6	6	6	6	5	5	45
Rana de ojos rojos (<i>Agalychnis callidryas</i>)	7	5	7	7	8	6	6	6	52
Oso Pardo (<i>Ursus arctos</i>)	6	5	8	6	8	7	5	5	50
Lobo Gris Mexicano (<i>Canis lupus baileyi</i>)	6	5	8	6	7	8	6	5	51
Chimpancé (<i>Pan troglodytes</i>)	7	8	7	8	8	6	7	6	57
Jirafa Reticulada (<i>Giraffa reticulata</i>)	6	6	8	6	8	7	6	5	52
Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	6	5	8	6	8	7	6	5	51
Elefante asiático (<i>Elephas maximus</i>)	6	5	8	6	8	7	5	5	50
Cebra Común (<i>Equus quagga</i>)	7	6	7	6	8	6	6	6	52
Hipopótamo (<i>Hippopotamus amphibius</i>)	5	5	7	6	8	6	5	5	47
Rinoceronte Blanco (<i>Ceratotherium simum</i>)	5	6	7	6	8	8	5	5	50
Bisonte Americano (<i>Bison bison</i>)	6	6	8	6	7	7	6	6	52
Lémur de Cola Anillada (<i>Lemur catta</i>)	7	6	8	7	8	7	6	6	55
Suricata (<i>Suricata suricatta</i>)	7	6	7	7	8	6	6	6	53
Capibara (<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>)	7	6	7	6	7	6	6	6	51
Águila Real (<i>Aquila chrysaetos</i>)	6	5	8	6	8	7	6	6	52
Tucán (<i>Ramphastos spp.</i>)	7	6	8	7	8	6	6	6	54
Halcón Cara Cara (<i>Caracara plancus</i>)	6	5	7	6	7	6	6	6	49
Avestruz (<i>Struthio camelus</i>)	7	6	8	7	8	6	6	6	54
Guacamayo Rojo (<i>Ara macao</i>)	7	6	8	7	8	7	6	6	55
Flamenco (<i>Phoenicopterus roseus</i>)	7	6	8	7	8	7	6	6	55
Faisán Dorado (<i>Chrysolophus pictus</i>)	7	6	7	6	7	6	6	6	51
Cacatúa Sulfúrea (<i>Cacatua galerita</i>)	7	6	7	6	7	6	6	6	51
Conuro del Sol (<i>Aratinga solstitialis</i>)	7	6	8	7	7	6	6	6	53
Cacatúa Galah (<i>Eolophus roseicapilla</i>)	7	6	7	6	7	6	6	6	51
Pinzón Cebra (<i>Taeniopygia guttata</i>)	7	6	7	6	7	6	6	6	51

FIG.061
Tabla comparativa
Esquema de autor
Tabla digital

Conclusiones

Dado a que el resultado arrojó cinco especies que se encuentran en o sobre los 55 puntos, las cuáles son: chimpancé (*Pan troglodytes*), orangután de Borneo (*Pongo pygmaeus*), Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*), guacamayo rojo (*Ara macao*) y flamenco (*Phoenicopterus ruber*).

Se opta por elegir al Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) debido a que representa una opción más viable y manejable para el desarrollo del proyecto. Aunque el chimpancé (*Pan troglodytes*) tiene un alto valor educativo y conservacionista, trabajar con esta especie implica una gran complejidad, pues requieren recintos mucho más grandes y especializados, lo que demanda una considerable inversión de tiempo y recursos.

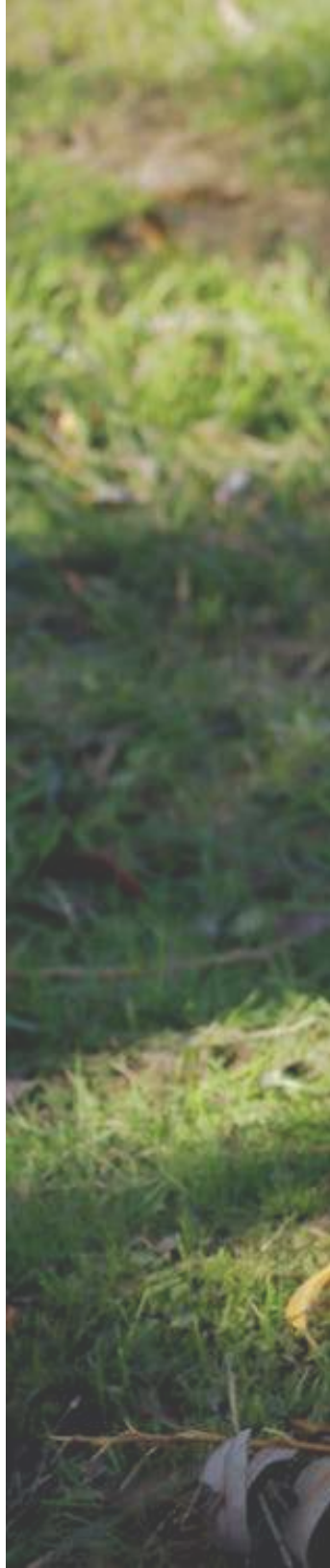
En comparación, el lémur de cola anillada no solo es una especie en peligro de extinción que requiere atención urgente, sino que también se alinea mejor con los objetivos del proyecto en términos de alcance e impacto.

Asimismo, el zoológico presenta una necesidad inmediata de reubicar a los lémures en un nuevo recinto, lo que representa una oportunidad concreta de intervención a corto plazo, tal como se plantea en este trabajo.

Si bien especies como el flamenco y el guacamayo rojo se perfilan como candidatos viables por su facilidad de manejo y dimensiones adecuadas para los alcances establecidos, fueron finalmente descartadas debido a sus menores requerimientos de enriquecimiento ambiental, en contraste con el equipamiento actual de los lémures.

La subdirectora del zoológico señaló que el área de pequeños primates es una gran oportunidad para este tipo de proyectos pues los enriquecimientos en las especies de esta zona no suelen ser variados ni suficientes.

FIG.062
Lemur Cola Anillada
Patrice Schoefolt, 2022
Fotografía digital





MARCO LEGAL

La protección de los animales y el respeto por sus derechos han adquirido una relevancia creciente en las últimas décadas, tanto a nivel internacional como en las legislaciones nacionales. Este reconocimiento refleja una mayor conciencia sobre la importancia de garantizar el bienestar de los animales y asegurar su conservación en el contexto de una biodiversidad cada vez más amenazada. En este sentido, el marco legal vigente establece directrices fundamentales que buscan regular la relación entre los seres humanos y los animales, promoviendo un trato ético y responsable hacia las distintas especies.

En México, como en muchas otras naciones, el cuidado y manejo de los animales en cautiverio está sujeto a una serie de leyes y normativas que regulan tanto la protección de la fauna silvestre como su manejo en instituciones como zoológicos. Estas leyes reflejan los compromisos internacionales del país en materia de biodiversidad y conservación, estos a su vez se alinean con un enfoque contemporáneo que reconoce a los zoológicos como centros de educación, investigación y conservación de especies en peligro de extinción.

Este capítulo tiene como objetivo analizar el marco legal que rige los derechos de los animales, tanto en el ámbito internacional como en el contexto mexicano, con especial énfasis en las regulaciones aplicables a los zoológicos.

Para ello, se explorarán los principales tratados y convenios internacionales, así como las leyes nacionales que buscan asegurar el bienestar de los animales y su adecuada conservación, destacando su pertinencia en el rediseño del hábitat del Lémur Cola Anillada en el Parque Zoológico Benito Juárez.



FIG.063
Par de leones descansando
Karolina Kaboompics, 2020
Fotografía digital

Los derechos de los animales

El concepto de los derechos de los animales ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, y su desarrollo ha sido influenciado por diferentes corrientes filosóficas y jurídicas. Uno de los hitos más importantes en este campo fue la Declaración Universal de los Derechos de los Animales, proclamada por la UNESCO en 1978, que establece que “todos los animales nacen iguales ante la vida y tienen los mismos derechos a la existencia” (UNESCO, 1978).

Esta declaración marca un avance en la conciencia global sobre la importancia de tratar a los animales con respeto y dignidad, reconociendo su capacidad de sentir dolor y sufrimiento, lo cual debe ser considerado en cualquier forma de interacción humana con ellos. Este documento ha influido en la creación de leyes y regulaciones en diversos países, enfocadas en la protección y bienestar de los animales tanto en libertad como en cautiverio (Martínez, 2010).

La declaración consta de los siguientes artículos:

Artículo No. 1 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 1)

Todos los animales nacen iguales ante la vida y tienen los mismos derechos a la existencia.

Artículo No. 2 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 2)

a) Todo animal tiene derecho al respeto.

b) El hombre, como especie animal, no puede atribuirse el derecho de exterminar a los otros animales o de explotarlos, violando ese derecho. Tiene la obligación de poner sus conocimientos al servicio de los animales.

c) Todos los animales tienen derecho a la atención, a los cuidados y a la protección del hombre.

Artículo No. 3 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 3)

a) Ningún animal será sometido a malos tratos ni a actos crueles.

b) Si es necesaria la muerte de un animal, ésta debe ser instantánea, indolora y no generadora de angustia.

Artículo No. 4 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 4)

a) Todo animal perteneciente a una especie salvaje tiene derecho a vivir libre en su propio ambiente natural, terrestre, aéreo o acuático y a reproducirse.

b) Toda privación de libertad, incluso aquella que tenga fines educativos, es contraria a este derecho.

Artículo No. 5 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 5)

a) Todo animal perteneciente a una especie que viva tradicionalmente en el entorno del hombre tiene derecho a vivir y crecer al ritmo y en las condiciones de vida y de libertad que sean propias de su especie.

b) Toda modificación de dicho ritmo o dichas condiciones que fuera impuesta por el hombre con fines mercantiles es contraria a dicho derecho.

Artículo No. 6 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 6)

a) Todo animal que el hombre haya escogido como compañero tiene derecho a que la duración de su vida sea conforme a su longevidad natural.

b) El abandono de un animal es un acto cruel y degradante.

Artículo No. 7 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 7)

Todo animal de trabajo tiene derecho a una limitación razonable del tiempo e intensidad del trabajo, a una alimentación reparadora y al reposo.

Artículo No. 8 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 8)

a) La experimentación animal que implique un sufrimiento físico o psicológico es incompatible con los derechos del animal, tanto si se trata de experimentos médicos, científicos, comerciales, como de otra forma de experimentación.

b) Las técnicas alternativas deben ser utilizadas y desarrolladas.

Artículo No. 9 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 9)

Cuando un animal es criado para la alimentación debe ser nutrido, instalado y transportado, así como sacrificado, sin que ello resulte para él motivo de ansiedad o dolor.

Artículo No. 10 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 10)

- a) Ningún animal debe ser explotado para esparcimiento del hombre.
- b) Las exhibiciones de animales y los espectáculos que se sirvan de animales son incompatibles con la dignidad del animal.

Artículo No. 11 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 11)

Todo acto que implique la muerte de un animal sin necesidad es un biocidio, es decir, un crimen contra la vida.

Artículo No. 12 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 12)

- a) Todo acto que implique la muerte de un gran número de animales salvajes es un genocidio, es decir, un crimen contra la especie.
- b) La contaminación y la destrucción del ambiente natural conducen al genocidio.

Artículo No. 13 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 13)

- a) Un animal muerto debe ser tratado con respeto.
- b) Las escenas de violencia, en las cuales los animales son víctimas, deben ser prohibidas en el cine y en la televisión, salvo si ellas tienen como fin dar muestra de los atentados contra los derechos del animal.

Artículo No. 14 (Ley General de Vida Silvestre, 2021, Artículo 14)

- a) Los organismos de protección y salvaguarda de los animales deben ser representados a nivel gubernamental.
- b) Los derechos del animal deben ser defendidos por la ley, como lo son los derechos del hombre.

FIG.064
Primate sujetando cuerda
Myklos Magyar, 2019
Fotografía digital



En el contexto de la legislación actual, el término “derechos de los animales” se refiere a un conjunto de principios y normas que buscan garantizar que los animales no sean sometidos a crueldad o explotación innecesaria.

Estas ideas han sido desarrolladas y promovidas por pensadores como Peter Singer, quien en su obra clásica *Animal Liberation* (1975) argumentó que los animales tienen intereses fundamentales, como el derecho a no sufrir, y que estos intereses deben ser tomados en cuenta al igual que los de los humanos (Singer, 1975). Singer sostiene que es éticamente incorrecto infligir dolor y sufrimiento a los animales por razones triviales, como el entretenimiento o el consumo innecesario, y aboga por un tratamiento más igualitario hacia ellos en función de su capacidad para experimentar sufrimiento (García, 2015).

Derechos y cautiverio

Desde la perspectiva de los derechos de los animales, el cautiverio sigue siendo un tema profundamente controversial. Filósofos como Peter Singer y Tom Regan han sostenido que el mantenimiento de animales en zoológicos infringe derechos fundamentales, particularmente el derecho a la libertad. Según esta visión, los animales no deben ser tratados como simples objetos destinados al entretenimiento o la educación, sino como seres con intereses intrínsecos, entre los cuales destacan el derecho a vivir en su hábitat natural y a no ser explotados para fines humanos (Singer, 1990; Regan, 1983).

Estos autores argumentan que el cautiverio, aun cuando se ofrezcan condiciones de bienestar, no logra satisfacer las necesidades naturales de los animales, quienes, en su ambiente natural, despliegan comportamientos esenciales como la caza, el apareamiento, la defensa del territorio y la socialización con miembros de su especie.

Peter Singer, en su influyente obra *Animal Liberation*, denuncia que el uso de animales en zoológicos responde a una visión utilitarista que prioriza el bienestar humano sobre el de los animales, sin considerar que estos también tienen la capacidad de sufrir y experimentar placer. Para Singer, el hecho de que los animales no puedan expresar comportamientos naturales en un entorno cerrado constituye una forma de sufrimiento que debe ser evitada (Singer, 1990).

Tom Regan, por su parte, plantea una visión más radical basada en la noción de que los animales son “sujetos de una vida”, es decir, seres que tienen experiencias y deseos propios, y que por ello merecen ser tratados con el mismo respeto que los humanos. Para Regan, la explotación de los animales en zoológicos es moralmente inaceptable, ya que niega a los animales su derecho a vivir sin interferencia humana (Regan, 1983).

Sin embargo, hay quienes defienden la existencia de los zoológicos bajo ciertas condiciones, particularmente en lo que respecta a su papel en la conservación de especies en peligro de extinción. Esta perspectiva, respaldada por autores como Dale Jamieson y Stephen Bostock, subraya que los zoológicos pueden jugar un papel crucial en la preservación de la biodiversidad global.

En un contexto donde muchas especies enfrentan la extinción debido a la destrucción de su hábitat, los zoológicos brindan un entorno controlado donde los animales pueden reproducirse y donde se pueden llevar a cabo programas de reintroducción de especies en su medio natural (Jamieson, 1985; Bostock, 1993).

Dale Jamieson, aunque crítico con muchas prácticas de los zoológicos, reconoce que en algunas circunstancias el cautiverio puede justificarse como un mal necesario para asegurar la supervivencia de especies en peligro. Argumenta que, aunque las condiciones en los zoológicos no sean ideales, estos pueden tener un impacto positivo cuando se utilizan como herramientas para la educación y la concienciación pública sobre la crisis de extinción (Jamieson, 1985).

Stephen Bostock, en su obra *Zoos and Animal Rights*, también sugiere que los zoológicos han evolucionado desde su enfoque histórico de explotación hacia un modelo más ético y conservacionista. Según Bostock, la contribución de los zoológicos a la ciencia y la educación, junto con su capacidad para preservar especies, es un argumento poderoso a favor de su existencia en el mundo contemporáneo, siempre y cuando se mantengan altos estándares de bienestar animal (Bostock, 1993).

Clare Palmer, en su obra *Animal Ethics in Context*, aporta una perspectiva matizada al debate sobre los zoológicos y los derechos de los animales. A diferencia de los filósofos que defienden posturas absolutas sobre los derechos de los animales, Palmer sugiere que las obligaciones morales hacia los animales varían según el contexto de la relación entre humanos y animales. Esto significa que el trato ético hacia los animales en cautiverio no puede ser determinado únicamente por principios generales, sino que depende de las circunstancias específicas que rodean su confinamiento.

Palmer argumenta que los humanos tienen mayores responsabilidades hacia los animales que han sido puestos en situaciones de vulnerabilidad como resultado directo de la acción humana, como los animales en cautiverio. Esta relación implica que los zoológicos tienen una obligación especial de garantizar no solo la supervivencia física de los animales, sino también su bienestar emocional y psicológico.

Sin embargo, Palmer también reconoce que el cautiverio en algunos contextos puede ser justificado, como en el caso de los programas de conservación de especies en peligro de extinción, siempre que los zoológicos se esfuercen por minimizar el sufrimiento y mejorar las condiciones de vida de los animales (Palmer, 2010).

Una de las aportaciones clave de Palmer es la distinción entre diferentes contextos éticos en los que los humanos interactúan con los animales. En situaciones donde los animales dependen completamente de los humanos, como en los zoológicos, los cuidadores asumen una mayor carga moral de asegurar que los animales vivan en condiciones que les permitan satisfacer sus necesidades biológicas y comportamentales. Según Palmer, esta responsabilidad es más fuerte que en contextos donde los animales viven de manera salvaje y autónoma, lo que justifica una atención especial en los zoológicos para abordar el bienestar animal de forma integral.

La postura de la autora se posiciona como una manera más “orgánica” de entender este fenómeno, y bien, correspondiendo a ciertas dinámicas propias de la naturaleza, pues bien, aquellos ejemplares que pertenecen a un medio silvestre deberían no tener interferencia humana, así evitando un posible desequilibrio en su comportamiento o dieta, de esta manera promoviendo el respeto hacia la vida silvestre al no interferir.

FIG.065
Par de Gibones
Efrem Efre, Lisboa, Portugal, 2019
Fotografía digital



Como conclusión, el debate sobre los zoológicos y los derechos de los animales continúa siendo una cuestión moral compleja y divisiva. Por un lado, filósofos como Peter Singer y Tom Regan sostienen que los zoológicos violan los derechos fundamentales de los animales, especialmente su derecho a la libertad. Para ellos, aunque los zoológicos mejoren las condiciones de vida de los animales, el cautiverio sigue siendo una forma de explotación que no puede justificarse éticamente. Este enfoque defiende la idea de que los animales deben ser tratados como seres con intereses propios, no como recursos humanos.

Por otro lado, defensores como Stephen Bostock y Dale Jamieson proponen que, bajo ciertas condiciones, los zoológicos pueden jugar un papel positivo, especialmente en la conservación de especies en peligro de extinción. Estos autores argumentan que, en un mundo donde muchas especies están al borde de la extinción, los zoológicos pueden ofrecer un espacio seguro para su preservación y, al mismo tiempo, educar al público sobre la importancia de proteger la biodiversidad. Desde esta perspectiva, los zoológicos no son instituciones inherentemente explotadoras, sino que pueden cumplir un propósito valioso si se gestionan éticamente.

La visión más matizada de Clare Palmer aporta un enfoque contextual a este debate, sugiriendo que las responsabilidades humanas hacia los animales varían según la relación que se tenga con ellos. Para Palmer, los zoológicos tienen una obligación especial hacia los animales bajo su cuidado, debido a que dependen completamente de los humanos. Esta obligación implica garantizar su bienestar no solo físico, sino también emocional, permitiendo que los animales expresen comportamientos naturales en la medida de lo posible.

En definitiva, el desafío ético en torno a los zoológicos radica en encontrar un equilibrio entre la conservación de especies y el respeto a los derechos de los animales. Mientras que algunos defienden la eliminación de los zoológicos, otros consideran que, con reformas adecuadas, estas instituciones pueden cumplir un rol vital en la protección de la biodiversidad y la educación ambiental.

Como postura personal, considero que el papel actual de los zoológicos se direcciona más hacia una función de emergencia ante una situación devastadora en los ecosistemas mundiales.

Siguiendo el enfoque contextual que propone Clare Palmer, es pertinente también discutir la situación de los zoológicos en el Sur Global o en países de América Latina. En muchos de estos países, los zoológicos enfrentan desafíos particulares que los diferencian de sus contrapartes en el Norte Global. Las limitaciones económicas, la falta de recursos y una infraestructura inadecuada hacen que muchas veces los zoológicos no puedan ofrecer condiciones óptimas para los animales albergados. Este contexto debe ser considerado cuando se evalúan las funciones y las responsabilidades de los zoológicos en estos países.

Sin embargo, es pertinente mencionar que deberíamos ver esta situación como una oportunidad para innovar en el área del diseño y la arquitectura de zoológicos. Las limitaciones económicas y de infraestructura que enfrentan muchos países del Sur Global podrían impulsar la creación de soluciones más sostenibles, adaptadas a los recursos locales y orientadas al bienestar animal. Esto abre la puerta para desarrollar proyectos que no solo se enfoquen en la protección y conservación de especies, sino que también sean un ejemplo de diseño ético y ecológico.

El diseño de zoológicos en estos contextos debe tener en cuenta no solo los aspectos funcionales, sino también la creación de espacios que permitan a los animales expresar sus comportamientos naturales de manera más plena, minimizando el estrés y maximizando su bienestar. La integración de materiales locales, el uso de tecnologías accesibles y sostenibles, y la incorporación de estrategias de enriquecimiento ambiental son áreas donde los diseñadores y arquitectos pueden contribuir significativamente. Además, este enfoque puede fomentar la creación de espacios educativos que sensibilicen a las comunidades locales sobre la conservación de la fauna, sin sacrificar el bienestar de los animales ni imponer estructuras que resulten imposibles de mantener.

De esta manera, el reto de mejorar los zoológicos en países del Sur Global no solo es una cuestión de infraestructura, sino también una oportunidad para generar innovación en el diseño que esté alineado con principios de sostenibilidad, bienestar animal y adaptabilidad a las realidades socioeconómicas locales.

Legislación internacional

El manejo de los animales en zoológicos y su bienestar está regulado, en gran parte, por acuerdos internacionales que buscan armonizar las políticas globales sobre conservación y trato ético a los animales.

Estos tratados se diseñaron para proteger a las especies en peligro y promover estándares adecuados de bienestar animal, al tiempo que reconocen la importancia educativa y conservacionista de los zoológicos. A lo largo de las décadas, organizaciones globales y gobiernos han reconocido la necesidad de establecer marcos normativos que equilibren el interés humano en la conservación de la fauna y la obligación ética de proteger a los animales de prácticas que les causen sufrimiento innecesario.

Uno de los acuerdos más influyentes es la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) es un tratado multilateral creado en 1973, que entró en vigor en 1975, y tiene como objetivo proteger a las especies de fauna y flora silvestres frente a la sobreexplotación derivada del comercio internacional. Esta convención establece un sistema de permisos y certificaciones que regula la importación, exportación y reexportación de especies para evitar que su comercio ponga en riesgo la supervivencia de las mismas. Hoy en día, CITES cuenta con 184 Estados miembros que colaboran en la aplicación de estas regulaciones a nivel mundial (CITES, 1973).

El acuerdo clasifica a las especies protegidas en tres apéndices, dependiendo del nivel de amenaza que enfrenten. El Apéndice I incluye especies en peligro de extinción cuyo comercio está prohibido, salvo bajo circunstancias excepcionales; el Apéndice II regula el comercio de especies que, si no se controla adecuadamente, podrían verse amenazadas; y el Apéndice III abarca especies protegidas por algún país que ha solicitado la cooperación internacional para su conservación (CITES, 1973).

FIG.066
Tres tigres
Karolina Kaboompics, 2020
Fotografía digital



Para los zoológicos, CITES es crucial ya que regula el manejo de animales pertenecientes a las especies protegidas por la convención. Esto implica que los zoológicos deben cumplir con estrictas normas para la adquisición, intercambio y transporte de estos animales, incluyendo permisos específicos que certifican el comercio legal y ético. Además, el convenio exige que el manejo de los animales en cautiverio, como su transporte, se realice bajo condiciones que garanticen su bienestar, reduciendo al mínimo el estrés y el sufrimiento durante estos procesos.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), adoptado en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, y la Declaración Universal de los Derechos de los Animales, proclamada por la UNESCO en 1978, representan dos hitos fundamentales en la evolución del marco legal y ético para la protección de los animales en cautiverio. Ambos instrumentos abordan no solo la importancia de los animales dentro de los ecosistemas, sino también el reconocimiento de sus derechos inherentes, los cuales deben ser respetados en cualquier contexto, incluidos entornos controlados como los zoológicos (UNESCO, 1978; Naciones Unidas, 1992).

El CDB se centra en la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de sus componentes, subrayando que la preservación de la fauna no solo es esencial para el equilibrio de los ecosistemas, sino que también conlleva responsabilidades éticas hacia los animales, especialmente aquellos en peligro de extinción o vulnerables debido a la actividad humana.

El convenio insta a los países firmantes a implementar medidas de conservación tanto in situ (en su hábitat natural) como ex situ (fuera de su hábitat), destacando el papel de los zoológicos en los programas de cría en cautiverio y en la sensibilización del público sobre la importancia de proteger la biodiversidad (Naciones Unidas, 1992).

Por su parte, la Declaración Universal de los Derechos de los Animales establece principios éticos fundamentales sobre el trato digno hacia los animales, afirmando que todos los seres vivos tienen derechos y que estos derechos deben ser respetados sin importar el contexto en el que se encuentren. Este documento también señala que los animales que viven bajo el control de los humanos, como los que se encuentran en zoológicos, tienen derecho a disfrutar de condiciones que les permitan vivir sin sufrimiento, estrés o explotación, lo que establece una obligación ética para los zoológicos de garantizar no solo la supervivencia de los animales, sino también

Ambos instrumentos destacan que la conservación no puede justificarse a expensas del sufrimiento animal, reforzando la idea de que los zoológicos modernos deben funcionar como centros de conservación y educación, alineados con altos estándares de bienestar animal. El respeto por los derechos inherentes de los animales en cautiverio es un reflejo del compromiso global por la ética en el manejo de la fauna, y las normativas internacionales como el CDB y la Declaración de los Derechos de los Animales ayudan a consolidar una estructura legal que protege a los animales no solo como parte del ecosistema, sino como seres vivos con valor intrínseco (Naciones Unidas, 1992; UNESCO, 1978).

La World Association of Zoos and Aquariums (WAZA) y el Consejo de Europa, a través de su Convenio Europeo sobre la Protección de los Animales en Zoológicos, han desempeñado un papel crucial en la elevación de los estándares de bienestar animal en cautiverio, al establecer directrices que buscan mejorar las condiciones de vida de los animales en zoológicos de todo el mundo.

Por un lado, la WAZA es la principal organización mundial que agrupa a zoológicos y acuarios comprometidos con la conservación, el bienestar animal y la educación pública. En 2005, WAZA lanzó su Estrategia Mundial de Zoológicos y Acuarios para la Conservación, que establece los principios y las directrices que deben seguir las instituciones miembro para garantizar no solo la protección de especies en peligro, sino también el bienestar de los animales bajo su cuidado. Entre estos principios, uno de los más destacados es la implementación de enriquecimiento ambiental, que se refiere a la creación de entornos que imiten lo más posible los hábitats naturales de los animales, permitiéndoles desarrollar comportamientos propios de su especie y reduciendo el estrés asociado con el confinamiento (WAZA, 2005). Además, WAZA promueve la capacitación constante del personal de los zoológicos en temas de manejo ético y bienestar, para asegurar que las prácticas evolucionen junto con los avances científicos y éticos.

Por su parte, el Consejo de Europa, a través del Convenio Europeo sobre la Protección de los Animales en Zoológicos, firmado en 1992, establece un marco normativo que obliga a los zoológicos de los países europeos firmantes a cumplir con estándares estrictos de bienestar animal. Este convenio se centra en garantizar que los zoológicos ofrezcan un entorno adecuado para los animales, en términos de espacio, alimentación, atención veterinaria y enriquecimiento ambiental. Además, establece que los zoológicos deben participar activamente en la conservación de especies y en la educación del público sobre la biodiversidad, destacando la importancia de preservar los hábitats naturales y las especies que los habitan.

Los países firmantes del convenio se comprometen a inspeccionar y evaluar periódicamente los zoológicos dentro de sus territorios, para asegurarse de que cumplen con los requisitos establecidos en términos de bienestar animal (Consejo de Europa, 1992).

Ambas instituciones, WAZA y el Consejo de Europa, coinciden en que el bienestar animal en los zoológicos no puede limitarse a la mera supervivencia de las especies, sino que debe incluir el respeto por sus necesidades físicas, psicológicas y comportamentales. La combinación de estándares internacionales y una regulación rigurosa busca asegurar que los zoológicos no solo sean lugares de conservación, sino también de respeto ético hacia los animales en cautiverio.

De acuerdo con WAZA en la Estrategia mundial para los zoológicos y acuarios para la conservación de 2005, destaca el papel y las funciones que tienen estos en pro de la conservación de las especies y su visión contemporánea y a futuro (WAZA, 2005).

1. Aumentar el compromiso con la conservación de la naturaleza como principal meta y objetivo.
2. Utilizar el único recurso disponible para avanzar en el objetivo de la investigación in y ex situ.
3. Desarrollar destacados programas de educación que inculquen preocupaciones medioambientales locales y globales.
- 4. Desarrollar instalaciones de animales innovadoras, atractivas y sugerentes para los visitantes, a la vez que continuamente remodeladas para mejorar el bienestar de los animales en cautividad.**
5. Utilizar el poder colectivo de asociaciones mundiales y/o regionales para informar e influir en el cambio político en relación al medioambiente.
6. Trabajar con patrones económicos altamente éticos que permitan la recaudación de fondos para la acción conservacionista.
7. Defender en todo momento el papel de los zoos ante el público en aspectos de enfrentamiento, y ser perseverantes en la persecución de la misión conservacionista.

8. Aumentar la cooperación entre instituciones para mejorar el uso de los recursos limitados y actuar de manera global.

9. Adoptar y usar los avances tecnológicos para reforzar la comunicación, investigación y educación.

10. Promover estructuras de organización que potencien a todos los niveles los esfuerzos individuales, y adoptar planteamientos de equipo.

11. Valorar, reclutar, formar y conservar el personal a todos los niveles.

Concretamente el punto número cuatro nos brinda un campo de acción para el área del diseño y la arquitectura.

Legislación nacional mexicana

La regulación de los zoológicos en México está enmarcada por una serie de normativas nacionales que buscan equilibrar el bienestar de los animales con la preservación de especies en peligro.

A medida que los zoológicos se transforman de simples lugares de exhibición a centros de conservación, educación y sensibilización pública, las leyes mexicanas han evolucionado para reflejar estos cambios. Entre las normativas más importantes se encuentran la **Ley General de Vida Silvestre y varias Normas Oficiales Mexicanas (NOM)**, que establecen directrices claras sobre el manejo, cuidado y protección de los animales en cautiverio. Estas leyes buscan asegurar que los zoológicos operen de manera ética y sostenible y promover la conservación de especies autóctonas y el respeto a los derechos de los animales. Sin embargo, a pesar del marco legal existente, la implementación de estas regulaciones presenta desafíos importantes, especialmente en regiones con limitaciones económicas y estructurales.

En la **Ley General de Vida Silvestre (LGVS)**, los aspectos relacionados con la infraestructura de los zoológicos y el bienestar de los animales están regulados a través de varios artículos clave que definen las responsabilidades de las instalaciones de conservación en cuanto a la protección y manejo de especies (SEMARNAT, 2021). A continuación, se abordan algunos de los artículos relevantes:

Artículo 32: La exhibición de ejemplares vivos de fauna silvestre deberá realizarse de forma que se eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que pudiera ocasionárseles.

Artículo 33: En los casos en los que los ejemplares de fauna silvestre deban someterse a cuarentena, se deben adoptar las medidas necesarias para mantenerlos en condiciones adecuadas según sus necesidades biológicas.

Artículo 78 Bis: Los planes de manejo de vida silvestre deben incluir, entre otros aspectos, la descripción física y biológica del área e infraestructura donde serán mantenidos los ejemplares. Esto incluye detalles sobre la dieta, cuidados clínicos, medidas de seguridad, y las condiciones de confinamiento.

Artículo 27: El manejo de ejemplares y poblaciones exóticos sólo se podrá llevar a cabo en condiciones de confinamiento que garanticen la seguridad de la sociedad civil y trato digno y respetuoso hacia los ejemplares, de acuerdo con un plan de manejo que deberá ser previamente aprobado por la Secretaría y el que deberá contener lo dispuesto por el artículo 78 Bis, para evitar los efectos negativos que los ejemplares y poblaciones exóticos pudieran tener para la conservación de los ejemplares y poblaciones nativos de la vida silvestre y su hábitat.

La norma mexicana **NMX-AA-165-SCFI-2014** (Secretaría de economía, 2014) establece criterios para los espacios y la infraestructura del cautiverio tales como:

4.3.1 Instalaciones

Las instalaciones deben:

- A) Dar oportunidad de elección a los ejemplares para cubrir sus necesidades básicas y para esconderse o resguardarse de la vista pública o aislarse de congéneres.
- B) Cubrir las necesidades de manejo seguro de las especies.
- C) Fomentar el desarrollo de las características físicas y biológicas propias de cada especie o en su caso de algún individuo en específico.
- D) Contar con elementos de seguridad para los animales, público visitante y trabajadores.
- E) Estar diseñados acorde con la misión y visión de cada zoológico.
- F) Contar con espacios para el resguardo de animales de manera temporal.
- G) Contar con pisos, paredes, puertas, techos y mobiliario de fácil limpieza y que eviten acumulación de agua y polvo, en caso de que los recintos cuenten con casa de noche.
- H) Contar con pisos antiderrapantes o de textura no abrasiva, para evitar que los animales resbalen o se lastimen.
- I) Utilizar suelos o sustratos en los recintos, que permita mantener las patas de los ejemplares en buen estado.

J) Contar con mirillas que permitan observar a los animales de manera segura, eficiente y sin causarles molestia o estrés, en los recintos que cuenten con casa de noche y/o áreas o habitáculos para reproducción y crianza.

K) Contar con puertas dentro del área de manejo que abran hacia adentro, además de permitir visibilidad total al interior. De tratarse de puertas de guillotina o corredizas, deben contar con un mecanismo que las detenga en cuanto se detecte el paso de un animal o una persona.

L) Mantener cerrados los candados y las puertas de los recintos y pasillos de acceso al área de manejo y colocar las llaves de cualquier cerradura en lugar visible y de fácil acceso para los trabajadores responsables del área y manejo de los animales, así como mantener duplicados accesibles en el área administrativa.

M) Garantizar que las puertas permitan en todo momento su apertura o cierre correctamente, verificando que en ningún momento el mecanismo represente un riesgo para los animales.

N) Utilizar para el mantenimiento y limpieza materiales no tóxicos

O) Contar con trampas para desechos en los drenajes y para evitar la entrada de roedores.

P) Contar con pisos cuyo declive evite estancamientos de cualquier desecho, y que a la vez facilite el aseo

Q) Garantizar que los animales tengan acceso permanente a sitios con sombra en recintos abiertos.

R) Contar con sistemas de respaldo adecuados para mantener con vida a las especies que requieren microclimas o ambientes controlados.

S) Contar con infraestructura para cada condición, incluso previendo recintos cerrados para la exhibición de los animales, en caso de zoológicos ubicados en regiones con climas extremos.

T) Contar con infraestructura para posibles necesidades por separación de grupos o individuos.

U) Cumplir con los requisitos que marca la NOM-135-SEMARNAT, cuando dentro de la población animal se cuente con cualquier especie clasificada como mamífero marino.



FIG.067
Lobo tranquilo en zoológico
Ryutaro Tsukata, 2020
Fotografía digital

V) Proveer a los animales de alguna fuente de calor cuando sea necesario, evitando el contacto directo de la misma con el ejemplar.

W) Contar con perchas y/o refugios, según los requerimientos de la especie o individuo.

(Secretaría de economía, 2014)

Legislación para el Lémur Cola Anillada (*Lemur Catta*)

En el informe de culminación de servicio social de Marco Antonio Sánchez Valdes, se observan algunas de las reglas establecidas por la AZA para el manejo del Lemur catta en cautiverio (Sánchez Valdes, M. A., 2022)

Dimensiones de casa de noche: (AZA, 2013, citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022), recomienda que, las medidas adecuadas son 12m de largo, 12m de ancho y 8m de alto, estas dimensiones son recomendadas para 10 ejemplares.

Sombra disponible: De acuerdo a lo descrito por la (SAG, 2015 citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022), los ejemplares deben disponer de árboles de refugio contra los rayos del sol, dentro y fuera del exhibidor.

Protección contra el frío en la casa de noche: (AZA, 2013, citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022), menciona que es indispensable que la casa de noche cuente con un piso de concreto para facilitar su limpieza y que exista la inclusión de algún tipo de sustrato como paja, heno, viruta de madera o papel triturado, que puedan ser utilizados como cama o enriquecimiento.

Luz natural: (Wolfensohn 2003, citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022), menciona la importancia de proveer luz natural a los animales por lo menos 12 horas al día, debido a la fijación de vitamina D.

Protección cuando llueve: (Wolfensohn 2003, citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022) hace mención que los ejemplares deben de tener protección contra la lluvia, para evitar que esta pueda ocasionar problemas de salud posteriores a los ejemplares, por lo que es indispensable que el exhibidor cuente con techos que permitan que exista una área seca todo el tiempo.

Tamaño adecuado del exhibidor: Las medidas correctas descritas por (Meyer 1982, citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022), son 19.6m de largo, 14.1m de ancho y 9.4m o más de altura, dichas medidas están indicadas para al menos 10 ejemplares, ya que estas permiten al animal el fácil desplazamiento, además que de garantizan que puedan realizar actividades propias de la especie, tales como balancearse, brincar, trepar etc.

Enriquecimiento ambiental físico: Las indicaciones proporcionadas por Hearn et al., 1993 (citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022), donde menciona que deben existir estructuras que permitan al animal el trepar, balancearse, tomar el sol, favorecer la conducta de forrajeo etc, las cuales proporcionarán a los lémures distracción y puedan realizar distintas actividades que ayuden a reducir el aburrimiento o presencia de estereotipias.

Seguridad contra situaciones de escape: (AZA, 2013, citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022). La AZA recomienda la presencia de puertas de seguridad, portones, puertas de acceso para el cuidador, mecanismos de bloqueo y barreras que garanticen la permanencia del ejemplar en el exhibidor; protegiendo así la integridad de cada uno de los ejemplares.

Seguridad del visitante: (AZA, 2013, citado en Sánchez Valdes, M. A., 2022) el exhibidor debe estar rodeado por una malla ciclónica (o en su defecto un mecanismo que delimite totalmente el recinto). Un perímetro delineado de aproximadamente 1.5 m de distancia entre la malla y los visitantes para evitar el contacto, agresiones o una interacción inadecuada entre el visitante y los lémures.

Área de manejo: La NOM-AA-165-SCFI-2014 establece que debe haber puertas dentro del área de manejo, las cuales deben abrir hacia adentro y permitir una visibilidad total del interior. Esto garantizará que, en caso de que un ejemplar salga de la casa de noche y se encuentre en el área de manejo, se pueda llevar a cabo un plan de contención que evite su escape.

Análisis crítico y aplicación al proyecto

El presente apartado tiene como objetivo realizar un análisis crítico del marco legal que regula la infraestructura y manejo de fauna en cautiverio en México, particularmente en lo que respecta al diseño de recintos y bienestar animal en zoológicos. México cuenta con un marco normativo robusto, conformado por la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) y diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que buscan asegurar que los animales en cautiverio, como el Lemur Catta, sean manejados de manera ética y en condiciones óptimas.

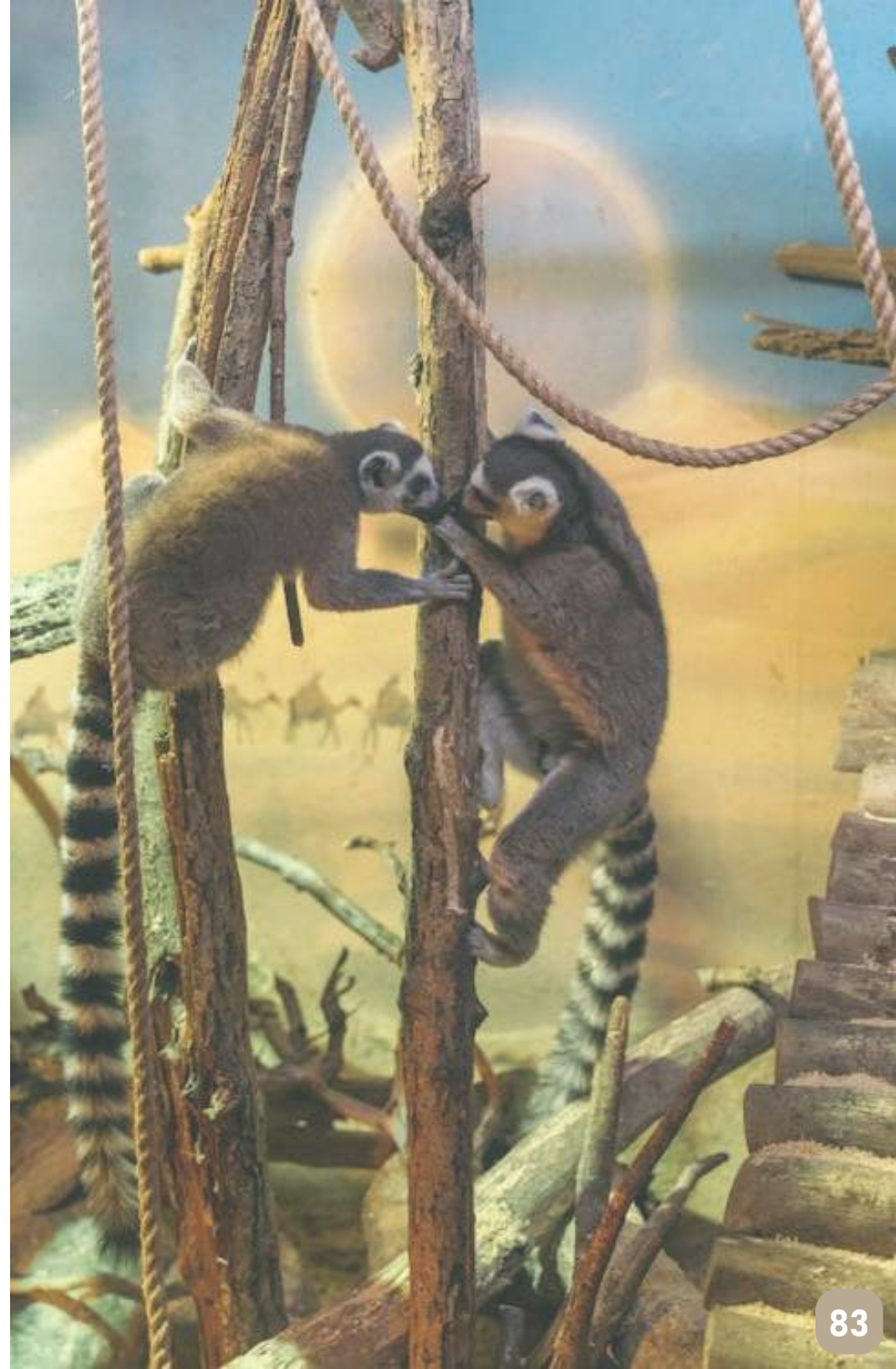
Si bien comenzamos por definir de dónde provienen las ideas sobre el bienestar animal y las diferentes posturas filosóficas sobre los zoológicos, este trabajo se inclina hacia atender el aspecto número 7 del informe de la WAZA (WAZA, 2005):

“7. Defender en todo momento el papel de los zoos ante el público en aspectos de enfrentamiento, y ser perseverantes en la persecución de la misión conservacionista.”

Bajo las diversas justificaciones abordadas en el marco teórico este planteamiento se alimenta de la misma manera en los informes abordados por estas organizaciones internacionales y las legalidades internacionales y nacionales.

Se enfatiza la necesidad de que las instituciones zoológicas comuniquen claramente al público su misión conservacionista, defendiendo el valor de los zoológicos como centros clave en la preservación de especies, especialmente ante las crecientes críticas sobre el bienestar animal en cautiverio. Todo esto debe ser respaldado por una sólida base legal que garantice el cumplimiento de estándares éticos y científicos. Es aquí donde los aspectos legales nacionales e internacionales juegan un papel fundamental para consolidar la misión conservacionista de los zoológicos.

FIG.068
Par de lemures
Siarhei Nester, 2024
Fotografía digital



La revisión de ambos niveles normativos muestra un sistema que, en términos generales, cubre múltiples aspectos del manejo de la fauna en cautiverio. Las normativas nacionales detallan las condiciones necesarias para el bienestar de los animales, desde sus necesidades básicas hasta las especificaciones para su exhibición y cuidado. Sin embargo, se identifican áreas de oportunidad, particularmente en la falta de especificidad en algunos aspectos del diseño arquitectónico de los recintos. Las normativas internacionales, como las de la AZA y la WAZA, aportan una mayor precisión en cuanto a los requerimientos de infraestructura, enfatizando la necesidad de enriquecer los entornos de los animales para fomentar comportamientos naturales y reducir el estrés.

Al aplicar este marco legal al proyecto de rediseño del recinto del Lemur Catta en el Zoológico de Morelia, es crucial garantizar que se cumplan tanto las normativas nacionales como las internacionales. Esto incluye la creación de un entorno que permita a los lémures expresar sus comportamientos naturales, con espacios adecuados para trepar, moverse y explorar, así como áreas de descanso que imiten su hábitat natural. De esta forma, el recinto no solo cumplirá con las exigencias legales, sino que también contribuirá a mejorar la calidad de vida de los animales y a reforzar el papel del zoológico en la conservación y educación ambiental.



FIG.069
Par de lémures
Siarhei Nester, 2024
Fotografía digital

Lémur Cola Anillada (Lemur Catta)

biología y manejo

En este capítulo exploramos toda la información necesaria y elemental referente a la especie seleccionada, Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*). Este análisis integral abarca las características biológicas de la especie, sus hábitats naturales y ecosistemas, la diversidad de su dieta y sus comportamientos alimenticios, así como su interacción con otras especies compatibles en entornos tanto naturales como en cautiverio.

Además, se detallan las patologías comunes que pueden afectar a estos primates y las prácticas recomendadas para su cuidado y manejo. Se incluyen también consideraciones sobre su reproducción, salud emocional, y las implicaciones de su conservación ex situ.

Introducción General a la Especie

El Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) es una especie de primate endémica de Madagascar, conocida por su distintiva cola anillada con bandas alternas de color blanco y negro, que no solo le sirve para el equilibrio sino también como una herramienta de comunicación visual dentro de sus grupos sociales. Perteneció a la familia **Lemuridae**, dentro del orden Primates y la suborden Strepsirrhini, que agrupa a los lémures, loris y gálagos.

Este suborden se distingue por características primitivas, como un sentido del olfato más desarrollado y la presencia de una “garra de aseo” en el segundo dedo del pie, características compartidas por otros primates strepsirrhinos (Mittermeier et al., 2010).

Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica del Lémur Cola Anillada (*Lemur catta*) fue establecida por primera vez por Carl Linnaeus en 1758, en su obra monumental *Systema Naturae*. Linnaeus, conocido como el ‘padre de la taxonomía’, desarrolló un sistema de clasificación que sentó las bases para la nomenclatura binomial moderna, permitiendo una organización sistemática de las especies en base a sus características compartidas (Linnaeus, 1758).

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Mammalia

Orden: Primates

Suborden: Strepsirrhini

Familia: Lemuridae

Género: Lemur

Especie: *Lemur catta* (Linnaeus, 1758)

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS DE LA ESPECIE



TAXONOMÍA Y ANATOMÍA



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA



ECOSISTEMA



DIETA Y ALIMENTACIÓN



ETOLOGIA



MOTRICIDAD

FIG.070
Lemur mascando una rama
Mikhail Nilov, 2021
Fotografía digital

Anatomía

FIG.071
Esqueleto de Lémur Cola Anillada escalando
Formant, H., 1897
Ilustración en blanco y negro.

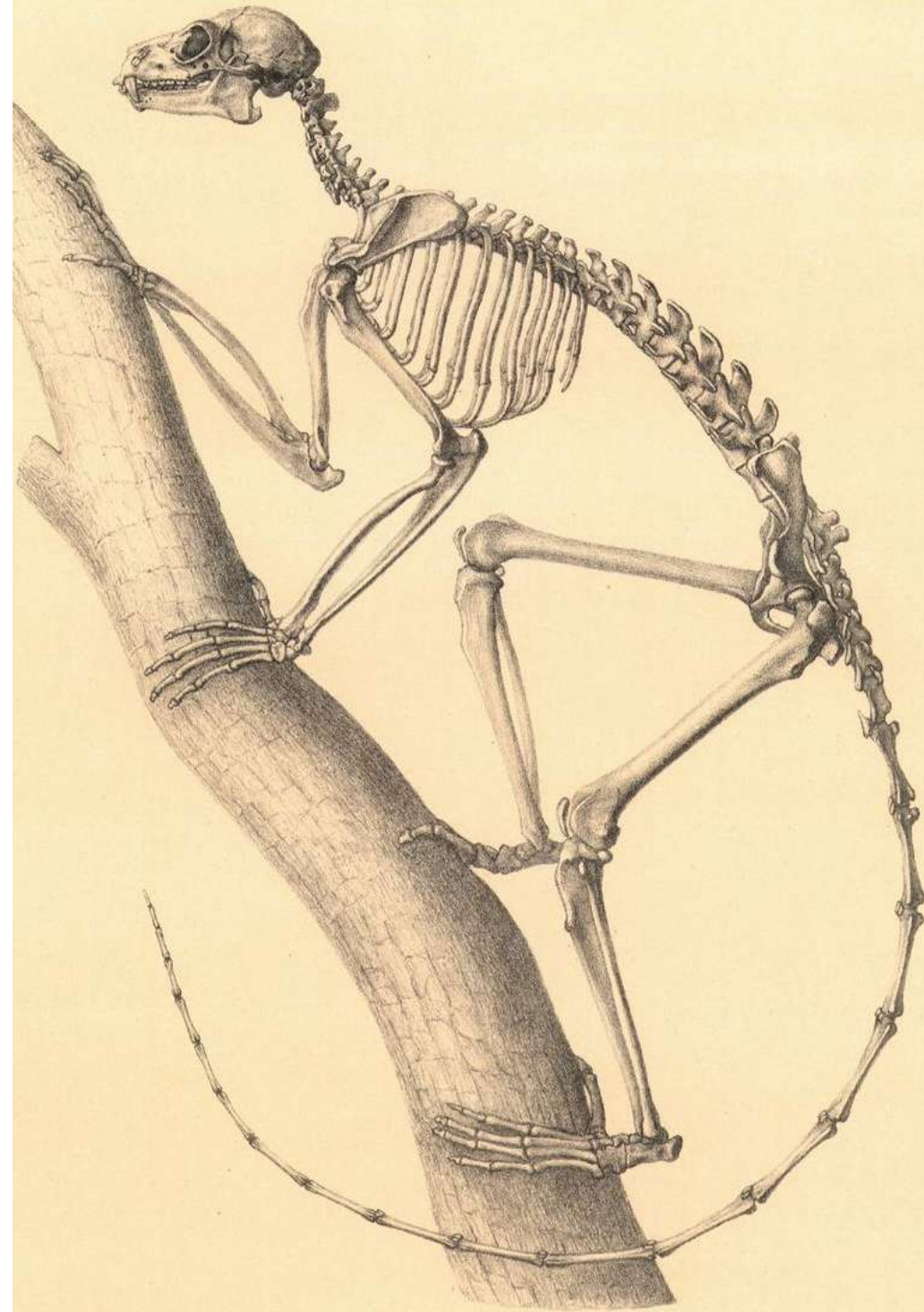
El lémur de cola anillada (*Lemur catta*) es un primate de tamaño mediano, ampliamente reconocido por su distintiva cola larga con anillos blancos y negros alternados. La longitud del cuerpo del lémur varía entre 39 y 46 cm, mientras que su cola, que es notablemente más larga que su cuerpo, mide entre 56 y 63 cm. Esta cola, aunque no es prensil, juega un papel crucial en el equilibrio durante el salto entre ramas y en el desplazamiento en el suelo. Además, la cola es utilizada en la comunicación social, sirviendo como una señal visual clave dentro del grupo (Tattersall, 1982).

Las extremidades del lémur de cola anillada están bien adaptadas tanto para la locomoción terrestre como para la arbórea. Las extremidades anteriores miden entre 12 y 15 cm, y las posteriores, que son ligeramente más largas, varían entre 15 y 18 cm. Esta diferencia en la longitud de las extremidades proporciona una ventaja mecánica para el salto y la movilidad en su entorno natural (Sussman, 1974). En cuanto a su peso, los lémures de cola anillada adultos oscilan entre 2.2 y 3.5 kg, con los machos siendo ligeramente más pesados que las hembras (Tattersall, 1982).

Desde un punto de vista anatómico, el esqueleto del lémur es robusto y está diseñado para soportar tanto la vida en los árboles como en el suelo. Su columna vertebral es flexible, lo que le permite realizar movimientos ágiles y rápidos. El cráneo, relativamente pequeño y plano, posee una prominente cresta sagital que facilita el anclaje de músculos mandibulares poderosos, necesarios para procesar una dieta herbívora que incluye frutas, hojas y ocasionalmente corteza (Ankel-Simons, 2007).

El sistema digestivo de estos lémures está adaptado para extraer nutrientes de una dieta rica en fibra. Su intestino grueso y un ciego bien desarrollado permiten una fermentación eficaz del material vegetal (Campbell et al., 2011). Además, el sistema nervioso y los órganos sensoriales, particularmente los ojos y el sentido del olfato, están altamente desarrollados. Su visión estereoscópica es crucial para la percepción de profundidad, esencial para el salto entre ramas, mientras que su agudo sentido del olfato es fundamental en la comunicación social y en el marcaje territorial mediante glándulas odoríferas situadas en las muñecas y en la región genital (Jolly, 1966; Martin, 1990).

El sistema reproductivo del lémur de cola anillada también presenta características específicas, como un ciclo estral definido y un comportamiento reproductivo que incluye las llamadas "peleas de olor" entre machos. Estas interacciones son fundamentales para la selección de pareja y la cohesión social dentro del grupo (Kappeler, 1990).



Distribución geográfica

El lémur de cola anillada (*Lemur catta*) es endémico de la isla de Madagascar, ubicada en el océano Índico, frente a la costa sureste de África. Dentro de esta isla, el lémur de cola anillada es uno de los primates con la distribución más amplia, aunque su presencia se limita principalmente a las regiones del sur y suroeste de Madagascar.

Estos lémures habitan una variedad de ecosistemas que incluyen bosques secos caducifolios, áreas de matorral espinoso y bosques ribereños. También se les puede encontrar en zonas más húmedas como los bosques de galería, donde la vegetación es más densa y hay una mayor disponibilidad de recursos hídricos. El clima en estas regiones es típicamente estacional, con una estación seca prolongada y una estación lluviosa más corta. Esta variación estacional influye en la disponibilidad de alimentos y en el comportamiento social y reproductivo de la especie (Mittermeier et al., 2010).

A diferencia de muchos otros lémures que son principalmente arbóreos, el lémur de cola anillada pasa una cantidad considerable de su tiempo en el suelo. Este comportamiento, conocido como "terrestre", les permite explotar una gama más amplia de recursos alimentarios y adaptarse a diferentes microhábitats dentro de su rango geográfico. La capacidad de ser tanto arbóreos como terrestres les confiere una mayor flexibilidad ecológica, lo que es particularmente ventajoso en un entorno tan diverso como el de Madagascar (Jolly, 1984).

En la imagen, podemos apreciar un mapa del país de Madagascar, compuesto por su característico contorno insular y las distintas regiones que conforman esta gran isla del océano Índico. Se observa cómo la distribución del lémur de cola anillada (*Lemur catta*) se concentra predominantemente en la zona sur de la isla.

Distribución del Lémur Cola Anillada en Madagascar

FIG.072
Distribución de *Lemur catta* en Madagascar
Wilson, Don & Hanlon, Elizabeth, 2010
Ilustración en mapa
ResearchGate



Ecosistemas

Este es un primate notablemente flexible, que se encuentra en una variedad de hábitats a lo largo del sur y suroeste de la isla, incluyendo matorrales espinosos, matorrales y arbustos, bosques de galería y bosques secos caducifolios, sabanas antropogénicas y en las regiones de gran altitud del macizo de Analavelona en la provincia de Toliara, y la cordillera montañosa de Andringitra (Goodman y Langrand, 1996; Goodman y Rasolonandrasana, 2001; Goodman et al., 2006; Sussman, 1974; Sussman et al., 2003, como citado en Gould, 2006).

En muchos de los hábitats de bosques más secos, *L. catta* se encuentra en bajas densidades (Sussman et al., 2003, como citado en Gould, 2006). Se encuentran mayores densidades en parches de bosque de galería y bosques mésicos, pero pocos de estos permanecen y están desapareciendo rápidamente.

Reservas gubernamentales y privadas como Beza Mahafaly, Andringitra, Andohahela, Isalo, Cap Ste. Marie, Anja y Berenty mantienen poblaciones de densidades variables, y algunos bosques sagrados dispersos brindan protección a algunas poblaciones (Sussman et al., 2003, como citado en Gould, 2006).

Bosques Secos Caducifolios

Los bosques secos caducifolios de Madagascar, donde se encuentra esta especie, están caracterizados por una marcada estacionalidad climática. La precipitación anual en estas áreas varía entre 400 y 800 mm, concentrándose principalmente durante una corta estación lluviosa que suele durar de noviembre a abril. Durante la estación seca, que se extiende por casi ocho meses, la mayoría de los árboles pierden sus hojas para reducir la transpiración y conservar agua.

Las temperaturas en estos bosques suelen ser altas durante todo el año, con máximas que alcanzan los 35 °C durante la estación seca, mientras que las mínimas pueden descender hasta los 10 °C en la noche. La vegetación dominante incluye árboles como el baobab (*Adansonia* spp.), que almacena agua en su tronco para sobrevivir los largos períodos secos, y el tamarindo (*Tamarindus indica*), cuyas hojas y frutos son una fuente crucial de alimento (Sussman, 1977). Además, la flora en estos bosques presenta una considerable diversidad de especies adaptadas a las condiciones secas, como arbustos espinosos y plantas suculentas.



Matorrales Espinosos

El matorral espinoso, localizado predominantemente en el sur y suroeste de Madagascar, es un ecosistema extremadamente seco y árido, caracterizado por una precipitación anual que rara vez supera los 400 mm. Las lluvias en esta región son esporádicas y concentradas en un corto período, con largos intervalos de sequía que pueden durar hasta diez meses.

Las temperaturas en los matorrales espinosos son extremas, superando frecuentemente los 40 °C durante el día, mientras que las noches pueden ser considerablemente más frescas, con temperaturas descendiendo hasta los 15 °C.

La vegetación está compuesta principalmente por plantas adaptadas a la sequía, como el *Didierea madagascariensis* y varias especies de *Euphorbia*, que presentan espinas y almacenan agua en sus tejidos para resistir las condiciones áridas (Ganzhorn, 1997). Estas plantas proporcionan refugio y recursos alimentarios esenciales, permitiendo a las especies locales sobrevivir en un ambiente tan hostil.

FIG.074
Lemur Sifaka en matorral espinoso
Louise Jasper, s.f.
Fotografía digital



Bosques Ribereños

Los bosques ribereños, también conocidos como bosques de galería, se encuentran a lo largo de los cursos de agua en Madagascar y representan un entorno más húmedo y estable en comparación con otros hábitats de la isla. La precipitación en estos bosques es más alta, oscilando entre 800 y 1,500 mm anuales, con una distribución más uniforme a lo largo del año, aunque todavía hay una estación más húmeda durante los meses de verano austral (noviembre a marzo).

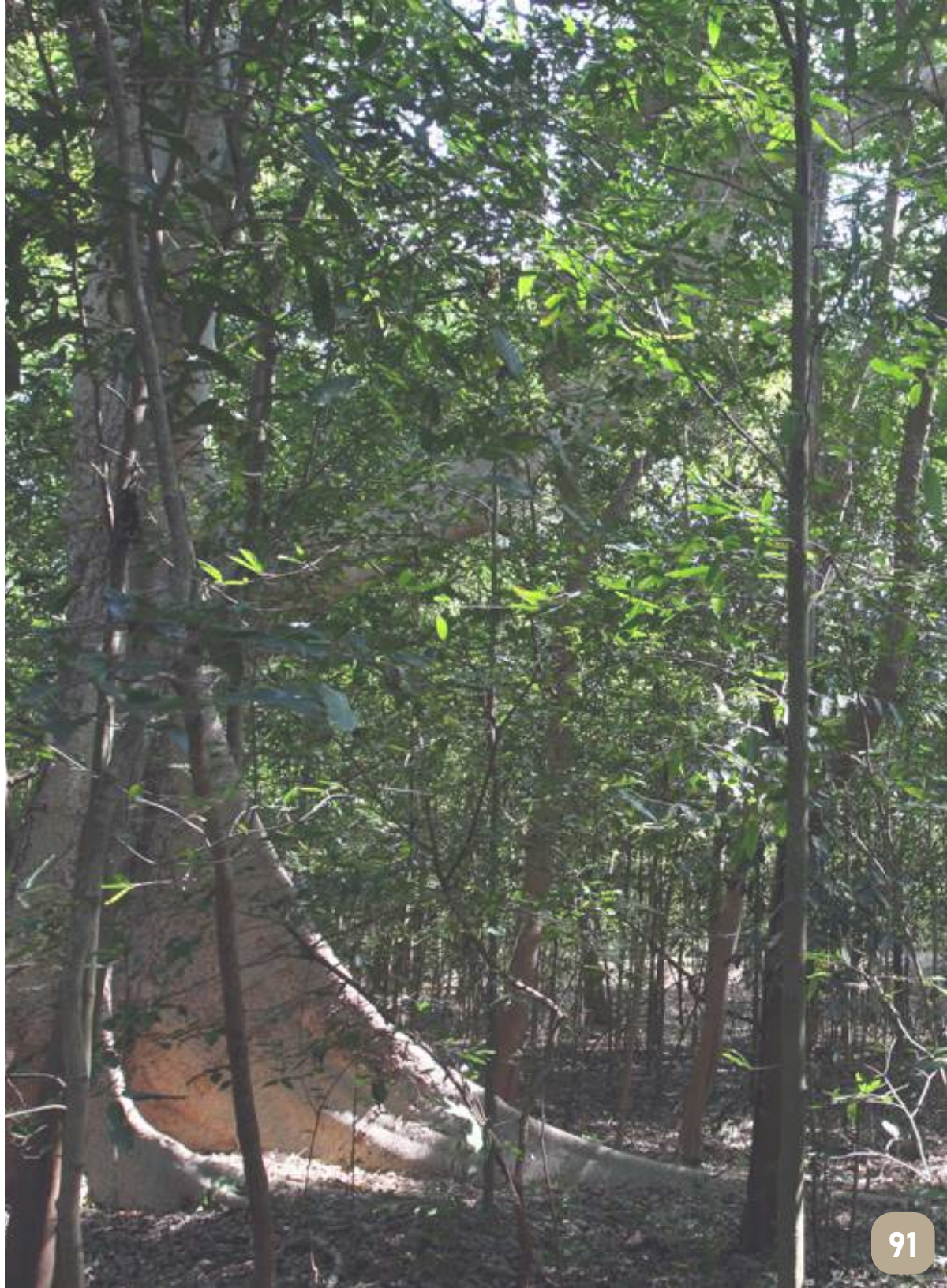
Las temperaturas en los bosques ribereños son moderadas debido a la proximidad al agua, con valores que van de 20 °C a 30 °C durante el día, y mínimas que rara vez descienden por debajo de los 15 °C en la noche.

La vegetación en estos bosques es densa y diversa, con árboles altos y perennes que forman un dosel cerrado, así como lianas, enredaderas y plantas epífitas que aprovechan la humedad constante (Mittermeier et al., 2010). Este tipo de vegetación ofrece un hábitat rico en recursos alimentarios, como frutas y hojas, y proporciona refugio contra depredadores.

En conclusión podemos observar que el Lémur Cola Anillada es una especie altamente adaptable a diferentes entornos cuyas temperaturas van desde los 10° en su mínimo y superando los 40° en su máximo, adaptándose a todo tipo de vegetación desde bosques con grandes árboles, matorrales de arbustos e incluso plantas espinosas y zonas rocosas.

El clima en la ciudad de Morelia Michoacán no representa un inconveniente para el buen desarrollo de los ejemplares al aire libre, puesto que las temperaturas en esta ciudad están dentro del rango de las temperaturas en los ecosistemas naturales de esta especie, por ende no se necesita de un acondicionamiento especial para mantener una temperatura adecuada, sin embargo se requieren consideraciones para tener una gama amplia de microclimas dentro del recinto.

FIG.075
Bosque de galerías en Madagascar
Rhett A. Butler, 2005
Fotografía digital



Dieta y alimentación

La dieta de *Lemur catta* es un aspecto esencial de su ecología, mostrando una notable flexibilidad para adaptarse a las variaciones estacionales en la disponibilidad de alimentos. Durante la estación lluviosa, cuando los recursos son más abundantes, su dieta se compone principalmente de frutas maduras, que proporcionan la energía necesaria para mantener su alta actividad diurna. Sin embargo, a medida que se acerca la estación seca y la disponibilidad de frutas disminuye, *Lemur catta* cambia su dieta hacia alimentos más fibrosos, como las hojas maduras y la corteza de árboles. Esta adaptación dietética le permite sobrevivir en un ambiente donde los recursos pueden ser extremadamente limitados (Sauther, 1994).

Un estudio realizado en Berenty, en el sur de Madagascar, respalda esta observación, mostrando que *Lemur catta* exhibe grandes variaciones estacionales en su dieta. Durante la estación seca, además de los alimentos fibrosos, consume frutos inmaduros, semillas y flores en menor medida. Este estudio también reveló una significativa superposición en la dieta de *Lemur catta* con la de *Eulemur fulvus* (Lémur Marrón), especialmente en la temporada seca, cuando ambos comparten recursos alimenticios similares, como las vainas inmaduras de *Tamarindus indica*. No obstante, *Lemur catta* parece estar mejor adaptado para manejar estos alimentos fibrosos, lo que le confiere una ventaja competitiva sobre otras especies en épocas de escasez (Simmen et al., 2003).

Además de su capacidad para cambiar su dieta estacionalmente, *Lemur catta* utiliza estrategias de forrajeo que le permiten maximizar la eficiencia en la búsqueda de alimentos y minimizar el riesgo de depredación. Los individuos de un grupo suelen dispersarse en un área determinada mientras buscan alimento, pero permanecen en contacto constante mediante vocalizaciones. Esta estrategia no solo les ayuda a encontrar suficiente alimento, sino que también refuerza la cohesión del grupo y reduce el riesgo de ataques de depredadores (Gould, 2006).

Otra adaptación notable en la dieta de *Lemur catta* es su uso ocasional de plantas con propiedades medicinales. Estos primates han sido observados consumiendo ciertas plantas que contienen compuestos que podrían ayudar a controlar parásitos intestinales o aliviar otros malestares fisiológicos, lo que sugiere un comportamiento de automedicación sofisticado y una adaptación a las condiciones ambientales desafiantes de Madagascar (Haring et al., 2010).



Etología

La etología es la rama de la biología que estudia el comportamiento de las especies, y es sumamente indispensable conocer los diferentes patrones de conducta, mecanismos de comunicación, estrategias de supervivencia, y adaptaciones al entorno que presentan los animales. Este conocimiento permite entender cómo interactúan con su ambiente y con otros individuos, proporcionando insights fundamentales para la conservación de especies, el manejo de la fauna en cautiverio.

Este subcapítulo explora dichos los patrones de comportamiento de esta especie, comprenderlos es esencial para crear espacios que aseguren su bienestar físico y fomenten comportamientos naturales, proporcionen estimulación mental y social, y minimicen el estrés.

Las decisiones de diseño en cuanto a la dimensión de los recintos, la disposición de áreas para el forrajeo, el enriquecimiento ambiental y las zonas de refugio deben estar informadas por un conocimiento profundo de cómo esta especie interactúa con su entorno natural. La etología de Lemur catta dicta estrictamente el espacio que requiere, por ende define debe ser estructurado para replicar, en la medida de lo posible, las condiciones de su hábitat natural, promoviendo así su salud y comportamiento natural.

Organización Social y Territorialidad de Lemur catta

La organización social de Lemur catta es compleja y está centrada en un sistema matriarcal. Las tropas, que generalmente comprenden entre 6 y 25 individuos, aunque en algunos casos pueden llegar a los 30, están formadas por varias hembras adultas, sus crías, y un número variable de machos. Las hembras adultas, especialmente las de mayor rango, lideran el grupo, controlando el acceso a los recursos y dirigiendo la defensa del territorio. Mientras tanto, los machos jóvenes tienden a emigrar entre diferentes tropas a lo largo de su vida, buscando nuevas oportunidades de apareamiento y evitando la competencia interna (Gould, 2006; Sussman, 1991).

Las tropas de Lemur catta están compuestas en su mayoría por hembras. Generalmente, las hembras representan alrededor del 60% al 70% de la composición total del grupo, mientras que los machos constituyen aproximadamente el 30% al 40% restante. Esta estructura matriarcal, donde las hembras adultas predominan y ocupan las posiciones de liderazgo, es fundamental para el funcionamiento social y territorial de la tropa (Sussman, 1991; Gould, 2006).

FIG.077
Tres Lemures
Bas Linders, Países Bajos, 2022
Fotografía digital



La organización social de *Lemur catta* es compleja y está centrada en un sistema matriarcal. Las tropas, que generalmente comprenden entre 6 y 25 individuos, aunque en algunos casos pueden llegar a los 30, están formadas por varias hembras adultas, sus crías, y un número variable de machos.

Las hembras adultas, especialmente las de mayor rango, lideran el grupo, controlando el acceso a los recursos y dirigiendo la defensa del territorio. Mientras tanto, los machos jóvenes tienden a emigrar entre diferentes tropas a lo largo de su vida, buscando nuevas oportunidades de apareamiento y evitando la competencia interna (Gould, 2006; Sussman, 1991).

Las tropas de *Lemur catta* están compuestas en su mayoría por hembras. Generalmente, las hembras representan alrededor del 60% al 70% de la composición total del grupo, mientras que los machos constituyen aproximadamente el 30% al 40% restante. Esta estructura matriarcal, donde las hembras adultas predominan y ocupan las posiciones de liderazgo, es fundamental para el funcionamiento social y territorial de la tropa (Sussman, 1991; Gould, 2006).

Dentro de la tropa, las relaciones sociales se mantienen mediante un sistema jerárquico bien definido. Las hembras establecen y refuerzan su posición a través de interacciones diarias, como el aseo mutuo, que fortalece los lazos sociales y la cohesión del grupo. Un comportamiento interesante observado dentro de las tropas es la segregación temporal, en la cual los individuos pueden distanciarse del grupo en momentos de alta tensión, como durante la temporada de apareamiento.

Esta práctica permite a los lémures evitar conflictos directos, facilitando una reintegración más pacífica una vez que la situación se ha calmado (Nakamichi & Koyama, 1997).

El comportamiento territorial es otro aspecto fundamental en la vida de *Lemur catta*. Cada tropa ocupa un territorio que defiende activamente mediante marcaje olfativo, vocalizaciones y, ocasionalmente, confrontaciones físicas. Las glándulas braquiales y antebraquiales de estos lémures juegan un papel crucial en el marcaje de su territorio, dejando señales olfativas que advierten a otras tropas de la presencia de un grupo en la zona (Mertl-Millhollen, 2006).

Aunque las interacciones entre tropas pueden ser cooperativas, especialmente en áreas con abundancia de recursos, los enfrentamientos se vuelven más frecuentes durante la estación seca, cuando la competencia por los recursos escasos se intensifica (Sussman, 1991).

La temporada de apareamiento de *Lemur catta* ocurre anualmente entre abril y mayo. Durante este período, los machos compiten intensamente por el acceso a las hembras a través de demostraciones de fuerza, como “peleas de olor” y exhibiciones físicas. Estas interacciones establecen una jerarquía temporal entre los machos, donde aquellos de mayor rango logran mayores oportunidades de apareamiento (Gould, 2006).

Tras la temporada de apareamiento, las hembras experimentan un período de gestación de aproximadamente 135 días, dando a luz generalmente en septiembre u octubre, coincidiendo con el inicio de la estación lluviosa, cuando los recursos alimenticios comienzan a ser más abundantes.

Las crías permanecen estrechamente ligadas a sus madres durante los primeros meses de vida, y el diseño del hábitat debe considerar áreas seguras y tranquilas para este cuidado (Jolly, 1966).

Las relaciones entre las tropas de *Lemur catta* pueden ser tanto cooperativas como conflictivas. En algunas circunstancias, las tropas vecinas toleran la proximidad de otras, especialmente en épocas de abundancia de recursos. Sin embargo, durante los períodos de escasez, los enfrentamientos por el control del territorio y los recursos se vuelven más frecuentes. La territorialidad y las dinámicas sociales observadas en *Lemur catta* reflejan la importancia de un entorno cuidadosamente diseñado que facilite estas interacciones naturales y promueva el bienestar de los animales en entornos controlados (Sussman, 1991).

Comportamiento social y territorial en cautiverio

En la naturaleza, *Lemur catta* ocupa y defiende territorios que pueden variar significativamente en tamaño, dependiendo de la disponibilidad de recursos y la densidad poblacional. En cautiverio, el espacio disponible es limitado y compartido por múltiples individuos, lo que puede intensificar los comportamientos territoriales. Aunque las tropas en la naturaleza defienden activamente sus territorios a través de marcaje olfativo, vocalizaciones y confrontaciones físicas, en cautiverio, la necesidad de defender un territorio se convierte en un desafío debido a la imposibilidad de evitar la proximidad constante de otros individuos o grupos (Jolly, 1966).

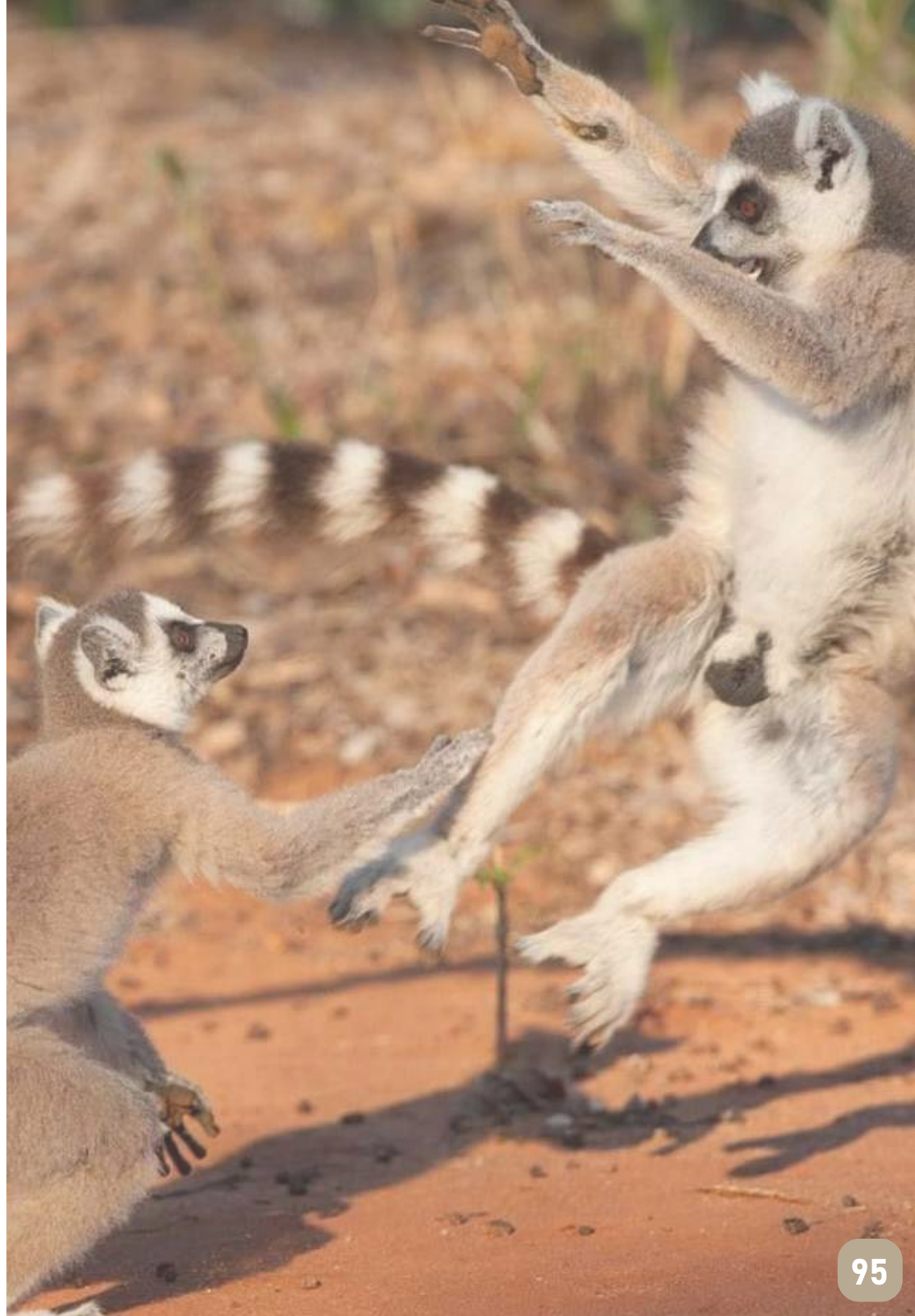
El marcaje olfativo sigue siendo un comportamiento observado en cautiverio, donde los lémures utilizan las glándulas braquiales y antebraquiales para marcar objetos dentro de su recinto. Este comportamiento es crucial para establecer y mantener jerarquías sociales, así como para reducir la tensión entre los individuos. Sin embargo, cuando el espacio es insuficiente o mal diseñado, el marcaje puede no ser suficiente para prevenir conflictos, lo que puede llevar a un aumento en las interacciones agresivas (Mertl-Millhollen, 2006).

Para mitigar estos problemas, es necesario asegurar que los recintos en cautiverio proporcionen suficiente espacio y complejidad estructural para permitir la expresión de comportamientos territoriales naturales. Esto incluye la incorporación de áreas que puedan ser "reclamadas" por diferentes individuos o subgrupos dentro de la tropa, así como la provisión de refugios donde los individuos puedan retirarse para evitar conflictos directos (Mertl-Millhollen, 2006).

La variación en la topografía del recinto, el acceso a diferentes niveles y la presencia de estructuras para el escalamiento también pueden ayudar a reducir la tensión al permitir que los lémures eviten el contacto visual directo, lo que es una fuente común de estrés en entornos restringidos (Jolly, 1966).

El comportamiento social de *Lemur catta* en cautiverio está influenciado por la necesidad de mantener la cohesión del grupo mientras se minimizan los conflictos. En la naturaleza, los lémures tienen la capacidad de dispersarse temporalmente y evitar interacciones conflictivas durante períodos de alta tensión, como la temporada de apareamiento.

FIG.078
Lemures peleando
Suzi Eszterhas, 2021
Fotografía digital



En cautiverio, esta capacidad está limitada, lo que puede aumentar el riesgo de conflictos y afectar el bienestar de los individuos. Uno de los desafíos más grandes en cautiverio es manejar la temporada de apareamiento. Durante este período, los machos compiten intensamente por el acceso a las hembras, lo que puede resultar en un comportamiento agresivo que es difícil de gestionar en un espacio limitado (Gould, 2006).

En este contexto, es fundamental que el diseño del recinto permita la segregación temporal de individuos para reducir la competencia directa. Los recintos deben estar equipados con áreas donde los machos puedan demostrar su dominancia sin que esto lleve a peleas físicas continuas, como ocurre a través de las "peleas de olor" que son comunes en la naturaleza (Gould, 2006).

Además, el enriquecimiento ambiental juega un papel crucial en la promoción de comportamientos sociales positivos y en la reducción del estrés. Proporcionar a los lémures objetos manipulables, variabilidad en las fuentes de alimento y oportunidades para el juego social puede ayudar a mantener la cohesión del grupo y prevenir la aparición de comportamientos problemáticos, como la agresión excesiva o la apatía (Sauther, 1994).

La jerarquía social en *Lemur catta* es establecida y mantenida a través de interacciones diarias, incluyendo el aseo mutuo y el acceso preferencial a los recursos. En cautiverio, la falta de espacio suficiente o de recursos claramente definidos puede desestabilizar esta jerarquía, llevando a un aumento en la tensión social (Gould, 2006).

Por lo tanto, es vital que el manejo de la tropa en cautiverio tome en cuenta las necesidades jerárquicas, asegurando que los individuos de alto rango tengan acceso a los recursos que necesitan para mantener su estatus, mientras que los de bajo rango tienen oportunidades suficientes para acceder a recursos sin entrar en conflicto directo (Jolly, 1966).

El monitoreo regular del comportamiento social es esencial para identificar y abordar problemas antes de que se conviertan en conflictos graves. Esto puede incluir la observación de patrones de agresión, el uso de enriquecimiento ambiental específico para individuos de bajo rango, y la intervención cuando sea necesario para redistribuir los recursos o ajustar la composición del grupo (Sauther, 1994).

FIG.079
Grupo de Lemures
HenkBentlage s.f.
Getty Images
Fotografía digital



Patrones de actividad

Lemur catta es conocido por ser un primate principalmente diurno, lo que significa que realiza la mayor parte de sus actividades durante el día. Sin embargo, existen algunas observaciones que sugieren que puede ser catemeral, es decir, que puede estar activo tanto de día como de noche dependiendo de las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos (Cavigelli et al., 2003; Sauther et al., 1999). Esta flexibilidad en sus patrones de actividad podría ser una adaptación a las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad de alimento y la competencia con otras especies.

En la naturaleza, estos lémures dedican una porción considerable de su tiempo al forrajeo, que representa aproximadamente el 30% de su actividad diaria. Además, aproximadamente el 50% de su tiempo lo dedican al descanso, lo que sugiere una estrategia de conservación de energía adaptada a un entorno donde los recursos pueden ser limitados o estacionalmente disponibles (Rasamimanana et al., 2006). El resto del tiempo se distribuye entre otras actividades como el aseo mutuo, la socialización, y la exploración de su entorno.

Una característica destacada del comportamiento de Lemur catta es su tendencia a tomar el sol (sunbathing), que representa aproximadamente el 5% de su actividad diaria. Este comportamiento, observado principalmente en las mañanas, se cree que está relacionado con la regulación térmica, especialmente durante los meses más fríos (Rasamimanana et al., 2006). Los lémures se sientan erguido con el abdomen expuesto al sol, un comportamiento que también podría estar relacionado con la reducción de ectoparásitos.

En cautiverio, los patrones de actividad pueden variar debido a las limitaciones del espacio y la estructura del entorno. Es esencial que

FIG.080
Lemur caminando en la oscuridad
Science Photo Library
Fotografía digital



La gráfica muestra los patrones de actividad diaria y niveles de exposición a la luz de cinco especies de lémures: lémures mangosta (*Eulemur mongoz*), lémures de cola anillada (*Lemur catta*), sifacas de Coquerel (*Propithecus coquereli*), lémures rojos con flecos (*Varecia rubra*), y lémures blanco y negro con flecos (*Varecia variegata*), durante un periodo específico en 2012.

En el eje horizontal se muestra el tiempo del día, desde la medianoche hasta la medianoche del día siguiente, lo que permite observar los picos de actividad a lo largo del ciclo diario. El eje vertical indica el estímulo circadiano (CS), una medida que relaciona la luz con la respuesta circadiana de los lémures, reflejando la exposición a la luz durante diferentes momentos del día.

En la gráfica, las áreas sombreadas en negro y gris representan la actividad diaria de las especies. Las áreas más oscuras indican los niveles más altos de actividad, mientras que las más claras muestran niveles más bajos, permitiendo visualizar los periodos de mayor y menor actividad a lo largo del día. Además, la gráfica incluye una línea de tiempo que marca los momentos del amanecer y el atardecer, lo que ayuda a correlacionar los patrones de actividad de los lémures con el ciclo natural de luz y oscuridad.

Otro elemento importante es el estímulo circadiano promedio (Mean CS), que se muestra en cada gráfico y refleja la cantidad promedio de luz a la que las especies estuvieron expuestas. Este elemento es crucial para entender cómo los ciclos de luz natural afectan los ritmos de actividad de los lémures.

Finalmente, la gráfica incluye la magnitud del fador (Phasor Magnitude) y el ángulo del fador (Phasor Angle), que cuantifican la relación entre la actividad de los lémures y su ciclo circadiano. La magnitud del fador indica la amplitud de la respuesta circadiana, mientras que el ángulo del fador revela la fase del ciclo circadiano en la que se produce la máxima actividad. Estos datos son esenciales para comprender cómo los lémures sincronizan su comportamiento diario con el entorno lumínico, lo que es especialmente relevante para el manejo de estas especies en cautiverio.

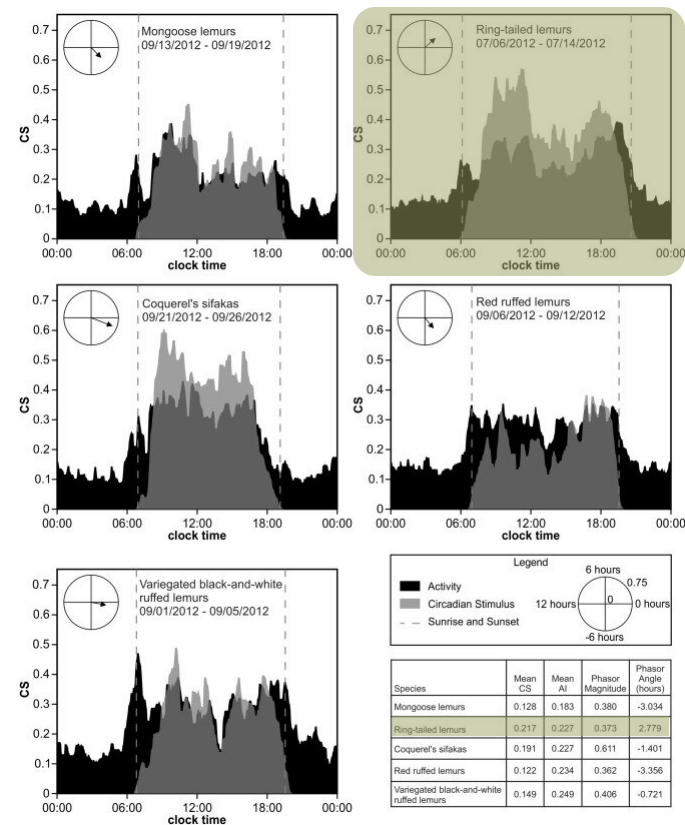


FIG.081
Patrones de Actividad Diaria de Lémures
McGrath, S. P., Smith, R. O., & Zucker, I. (2013).
American Journal of Primatology, 75(7), 676-687
Gráfica digital

En el caso del lémur de cola anillada, se observa que presenta dos picos de actividad, uno en la mañana poco después del amanecer y otro en la tarde antes del atardecer. Este patrón sugiere un comportamiento principalmente diurno con una mayor actividad durante las horas de luz del día, lo que es coherente con las observaciones de que *Lemur catta* es una especie diurna, aunque puede exhibir actividad crepuscular (es decir, alrededor del amanecer y el atardecer).

El gráfico también muestra que *Lemur catta* tiene un nivel moderado de exposición a la luz circadiana, lo que podría estar relacionado con su necesidad de regular su reloj biológico en relación con el ciclo natural de luz y oscuridad. Esto es particularmente importante para su comportamiento de forrajeo y socialización, que son críticos para su supervivencia en su hábitat natural y en entornos controlados como zoológicos o centros de investigación.

La interpretación de estos datos sugiere que las condiciones de luz en los recintos donde se mantienen lémures de cola anillada en cautiverio deben estar alineadas con su ritmo circadiano natural para promover su bienestar y comportamiento natural.

Forrajeo

El forrajeo, en términos de comportamiento animal, se refiere a las actividades que un organismo realiza para buscar y obtener alimento en su entorno. Este comportamiento incluye la exploración del área, la selección de alimentos adecuados y el consumo de estos. En el caso de *Lemur catta*, el forrajeo es una actividad central que ocupa una parte significativa de su tiempo diario, representando aproximadamente el 30% de su actividad total (Rasamimanana et al., 2006).

Este proceso implica tanto la búsqueda directa de alimento, como también la evaluación de la calidad de las fuentes de alimento disponibles, la decisión sobre qué tipos de alimentos consumir, y el balance entre la energía gastada en la búsqueda y la energía obtenida del alimento.

El forrajeo es un comportamiento crítico para la supervivencia, ya que asegura que los individuos obtengan los nutrientes necesarios para su mantenimiento y reproducción. Además, el forrajeo en *Lemur catta* está influenciado por factores como la disponibilidad estacional de recursos y la competencia intraespecífica e interespecífica (Sauther et al., 1999). En ambientes naturales, este comportamiento puede llevar a los lémures a recorrer amplias áreas de su territorio en busca de frutas, hojas, flores y pequeños invertebrados que constituyen su dieta. En cautiverio, es fundamental que se proporcionen oportunidades de forrajeo a través de enriquecimientos ambientales que simulen los desafíos y recompensas de buscar alimento en la naturaleza (Morgan & Tromborg, 2007).

Es indispensable que, en condiciones de cautiverio, los lémures dispongan del enriquecimiento necesario para promover su actividad natural (como sustratos, pastos, arbustos, troncos, dispositivos, etc.), fomentando así un comportamiento más acorde a su entorno natural dentro del recinto. Como resultado, los ejemplares se verán beneficiados tanto en su salud física como en su salud mental.

FIG.082
Lemur forrajeando en zoológico
Guillaume Meurice, 2020
Brugellette, Bélgica
Fotografía digital



Desplazamiento y motricidad

Esta especie exhibe un comportamiento locomotor semi-terrestre, lo que significa que, aunque es capaz de moverse por los árboles, también pasa una cantidad significativa de tiempo en el suelo. Este patrón de locomoción es único en comparación con otros lémures, que son mayoritariamente arborícolas. Su adaptación a una vida tanto terrestre como arbórea le proporciona una versatilidad notable en su desplazamiento, permitiéndole explorar diferentes niveles del entorno en busca de recursos y evitar potenciales depredadores (Sauther et al., 1999).

En los árboles, Lemur catta utiliza un estilo de movimiento cuadrúpedo, que implica la coordinación de las cuatro extremidades para desplazarse de rama en rama. A diferencia de otros primates arborícolas, como los sifacas, conocidos por sus largos saltos y desplazamientos a gran altura, Lemur catta prefiere moverse a través de ramas más bajas y con un desplazamiento controlado. Esta elección refleja su habilidad para balancear el tiempo entre el suelo y los árboles, lo que le permite explotar una mayor diversidad de recursos. Sus desplazamientos arbóreos tienden a ser más seguros y precisos, lo que minimiza el riesgo de caídas o lesiones en alturas mayores (Sauther, 1989).

En el suelo, Lemur catta emplea una marcha cuadrúpeda similar a la de muchos otros mamíferos. Este patrón de locomoción le permite moverse con eficiencia a través del suelo, ya sea en busca de alimento o interactuando con otros miembros de la tropa. Su movimiento terrestre es estable y coordinado, lo que le permite recorrer distancias considerables y explotar zonas abiertas con rapidez y precisión. El hecho de que recurra frecuentemente al suelo sugiere una adaptación particular a ambientes más abiertos, donde la disponibilidad de alimento está más dispersa (O'Neill, 2009). En estudios de campo, se ha observado que Lemur catta recorre grandes áreas de su territorio diariamente, lo que refuerza la importancia de un diseño de recinto que incluya amplios espacios y diversidad estructural (McGoogan et al., 2012).

FIG.083
Lemur saltando
Suzi Eszterhas, s.f
Fotografía digital



El entorno en el que Lemur catta se encuentra tiene un impacto significativo en sus patrones de motricidad. En su hábitat natural, puede cubrir grandes distancias diarias para buscar alimento, combinando sus habilidades tanto terrestres como arbóreas para moverse de manera eficiente entre distintas zonas. Esta adaptación le permite enfrentar los cambios estacionales en la disponibilidad de recursos, ajustando su locomoción y exploración a la oferta de alimentos en las diferentes áreas del territorio. En cautiverio, sin embargo, la motricidad de Lemur catta puede verse comprometida si el entorno no proporciona la diversidad espacial y estructural necesarias para que expresen sus comportamientos naturales (McGoogan et al., 2012).

La falta de espacio y la ausencia de elementos que simulen las condiciones naturales pueden inhibir estos comportamientos locomotores, lo que a largo plazo puede afectar negativamente su bienestar (McGoogan et al., 2012).

FIG.084
Lemur saltando
Luc V. de Zeeuw
Fotografía digital



Por tanto, es esencial que los recintos diseñados para Lemur catta incluyan una variedad de superficies y alturas que simulen su entorno natural. La incorporación de ramas, estructuras trepadoras y zonas abiertas les permitiría expresar sus patrones de movimiento naturales. Además, el diseño del espacio debe tener en cuenta la agilidad y fuerza que caracterizan a estos lémures. Sus extremidades están perfectamente adaptadas para maniobrar tanto en terrenos irregulares como en superficies arbóreas, lo que les otorga una notable capacidad para trepar y desplazarse sin perder estabilidad.

Estudios biomecánicos han demostrado que Lemur catta utiliza mecanismos pasivos, como la elasticidad de sus tendones, para almacenar y liberar energía durante sus desplazamientos, lo que le permite moverse de manera eficiente tanto en el suelo como en las ramas (O'Neill, 2009).

Este uso eficiente de la energía durante sus actividades diarias es clave para su supervivencia en la naturaleza, y su locomoción está optimizada para reducir el gasto energético. En situaciones donde es necesario realizar maniobras rápidas o acelerar, las extremidades de Lemur catta absorben y liberan energía de forma controlada, lo que le permite realizar movimientos ágiles y seguros en una amplia variedad de superficies. Esto implica que los recintos para estos lémures deben incluir elementos que favorezcan tanto el movimiento arbóreo como terrestre, proporcionando un entorno que fomente su bienestar físico y mental al permitir que desplieguen su comportamiento locomotor completo (O'Neill, 2009).

FIG.085
Lemur juvenil saltando
Luc V. de Zeeuw
Fotografía digital



Reproducción cuidado parental

El Lemur catta sigue un ciclo reproductivo estacional que está alineado con las estaciones del año, lo que maximiza las probabilidades de éxito de las crías al nacer durante épocas de abundancia de recursos. La temporada de apareamiento en su hábitat natural ocurre entre abril y mayo, y el parto generalmente se da entre septiembre y octubre, coincidiendo con la llegada de la estación lluviosa. Este momento es crucial para asegurar que las crías tengan acceso a suficientes recursos alimenticios (Gould, 2006).

Los lémures de cola anillada alcanzan la madurez sexual a los 2.5 o 3 años. Durante la temporada de apareamiento, los machos compiten por las hembras utilizando interacciones agonísticas y exhibiciones olfativas. Uno de los comportamientos más llamativos son los “combates de olor”, en los que los machos impregnan sus colas con secreciones glandulares y las agitan hacia sus rivales para demostrar dominancia y acceder a las hembras. Este sistema de apareamiento es promiscuo, lo que significa que tanto machos como hembras pueden aparearse con múltiples compañeros en un corto período de tiempo (Jolly, 1966).

El período de gestación es de unos 135 días, tras lo cual las hembras dan a luz a una o dos crías. Las crías dependen de sus madres para alimentarse y protegerse durante los primeros meses de vida. Las crías permanecen adheridas al vientre de sus madres durante los primeros días, y luego pasan a montarse en la espalda conforme crecen.

El período de lactancia se extiende de 4 a 6 meses, tras lo cual las crías empiezan a consumir alimentos sólidos, aunque siguen dependiendo de la leche materna durante este tiempo. La lactancia es esencial para la salud de las crías y el establecimiento del vínculo madre-cría, el cual se refuerza en un entorno de bajo estrés (Sauther, 1994).

FIG.086
Lemur con dos crías
Molnár Tamás Photography, 2024
Hungría
Fotografía digital



Dado lo vulnerable que es este período para las crías y las madres, es recomendable que en cautiverio se incorpore un área de cuarentena o aislamiento dentro del diseño del hábitat. Esto asegura un entorno tranquilo y libre de estrés, lo que es fundamental para el cuidado de las crías. La temporada de apareamiento tiende a aumentar la agresividad entre los machos, y un espacio separado para las hembras gestantes y sus crías puede reducir el riesgo de conflictos dentro del grupo. Además, el aislamiento también protege a las crías de posibles agresiones de otros individuos y facilita que las hembras se concentren en la lactancia y el cuidado parental sin interrupciones (Caselli et al., 2022).

Esto nos plantea un aspecto adicional a considerar en el diseño del hábitat: es fundamental contar con áreas que ofrezcan total privacidad, alejadas de la vista de los visitantes. Estas zonas privadas permitirán a los animales disfrutar de un espacio libre de interrupciones, favoreciendo su bienestar al reducir el estrés asociado a la constante exposición y facilitando la expresión de comportamientos naturales sin interferencias.

FIG.087
Lemur con cría
Skitterphoto, 2017
Fotografía digital



Cautiverio y enriquecimiento

En estudios en zoológicos, las condiciones ambientales y la presencia de visitantes deben ser cuidadosamente consideradas para evaluar mejor cualquier variación en el comportamiento que pueda estar asociada con los cambios aplicados a las prácticas de manejo y cuidado de los animales (Caselli et al., 2022).

Por ejemplo, un estudio reciente analizó el impacto integrado de los factores ambientales y la asistencia de visitantes en un grupo de lémures de cola anillada en cautiverio y encontró que las condiciones ambientales influyeron más en el comportamiento que la presencia de visitantes (Caselli et al., 2022).

Además, en el análisis realizado en grupos con diferentes clases de edad y en especies sociales y despóticas, como *L. catta*, se destacó que era necesario incluir el rango individual y la edad en el análisis. De hecho, los objetos de enriquecimiento podrían ser monopolizados por los miembros de alto rango del grupo, causando un aumento en los comportamientos agonísticos y/o podrían ser utilizados principalmente por sujetos jóvenes si implican un alto consumo de energía (Caselli et al., 2022).

En este estudio la metodología empleada consistió en observar un grupo de seis lémures de cola anillada adultos en el Zoológico de Pistoia, Italia. Las observaciones se realizaron en diferentes sesiones diarias durante un período de tiempo, y se recopilaban datos sobre el comportamiento de los lémures bajo tres tipos diferentes de enriquecimiento ambiental, los tres tipos de enriquecimiento fueron:

1- Enriquecimiento alimentario: Consistió en la provisión de alimentos a través de métodos novedosos y desafiantes, como ocultar la comida o presentarla en objetos que los lémures debían manipular para obtener el alimento. Esto fomenta comportamientos naturales de forrajeo y reduce el aburrimiento.

2- Enriquecimiento físico: Involucró la introducción de objetos y estructuras nuevas dentro del recinto, como cuerdas, plataformas, y áreas elevadas, que los lémures podían utilizar para trepar, explorar, o descansar. Este tipo de enriquecimiento buscaba imitar su entorno natural y proporcionarles oportunidades para ejercitarse y moverse de manera similar a como lo harían en la naturaleza.

3- Enriquecimiento auditivo: Se expuso a los lémures a diferentes estímulos sonoros, incluyendo sonidos naturales de la selva o música suave. El objetivo era analizar cómo estos estímulos afectaban su comportamiento y niveles de actividad.

FIG.088
Enriquecimiento del hábitat de los lémures durante el análisis
Caselli, M., Messeri, P., Dessì-Fulgheri, F., & Bandoli, F. (2022)
Enriching Zoo-Housed Ring-Tailed Lemurs (*Lemur catta*): Assessing the Influence of Three
Types of Environmental Enrichment on Behavior
Fotografía digital



Los tres tipos de enriquecimiento del análisis auditivo se definen a continuación: (E1) basado en alimentos; (E2) físico y (E3).

E1 consistió en dos cáscaras de coco (diámetro = 10 cm) unidas y colgadas en una rama con una cuerda (Figura a). Se ofrecieron seis cocos —uno para cada sujeto— que contenían un tercio de la dieta diaria. Cada cáscara tenía dos agujeros de 4 cm de diámetro para permitir que los animales alcanzaran la comida en su interior usando sus manos.

Como enriquecimiento físico (E2), se colocaron seis hamacas (24 cm x 60 cm) hechas de sacos de arpillera y colgadas en ramas y estructuras para trepar con una cuerda (Figura 1b).

Para el tercer tipo de enriquecimiento (E3), utilizamos la reproducción de llamados territoriales de siamangs (*Symphalangus syndactylus*) y monos aulladores (*Alouatta* spp.), reproducidos desde el archivo digital propiedad de la institución anfitriona.

Todos los enriquecimientos eran nuevos para los lémures. E1 y E2 se colocaron en el recinto exterior en diferentes ubicaciones inmediatamente antes del comienzo de la primera sesión de observación. La reproducción (E3) se realizó utilizando un amplificador portátil Mipron MA-101, colocado en la parte central del recinto exterior (Figura 1c) al inicio de cada sesión de observación (Caselli et al., 2022).

En este estudio, la categoría de comportamiento predominante en el presupuesto de tiempo de los lémures durante la fase de línea base fue el descanso, lo cual concuerda con datos obtenidos tanto en la naturaleza como en zoológicos (Koyama et al., 2001; O'Connor & Rasmussen, 2005; Sauther et al., 1999; Gould et al., 2003; Loudon et al., 2006, como citado en Caselli et al., 2022).

No obstante, en contraste con la hipótesis inicial, se encontró que los ejemplares dedicaban menos tiempo a descansar y más a la **locomoción** en comparación con estudios previos realizados en cautiverio (Loudon et al., 2006; O'Connor & Rasmussen, 2005, como citado en Caselli et al., 2022), con un nivel de actividad general similar al reportado para individuos en estado salvaje (Sauther et al., 1999; Gould et al., 2003, como citado en Caselli et al., 2022).

Estos resultados sugieren que el entorno proporcionado a los ejemplares, así como los estímulos dentro y alrededor de su recinto, fueron efectivos en promover comportamientos activos con posibles resultados positivos en su bienestar.

De hecho, los entornos que no satisfacen los requisitos específicos de la especie pueden generar condiciones de vida estresantes que afectan negativamente la salud física y mental de los animales, causando, por ejemplo, inactividad excesiva, comportamientos hiperagresivos y estereotipias (O'Connor & Rasmussen, 2005, como citado en Caselli et al., 2022). Los hallazgos también son respaldados por el porcentaje comparable de comportamientos exploratorios y de marcaje olfativo entre el grupo de estudio y los grupos en estado salvaje (Koyama et al., 2001, como citado en Caselli et al., 2022).

Esto resalta de manera contundente la importancia de añadir todos los elementos de enriquecimiento necesarios dentro del recinto a diseñar para poder promover un comportamiento adecuado y así mantener una buena salud física y mental de los ejemplares en cautiverio.

En su hábitat natural, los lémures de cola anillada suelen dedicar entre un 13% y 19% de su tiempo a desplazarse entre los sitios de alimentación preferidos y entre un 18% y 30% al forrajeo (Koyama et al., 2001, como citado en Caselli et al., 2022).

Como era de esperar, los sujetos del estudio dedicaron menos tiempo al forrajeo que sus congéneres en estado salvaje, como se ha encontrado en investigaciones previas realizadas en entornos de cautiverio (Loudon et al., 2006; O'Connor & Rasmussen, 2005, como citado en Caselli et al., 2022), lo que pone de manifiesto una falta generalizada de oportunidades de forrajeo específicas de la especie en los zoológicos.

Los resultados de este estudio, en consonancia con la literatura disponible, destacan la necesidad de aumentar la complejidad en la presentación de los alimentos en cautiverio para incrementar el tiempo dedicado a los patrones de comportamiento relacionados con el forrajeo (Koyama et al., 2001, como citado en Caselli et al., 2022).

La expresión de comportamientos relacionados con el estrés fue mayor entre semana que durante los fines de semana. Este resultado podría indicar un posible efecto positivo de la presencia de visitantes, ya que la mayoría de las visitas a la institución anfitriona se realizaban los fines de semana. Según la literatura disponible (O'Connor & Rasmussen, 2005, como citado en Caselli et al., 2022), los visitantes pueden ejercer un efecto neutral, negativo o positivo, dependiendo de la especie, el temperamento individual y las condiciones ambientales. Se sugieren más estudios que incluyan el registro del número de visitantes y los niveles de ruido asociados para clarificar el efecto de los visitantes en los patrones relacionados con el estrés.

La otra variable que afectó significativamente el número de comportamientos relacionados con el estrés fue la interacción entre la condición y la edad. Los resultados mostraron una disminución general de estos comportamientos con todos los tipos de enriquecimiento, con variaciones a nivel individual, lo que confirma la **influencia positiva de los enriquecimientos en el bienestar animal** (Caselli et al., 2022).

Curiosamente, los enriquecimientos auditivos no se utilizan comúnmente en los zoológicos. En una encuesta sobre prácticas de enriquecimiento llevada a cabo por Hoy et al. y que involucró a 60 zoológicos en 13 países, el 74% de los encuestados no utilizaba estímulos auditivos para mamíferos en cautiverio, a pesar de los resultados prometedores descritos en la literatura (Hoy et al., como citado en Caselli et al., 2022, 2022). Además, estudios previos tradicionalmente emplearon música o sonidos naturales (por ejemplo, sonidos de la selva tropical) o vocalizaciones de congéneres o depredadores.

Según el conocimiento de los autores, este es el primer estudio que utiliza reproducciones sonoras de especies de primates desconocidas para los individuos objetivo. Basado en los resultados, este tipo de estímulo parece ser útil para reducir patrones relacionados con el estrés, como también han destacado otros estudios en diversas especies de primates no humanos en cautiverio (Caselli et al., 2022, 2022).

Desde la filosofía del diseño biomimético se opta por tener una visión holística, en este caso añadir elementos sonoros es parte de esta visión puesto que comprendemos el diseño del espacio desde varias dimensiones o capas, visual, táctil, espacial, olfativa y sonora, e incluso añadir más capas dependiendo de la especie para la que se va a diseñar el espacio de cautiverio, es decir, si la especie posee receptores que los humanos no tenemos, deberíamos incluir elementos que promuevan el uso de estos receptores.

En la siguiente imagen podemos observar el uso de elementos de enriquecimiento motriz para fomentar los diferentes tipos de movimiento natural del Lémur Cola Anillada, el Zoológico de Guadalajara, Jalisco, México, opto por usar estructuras que alcancen las alturas a las que un lémur en estado salvaje está acostumbrado, estas estructuras de madera se disponen de forma vertical como soporte y horizontal para brindar diferentes niveles de altura donde los lémures pueden descansar como lo harían en la naturaleza. Así mismo se agregan cuerdas para conectar diferentes puntos, las cuerdas por su comportamiento brindan cierta inestabilidad lo cuál ocasiona que el ejemplar se desplace con más cuidado manteniendo el equilibrio, mismo efecto que causaría cualquier rama esbelta de un árbol.

FIG.089
Recinto de Lemur Cola Anillada en Zoo de Guadalajara
Fotografía de autor, 2024
Fotografía digital





El estudio concluye que los enriquecimientos ambientales son ampliamente utilizados por las instituciones zoológicas y deben ser cuidadosamente evaluados para asegurar que los animales reciban los estímulos apropiados que promuevan resultados positivos en su bienestar.

Este estudio confirmó la efectividad del enriquecimiento ambiental en la reducción de la aparición de patrones de comportamiento relacionados con el estrés (Caselli et al., 2022). La falta de variación en el comportamiento de forrajeo refuerza aún más la importancia de evaluar los estímulos proporcionados. Además, se destaca la necesidad de considerar las características del recinto y las preferencias individuales por ciertos tipos de alimentos al planificar un programa de enriquecimiento (Caselli et al., 2022).

En la siguiente imagen podemos observar el recinto de los lémures en el Zoológico de Guadalajara, este tiene la particularidad de ser un recinto caminable para el visitante donde se puede tener un cuento más íntimo con la especie, sin embargo esta decisión debió de estar acompañada de un buen uso del enriquecimiento dentro del recinto.

Este cuenta con varios niveles de altura para el descanso y uso de los ejemplares al mismo tiempo de zonas libres del bullicio de los visitantes quienes entran a través de un acceso controlado donde se establece un límite en el número de personas que acceden al mismo tiempo.

ANÁLISIS DEL SITIO

Este apartado describe el sitio físico del proyecto propuesto, centrándose en la evaluación del estado actual del recinto del Lémur Cola Anillada (Lemur catta) dentro del Parque Zoológico Benito Juárez, ubicado en Morelia, Michoacán. El análisis abarca tanto las condiciones específicas del hábitat existente como las características ambientales generales del área, con el propósito de identificar factores relevantes que influirán en el rediseño del espacio.

Se examinan aspectos como la precipitación anual, temperaturas, vientos predominantes y niveles de asoleamiento, los cuales son determinantes para el desarrollo de un hábitat que satisfaga las necesidades biológicas y conductuales de la especie. Además, se analizan las condiciones estructurales y funcionales del recinto actual, con énfasis en la calidad del espacio, los materiales empleados y los elementos de enriquecimiento ambiental.

Esta evaluación integral permitirá identificar las deficiencias existentes y establecer un punto de partida sólido para la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles, orientadas a mejorar el bienestar de los ejemplares y a promover la conservación de la biodiversidad.

Localización del Parque Zoológico Benito Juárez con relación a Morelia.

El parque se encuentra al suroeste del centro de la ciudad. Se alza al pie de la Loma de Santa María y representa uno de los principales pulmones verdes de la ciudad.

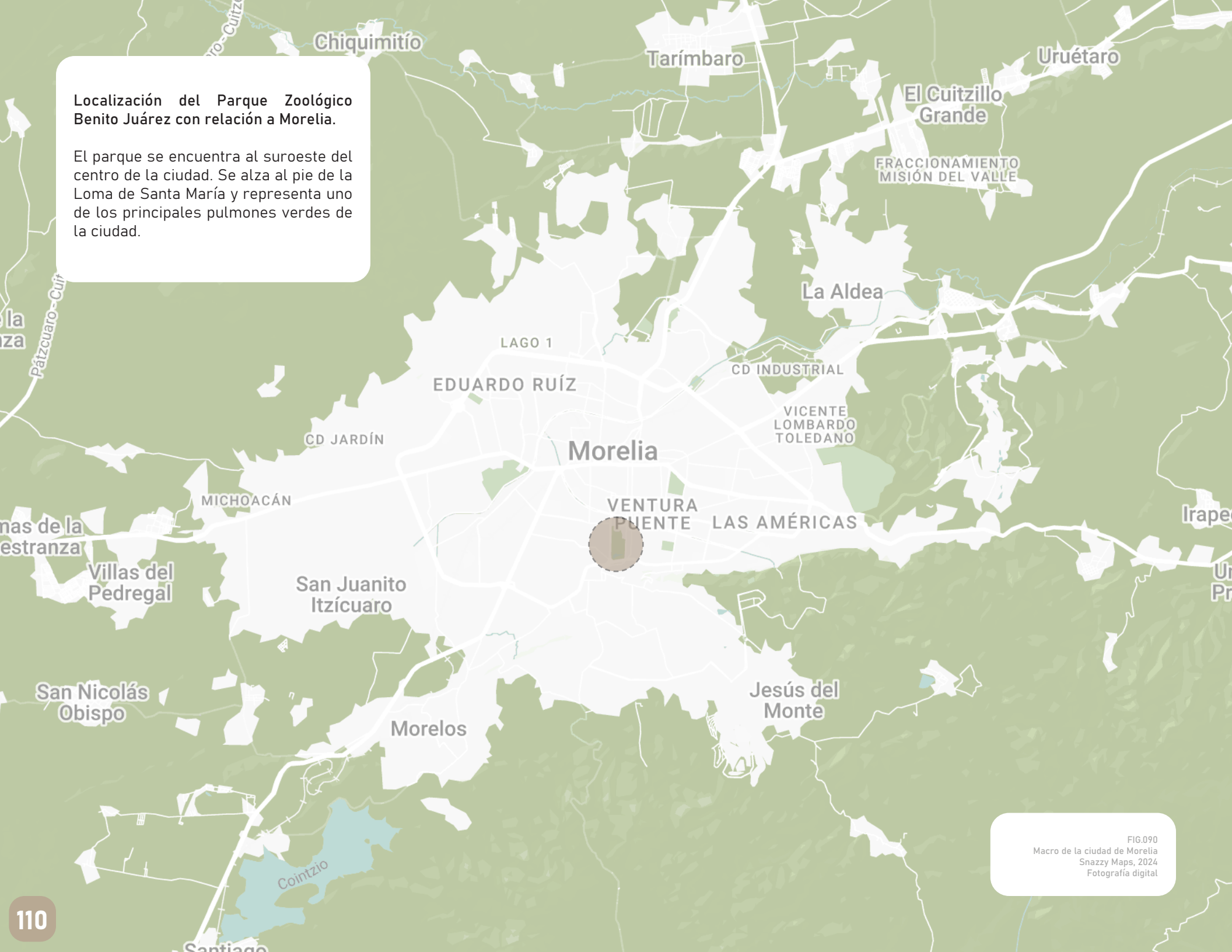


FIG.090
Macro de la ciudad de Morelia
Snazzy Maps, 2024
Fotografía digital

Debido al crecimiento de la ciudad en las décadas pasadas el zoológico ahora toma un lugar céntrico con respecto al resto de la ciudad. Este se vió delimitado por tres avenidas importantes de la ciudad.

Al oeste el parque es delimitado por la Calzada Benito Juárez donde se encuentra su acceso principal y al sur el Periférico Paseo de la República, mientras que al norte este fue reducido por la adición de zonas habitacionales y educativas, donde posteriormente se encuentra la Avenida Solidaridad del Río Chiquito de Morelia.

Finalmente al este se encuentra un acceso alternativo al zoológico por la Avenida Morelos Sur.



FIG.091
Entrada al Parque Juárez
Google Maps, 2022
Fotografía digital



FIG.092
Parque Juárez Periférico
Google Maps, 2022
Fotografía digital



FIG.093
Parque Juárez Av. Morelos
Google Maps, 2022
Fotografía digital



FIG.111
Micro de la ciudad de Morelia
Snazzy Maps, 2024
Fotografía digital

Localización actual del recinto del Lemur Cola Anillada dentro del zoológico.



FIG.094
Mapa del Parque Juárez
Esquema de autor, 2023
Mapa digital

ZONA DE PRIMATES ESTADO ACTUAL

Entrada



FIG.095
Entrada a zona de primates
Fotografía de autor 2024
Fotografía digital

Interior



FIG.096
Interior zona de primates
Fotografía de autor 2024
Fotografía digital

Recinto del Lemur Cola Anillada

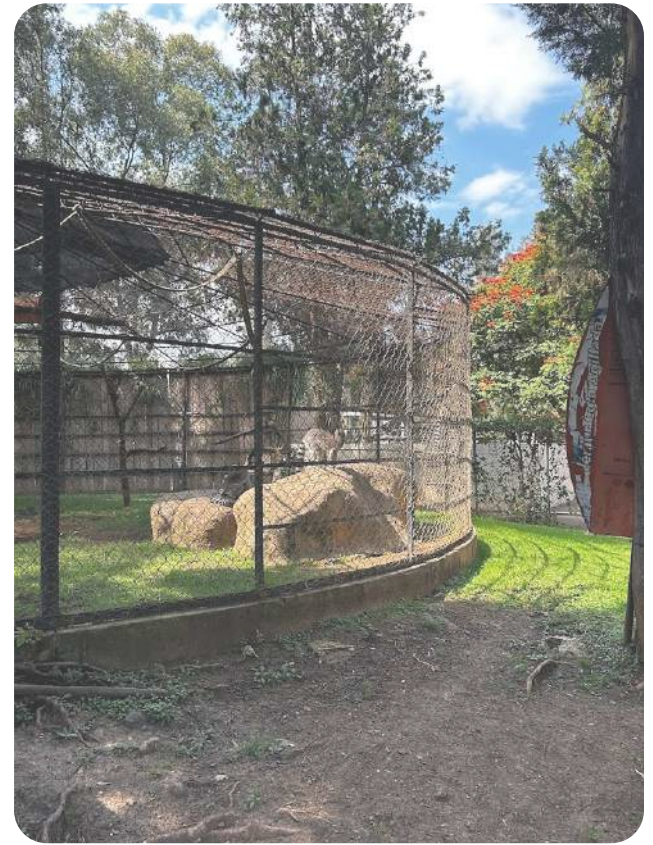
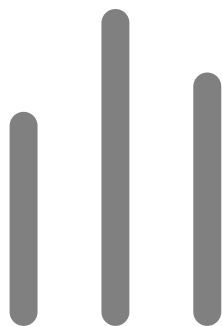


FIG.097
Recinto de Lemur Cola Anillada
Fotografía de autor 2024
Fotografía digital

PROBLEMÁTICA DEL RECINTO

El área de exhibición del Lemur Cola Anillada en el Parque Zoológico Benito Juárez presenta algunas deficiencias después de haber sido analizado y evaluado de acuerdo a la especie albergada.

A continuación una serie de aspectos señalados, los cuáles son áreas con oportunidad de mejora e implementación de estrategias de diseño.



Espacios de movilidad vertical



Estructuras de movilidad en altura



Zonas de privacidad



Fomento a la biodiversidad



Superficies rocosas y terrenos irregulares



Elementos educativos



Integración del diseño de paisaje



Zonas de forrajeo



Diseño accesible y universal



Estructuras adaptadas a la anatomía



Control de estrés



Territorialidad



Enriquecimiento sensorial



Integración de barreras
naturales

COMPARATIVA DE CLIMA MORELIA-MADAGASCAR

El siguiente análisis presenta tanto el clima de Morelia como el clima de dos de las regiones donde se encuentra la distribución natural del Lémur Cola Anillada en Madagascar. Esto con el fin de tomar mejores decisiones de diseño para brindar a la especie albergada un espacio que térmicamente sea adecuado para su buen desarrollo.

El Zoológico Benito Juárez de Morelia se encuentra en una región con un clima templado subhúmedo, caracterizado por variaciones estacionales que deben ser consideradas en el diseño y manejo de los hábitats.

Este capítulo analiza el clima de Morelia basado en los datos recientes proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2025) y explora las condiciones meteorológicas de la ciudad con el fin de fundamentar decisiones de diseño que favorezcan a los lémures, como la integración de zonas cálidas, sombra, vegetación adecuada y enriquecimientos que respondan a las condiciones térmicas del entorno.

A partir del análisis de las gráficas de temperatura del año 2020 a 2025 en Morelia, se pueden extraer varias conclusiones importantes sobre el comportamiento climático de la región y sus implicaciones en el diseño de los espacios dentro del Zoológico Benito Juárez.

Ambas gráficas muestran un patrón climático típico de un clima templado con temperaturas que aumentan considerablemente durante los meses de verano, entre junio y agosto, y descienden durante el invierno, principalmente de diciembre a febrero. Este comportamiento es consistente en ambos años, reflejando la estabilidad del clima en la región.

Podemos observar en la gráfica inferior el rango de temperaturas diarias registradas entre 2020 y 2025, el cual evidencia un comportamiento térmico mayormente moderado, con picos de calor notorios durante los meses de primavera (principalmente entre abril y mayo) y descensos significativos en invierno, sobre todo en las madrugadas de diciembre y enero.

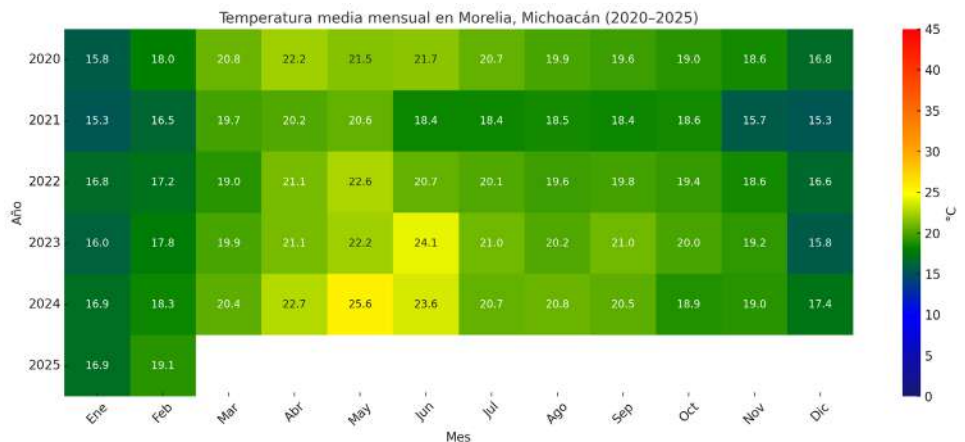


FIG.098
Temperatura diaria 2020-2025 de Morelia 2020-2025
Servicio Meteorológico Nacional, 2025
Gráfica digital de autor

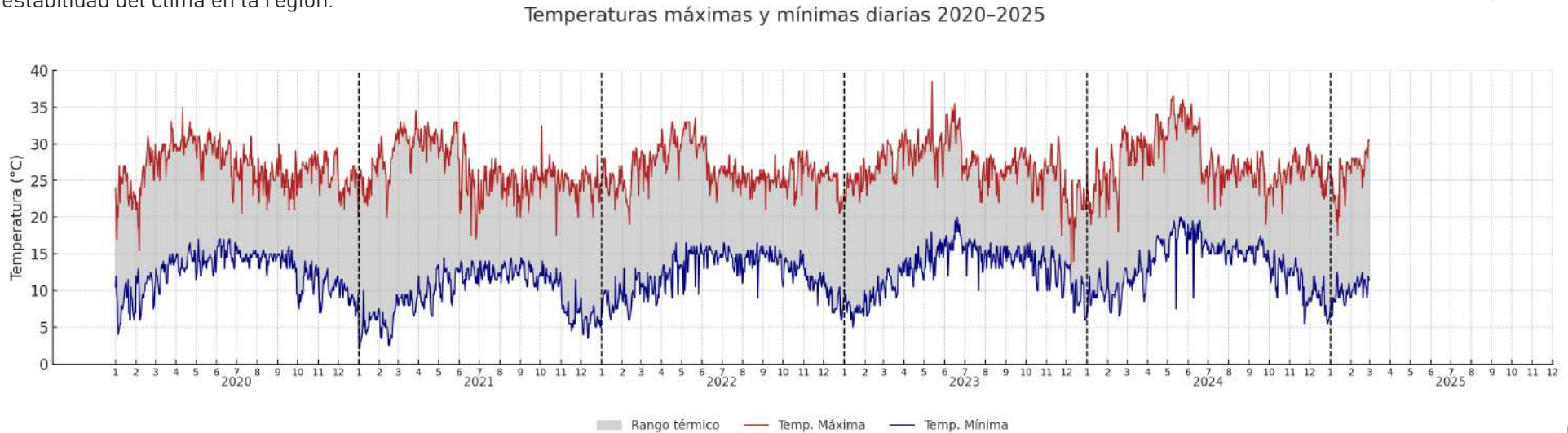


FIG.099
Temperatura diaria 2020-2025 de Morelia 2020-2025
Servicio Meteorológico Nacional, 2025
Gráfica digital de autor

Durante la primavera se observa que las temperaturas llegan a máximos promedios que rodean los 30° C, e incluso algunos picos máximos que superan este número. Lo cual subraya la necesidad de adoptar estrategias de diseño que permitan proporcionar sombra ventilación adecuada para estos momentos extremos.

Este punto es de vital importancia, ya que los picos de temperatura alta podrían representar serios riesgos para la salud de las especies albergadas. Tal como se ha mencionado previamente en este trabajo, los lémures son especies que pueden adaptarse a un amplio rango de temperaturas; sin embargo, los picos atípicos y extremos podrían tener graves consecuencias si no se toman en cuenta estos eventos climáticos en el futuro.

Por otra parte las temperaturas promedio mínimas se han mantenido por encima de los 0° C, lo cuál permite al diseño del hábitat ser un exhibidor al aire libre, sin protección alguna contra el frío. Sin embargo podría considerarse en el diseño del prototipo otorgar de puntos de calor para ayudar a combatir los picos de frío en el invierno.

Con la tendencia actual hacia climas más extremos cada año, es fundamental que el diseño y manejo de los hábitats consideren estas fluctuaciones para garantizar el bienestar de los animales y mitigar posibles impactos negativos sobre su salud.

Este comportamiento climático es un factor importante a considerar en el diseño del zoológico, ya que las zonas expuestas podrían requerir medidas adicionales para proteger tanto a los animales como a los visitantes de las condiciones más extremas durante las horas centrales del día.



FIG.100
Gráficas de temperaturas 2020-2025 de Morelia 2020-2025
Servicio Meteorológico Nacional, 2025
Gráfica digital de autor

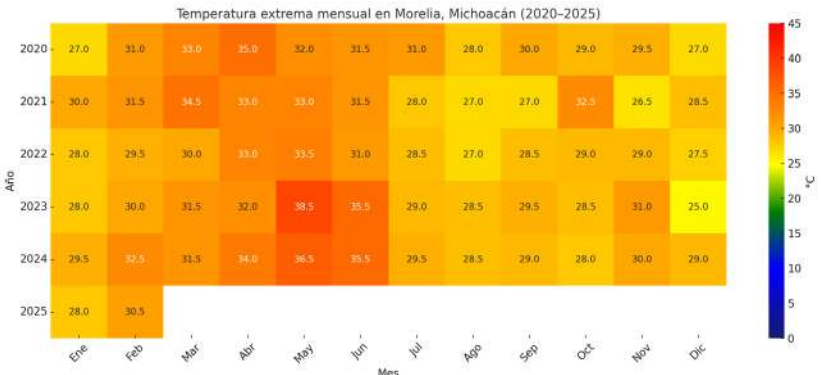


FIG.101
Gráficas de temperaturas 2020-2025 de Morelia 2020-2025
Servicio Meteorológico Nacional, 2025
Gráfica digital de autor

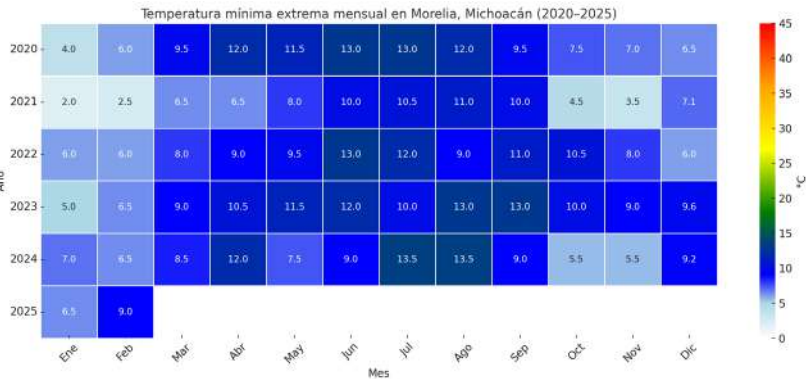


FIG.102
Gráficas de temperaturas 2020-2025 de Morelia 2020-2025
Servicio Meteorológico Nacional, 2025
Gráfica digital de autor

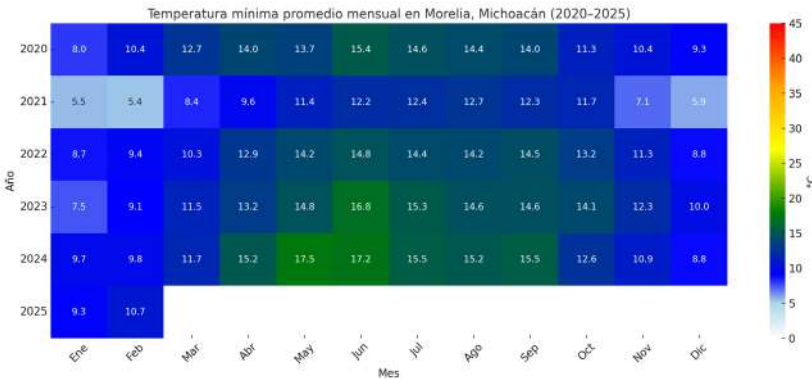
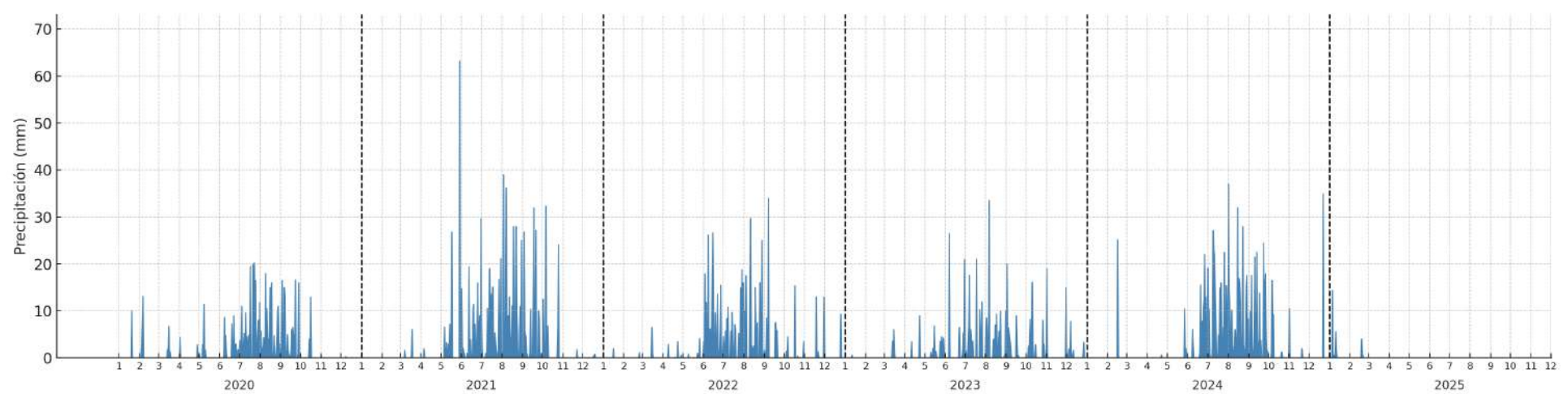


FIG.103
Gráficas de temperaturas 2020-2025 de Morelia 2020-2025
Servicio Meteorológico Nacional, 2025
Gráfica digital de autor

Precipitación diaria en Morelia, Michoacán (2020-2025)



Se presentan dos gráficas con datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) relativas a los mm de precipitación en Morelia. En ambas graficas podemos observar como los primeros meses del año (Enero Y Febrero) no suelen presentar lluvias intensas.

El análisis de la precipitación mensual en Morelia entre 2020 y 2025 revela un régimen de lluvias fuertemente estacional, con una marcada temporada seca de noviembre a abril y una temporada de lluvias que se concentra principalmente entre junio y septiembre. Durante estos meses, especialmente julio y agosto, se registran los picos más altos de precipitación, superando en algunos años los 250 mm mensuales.

En contraste, los meses secos suelen presentar acumulaciones inferiores a 10 mm. A lo largo del periodo analizado se observa una variabilidad interanual importante: años como 2021 y 2024 destacan por ser especialmente húmedos, mientras que 2020 fue relativamente más seco. Esta variación sugiere la influencia de fenómenos climáticos de mayor escala, como El Niño o La Niña.

Con los datos obtenidos en los maximos de precipitaciones podemos deducir que el diseño tanto del recinto de los lemures como el prototipo de su refugio debería estar preparado para eventos torrenciales.

Todos los enriquecimientos deberían ser capaces de soportar las lluvias intensas y el recinto en sí debe de contemplar futuras posibles inundaciones del zoológico.

FIG.104
Gráficas de temperaturas 2020-2025 de Morelia 2020-2025
Servicio Meteorológico Nacional, 2025
Gráfica digital de autor

Precipitación total mensual en Morelia, Michoacán (2020-2025)													
Año	2020 -	10.10	23.70	9.80	7.20	17.13	41.93	153.13	131.81	113.31	17.02	0.50	0.31
	2021 -	0.01	0.01	7.62	2.10	118.72	149.54	152.74	285.23	151.40	89.91	1.81	1.30
	2022 -	2.02	1.13	7.50	7.10	6.02	184.81	125.88	161.14	69.54	25.43	27.70	9.30
	2023 -	0.60	0.00	11.02	12.50	31.20	60.80	94.40	109.80	54.80	49.00	34.10	17.80
	2024 -	0.00	25.20	0.00	0.60	13.00	104.91	241.90	262.01	173.02	35.70	12.50	35.00
	2025 -	22.11	4.52										
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		Mes											

FIG.105
Gráficas de temperaturas 2020-2025 de Morelia 2020-2025
Servicio Meteorológico Nacional, 2025
Gráfica digital de autor

Es necesario, de igual manera, conocer el clima del hábitat natural del Lemur Cola Anil para establecer comparaciones relevantes con las condiciones ambientales de Morelia.

Madagascar se encuentra en el hemisferio sur, por lo que sus estaciones siguen un patrón austral: el verano ocurre de diciembre a febrero, coincidiendo con la temporada de lluvias, mientras que el invierno abarca de junio a agosto, periodo en el que se presenta la estación seca.

En este caso, se ha tomado como referencia las regiones de Fianarantsoa y Toliara, ubicadas en el suroeste de Madagascar, una región representativa por albergar poblaciones silvestres de esta especie. Analizar su clima permite identificar las adaptaciones térmicas del lémur y, con ello, fundamentar decisiones de diseño que busquen adaptar de forma contextualizada su entorno original dentro del zoológico de Morelia.

Ubicada a solo 7.84 metros sobre el nivel del mar, la ciudad de Toliara presenta un clima de estepa subtropical (clasificación BSh). Su temperatura media anual es de 26.89 °C, lo que representa un 3.01 % por encima del promedio nacional de Madagascar. En cuanto a precipitación, Toliara recibe en promedio 59.54 mm mensuales y presenta alrededor de 82.8 días lluviosos al año, equivalentes al 22.68 % del tiempo anual (Weather and Climate, s.f.).

Por su parte, Fianarantsoa se encuentra a una altitud considerablemente mayor: 1154.11 metros sobre el nivel del mar. Su clima es del tipo costa oeste marina con veranos cálidos (clasificación Cfb). La temperatura media anual es de 19.06 °C, lo que representa un 4.82 % por debajo del promedio nacional. Esta ciudad recibe aproximadamente 181.59 mm de precipitación mensual y tiene 190.18 días lluviosos al año, lo que equivale al 52.1 % del tiempo (Weather and Climate, s.f.).

Climate Toliara: Monthly Averages

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Nov	Oct	Dec	Year
Record high °C (°F)	37.0 (98.6)	36.0 (96.8)	35.0 (95.0)	36.0 (96.8)	34.0 (93.2)	30.0 (86.0)	30.0 (86.0)	32.0 (89.6)	34.0 (93.2)	36.0 (96.8)	36.0 (96.8)	35.0 (95.0)	37.0 (98.6)
Average high °C (°F)	31.76 (89.17)	31.47 (88.65)	31.55 (88.79)	30.51 (86.92)	28.4 (83.12)	27.08 (80.74)	26.16 (79.09)	27.19 (80.94)	28.85 (83.93)	29.7 (85.46)	30.71 (87.28)	31.28 (88.3)	29.55 (85.19)
Daily mean °C (°F)	29.57 (85.23)	29.2 (84.56)	29.04 (84.27)	27.7 (81.86)	25.57 (78.03)	24.21 (75.58)	23.25 (73.85)	24.19 (75.54)	25.78 (78.4)	27.01 (80.62)	28.14 (82.65)	29.01 (84.22)	26.89 (80.4)
Average low °C (°F)	26.16 (79.09)	25.73 (78.31)	25.28 (77.5)	23.87 (74.97)	21.77 (71.19)	20.52 (68.94)	19.37 (66.87)	20.06 (68.11)	21.32 (70.38)	22.94 (73.29)	23.99 (75.18)	25.13 (77.23)	23.01 (73.42)
Record low °C (°F)	22.0 (71.6)	22.0 (71.6)	20.0 (68.0)	19.0 (66.2)	17.0 (62.6)	17.0 (62.6)	15.0 (59.0)	14.0 (57.2)	15.0 (59.0)	18.0 (64.4)	19.0 (66.2)	19.0 (66.2)	14.0 (57.2)
Average precipitation mm (inches)	212.48 (8.37)	194.25 (7.65)	92.07 (3.62)	41.17 (1.62)	26.01 (1.02)	17.49 (0.69)	6.36 (0.25)	7.55 (0.3)	9.4 (0.37)	22.2 (0.87)	24.44 (0.96)	61.05 (2.4)	59.54 (2.34)
Average precipitation days (≥ 1.0 mm)	20.18	15.91	13.27	6.45	4.18	2.64	1.73	1.18	1.18	3.27	3.45	9.36	6.9
Average relative humidity (%)	69.39	70.43	69.96	68.09	65.89	63.99	62.27	62.93	62.55	65.03	64.67	68.05	66.1
Mean monthly sunshine hours	13.02	12.66	11.29	9.13	8.63	8.61	8.66	8.67	10.44	12.76	13.11	13.26	10.85

FIG.106
Gráficas climática anual de Toliara, Madagascar
Weather and Climate - The Global Historical Weather and Climate, 2025
DataGráfica digital

Climate Fianarantsoa: Monthly Averages

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Nov	Oct	Dec	Year
Record high °C (°F)	32.0 (89.6)	31.0 (87.8)	28.0 (82.4)	29.6 (84.2)	27.0 (80.6)	25.0 (77.0)	23.0 (73.4)	27.0 (80.6)	31.0 (87.8)	33.0 (91.4)	33.0 (91.4)	34.0 (93.2)	34.0 (93.2)
Average high °C (°F)	24.22 (75.6)	24.25 (75.65)	23.83 (74.89)	22.75 (72.95)	20.67 (69.21)	18.74 (65.73)	18.08 (64.54)	20.41 (68.74)	23.0 (73.4)	25.45 (77.81)	26.08 (78.94)	25.7 (78.26)	22.77 (72.99)
Daily mean °C (°F)	21.27 (70.29)	21.1 (69.98)	20.51 (68.92)	19.17 (66.51)	17.06 (62.71)	15.27 (59.49)	14.49 (58.08)	16.21 (61.18)	18.28 (64.9)	21.0 (69.8)	22.09 (71.76)	22.22 (72.0)	19.06 (66.31)
Average low °C (°F)	16.9 (62.42)	16.48 (61.66)	15.87 (60.57)	14.23 (57.61)	12.11 (53.8)	10.31 (50.56)	9.39 (48.9)	10.12 (50.22)	11.31 (52.36)	14.55 (58.19)	16.27 (61.29)	16.91 (62.44)	13.7 (56.66)
Record low °C (°F)	12.0 (53.6)	12.0 (53.6)	10.0 (50.0)	9.0 (48.2)	7.0 (44.6)	5.0 (41.0)	4.0 (39.2)	4.0 (39.2)	5.0 (41.0)	9.0 (48.2)	10.0 (50.0)	12.0 (53.6)	4.0 (39.2)
Average precipitation mm (inches)	495.76 (19.52)	343.9 (13.54)	307.93 (12.12)	81.12 (3.19)	55.09 (2.17)	30.15 (1.19)	15.19 (0.6)	16.35 (0.64)	18.01 (0.71)	126.91 (5.0)	293.27 (11.55)	395.37 (15.57)	181.59 (7.15)
Average precipitation days (≥ 1.0 mm)	27.55	24.91	25.64	16.27	12.64	5.36	3.27	5.09	4.0	17.0	22.27	26.18	15.85
Average relative humidity (%)	87.04	87.67	88.65	87.0	86.29	86.15	83.57	78.69	74.33	72.51	75.97	81.13	82.42
Mean monthly sunshine hours	11.76	11.67	10.89	8.04	7.89	7.63	7.89	8.32	10.81	11.23	12.63	12.66	10.12

FIG.107
Gráficas climática anual de Fianarantsoa, Madagascar
Weather and Climate - The Global Historical Weather and Climate, 2025
DataGráfica digital

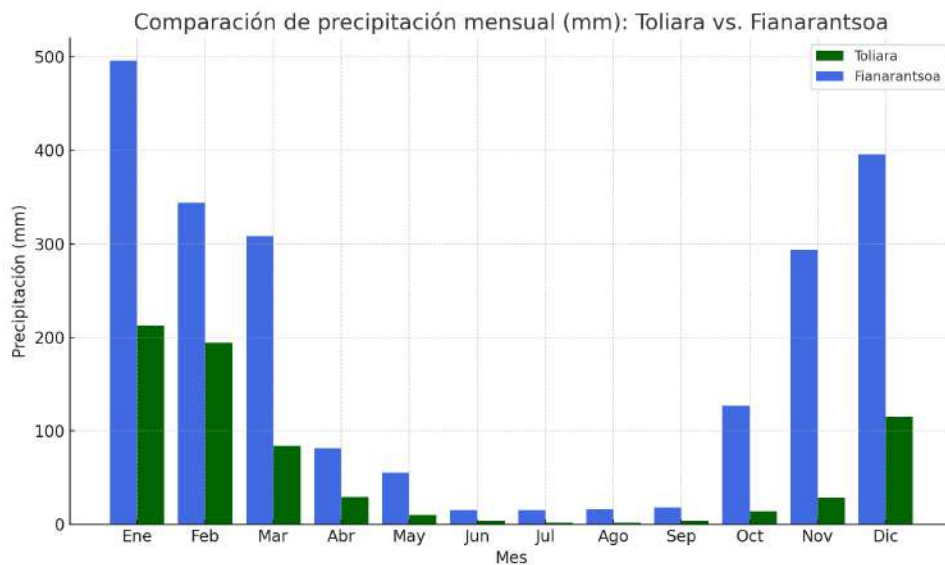


FIG.108
Gráfica comparativa de precipitación de Fianarantsoa y Toliara, Madagascar
Weather and Climate - The Global Historical Weather and Climate, 2025

DataGráfica digital

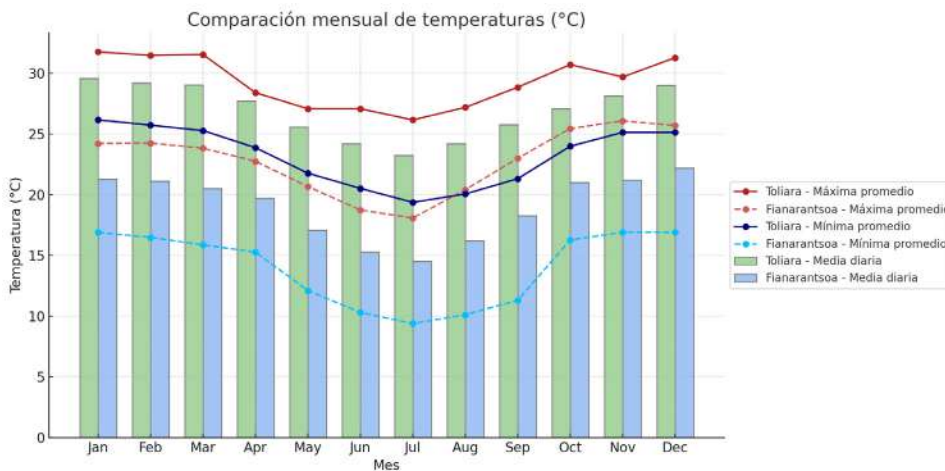


FIG.109
Gráfica comparativa de temperatura de Fianarantsoa y Toliara, Madagascar
Weather and Climate - The Global Historical Weather and Climate, 2025

DataGráfica digital

En las gráficas comparativas correspondientes a las zonas de distribución natural del Lemur catta (lémur cola anillada), se evidencia una diferencia climática marcada entre ambas regiones.

Comenzando por la precipitación anual, se observa que la región de Fianarantsoa recibe una cantidad considerablemente mayor de lluvia que Toliara. Este contraste refleja las condiciones ambientales en las que esta especie ha evolucionado, destacando su capacidad de adaptación a climas áridos, con lluvias escasas y estacionales, como las que predominan en el suroeste de Madagascar.

Por otra parte, la comparativa de temperaturas muestra un rango promedio diario anual con una diferencia cercana a los 8–10 °C entre ambas regiones. Mientras que Toliara mantiene temperaturas elevadas durante todo el año.

Con medias diarias cercanas a los 27 °C, Fianarantsoa presenta un clima más templado, con medias alrededor de los 19 °C e inviernos significativamente más frescos.

Los máximos promedios suelen sobrepasar los 30° en la región de Fianarantsoa mientras que en Toliara no suelen pasar de este límite. Se demuestra una marcada diferencia entre ambas regiones.

Las gráficas de temperatura permiten observar que el Lemur Cola Anillada es capaz de habitar en regiones donde las temperaturas oscilan entre los 10 °C en las noches frías y más de 30 °C durante el día.

Esta amplitud térmica sugiere una notable capacidad de adaptación climática, aunque con una clara preferencia por entornos cálidos y secos, como los que predominan en el suroeste de Madagascar.

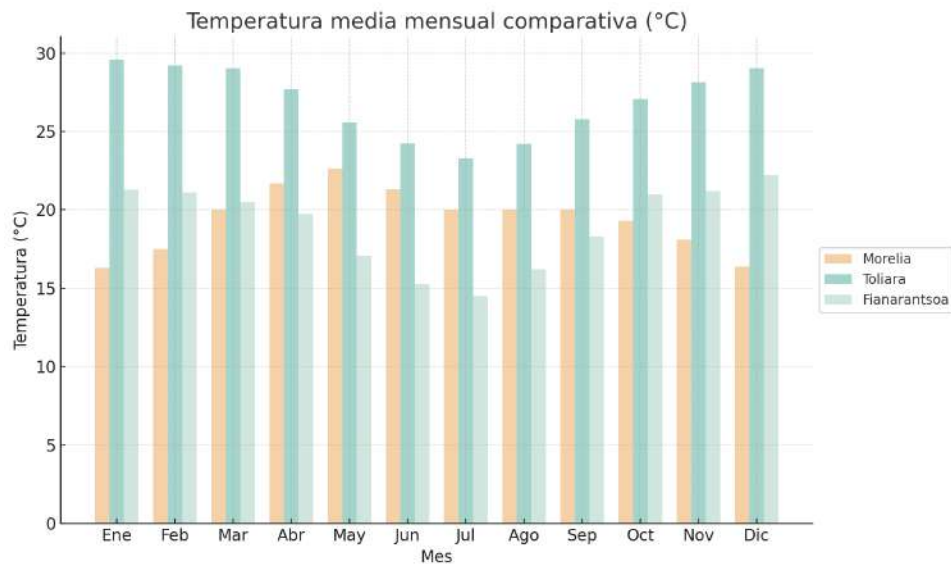


FIG.110
Gráfica comparativa de temperatura anual entre Morelia y Madagascar
Weather and Climate, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Data Gráfica digital de autor.

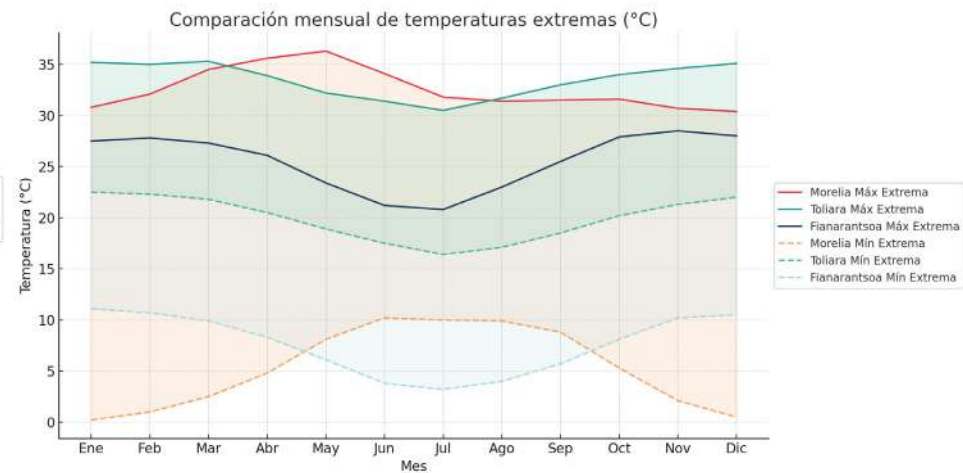


FIG.112
Gráfica comparativa de temperaturas extremas anuales entre Morelia y Madagascar
Weather and Climate, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Data Gráfica digital de autor.

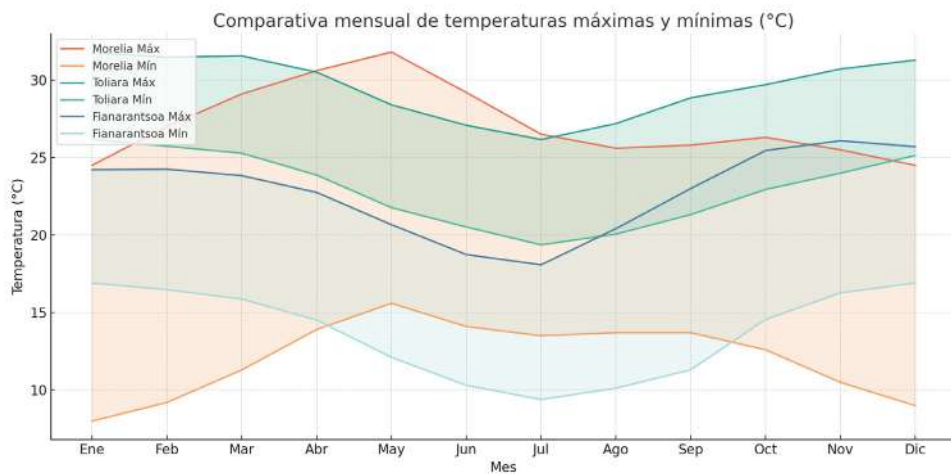


FIG.111
Gráfica comparativa de temperatura máximas y mínimas anuales entre Morelia y Madagascar
Weather and Climate, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Data Gráfica digital de autor.

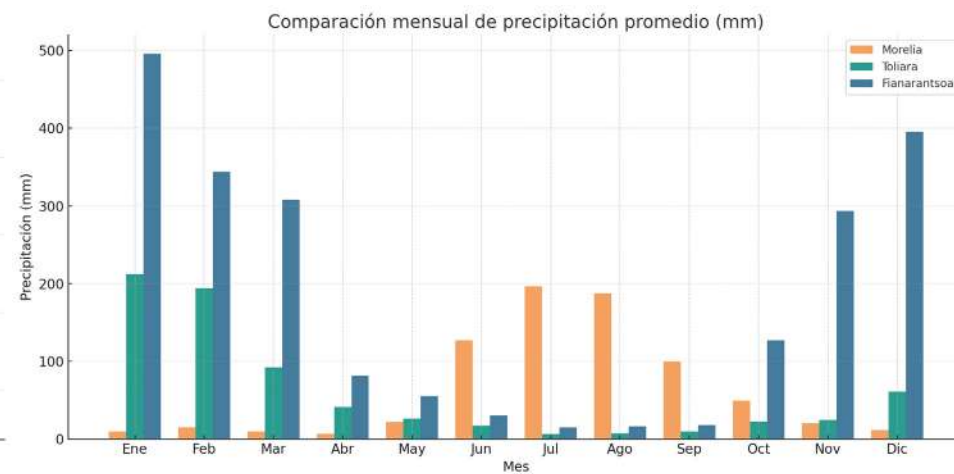


FIG.113
Gráfica comparativa de precipitación anual entre Morelia y Madagascar
Weather and Climate, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Data Gráfica digital de autor.

Conclusión

Las gráficas comparativas muestran las marcadas diferencias climáticas entre ambas regiones del mundo.

Por un lado, Madagascar presenta un régimen climático típicamente austral, donde las lluvias se concentran entre noviembre y marzo, especialmente en regiones como Fianarantsoa, que alcanza niveles superiores a los 400 mm mensuales. En contraste, Toliara mantiene un perfil semiárido, con lluvias muy escasas fuera del verano y temperaturas elevadas durante todo el año, superando los 30 °C en varios meses.

Por otro lado, Morelia refleja un clima boreal y templado subhúmedo, con lluvias concentradas en verano y parte de otoño (junio–octubre) y una oscilación térmica más amplia, que va desde mínimas cercanas a 0 °C en invierno hasta máximas superiores a 35 °C en los meses más cálidos.

En cuanto a las temperaturas, notamos que hay un rango de medias de aproximadamente 10 °C entre las regiones comparadas: Toliara se mantiene cálida durante todo el año, con temperaturas medias mensuales entre 23 °C y 30 °C, mientras que Fianarantsoa es considerablemente más fresca, con valores que oscilan entre 14 °C y 22 °C. Morelia, por su parte, presenta un perfil intermedio, con medias que van de 16 °C a 23 °C, dependiendo de la estación.

En términos de rango térmico, Morelia se distingue por tener una oscilación más amplia tanto en sus temperaturas medias, como en sus extremos térmicos.

La temperatura media mensual en Morelia varía aproximadamente entre 16 °C y 23 °C, mientras que en Toliara se mantiene elevada, oscilando entre 23 °C y 30 °C, y en Fianarantsoa fluctúa entre 14 °C y 22 °C. Si analizamos las temperaturas máximas promedio, Morelia alcanza picos de hasta 32 °C, similares a los de Toliara, pero sus mínimas promedio descienden hasta 8 °C, a diferencia de Toliara, donde las mínimas rara vez bajan de 20 °C. Fianarantsoa, por su parte, presenta las mínimas más bajas, descendiendo incluso a 9 °C o menos en invierno, lo cuál indica un similar con Morelia.

En cuanto a los extremos registrados, las máximas de Morelia han alcanzado temperaturas superiores a los 34° C, de la misma manera que Toliara. Fianarantsoa por su parte tiene como límite máximo justamente los 34°. En las mínimas encontramos que Morelia ha llegado a una temperatura mínima extrema mensual de 2°C, situación que no se ha presentado en la región de Toliara y muy cercana a Fianarantsoa con 4°C como temperatura mínima extrema.

En cuanto a las precipitaciones, las diferencias entre Morelia y las regiones del sur de Madagascar son especialmente notables. Fianarantsoa presenta un régimen altamente lluvioso, con precipitaciones anuales que superan los 2,100 mm, concentradas principalmente durante el verano austral (noviembre a marzo), alcanzando picos de hasta 495 mm mensuales. Por el contrario, Toliara mantiene un perfil semiárido, con una precipitación anual que apenas ronda los 700–750 mm, y con varios meses casi secos, especialmente entre mayo y septiembre.

Morelia, en cambio, muestra un patrón boreal, con lluvias concentradas durante el verano y parte de otoño (junio a octubre) y una media anual aproximada de 1050 mm. Aunque esto la coloca más cerca de Toliara en cantidad total, su estacionalidad es opuesta, y sus picos máximos no alcanzan los niveles extremos de Fianarantsoa.

Como conclusión podemos asegurar que dado a el clima no extremo de Morelia, es posible adaptar un recinto que no necesite de adaptaciones térmicas importantes como un domo térmico. De hecho el clima de esta ciudad es altamente apto para esta especie que en sí es una especie con una amplia adaptación a diferentes temperaturas.

En cuanto a los picos de frío es importante resaltar que a diferencia de Madagascar, en Morelia es necesario cuidar estos momentos por lo cuál en ciertos días del año cuando las temperaturas lleguen cercanas a los 0° por las madrugadas es pertinente disponer de dispositivos de calefacción.

Las lluvias presentan un contraste muy marcado entre las regiones africanas analizadas: mientras Fianarantsoa es altamente húmeda, Toliara es casi árida. Por ello, podemos concluir que en Morelia, donde la precipitación anual se mantiene en un nivel intermedio, las lluvias no deberían representar un problema para la especie, siempre que se apliquen estrategias básicas de drenaje y control de humedad.

Proyecto de diseño

PAUTAS/METAS DE DISEÑO

Las pautas de diseño presentadas en este capítulo surgen como una síntesis de los hallazgos obtenidos a lo largo del desarrollo de esta investigación. Cada una de ellas se fundamenta en los análisis previos realizados en relación con la historia de los zoológicos, la historia del Parque Zoológico Benito Juárez, la filosofía del diseño biomimético, la filosofía de los zoológicos, la ética animal, las normativas vigentes, y la biología de la especie *Lemur catta*.

Este conjunto de directrices busca integrar los conocimientos adquiridos en cada una de estas áreas, con el fin de establecer un marco que guíe el rediseño del hábitat del Lémur Cola Anillada, optimizando su bienestar y asegurando que el entorno creado no solo sea funcional, sino también sostenible y respetuoso con las necesidades naturales de la especie. Las pautas aquí recopiladas incluyen dimensiones del espacio, requerimientos específicos para el fomento de comportamientos naturales, y la implementación de tecnologías sostenibles que contribuyan tanto a la conservación de la biodiversidad como a la educación ambiental de los visitantes.

Pautas de diseño relacionadas con el contexto histórico y visión contemporánea de los zoológicos.



Espacios abiertos y naturales

Recintos que imiten el hábitat natural del animal, evitando estructuras artificiales cerradas que evoquen confinamiento.



Promoción del comportamiento natural

Diseñar dispositivos que promuevan el movimiento natural, como árboles artificiales, plataformas elevadas o áreas de escalada.



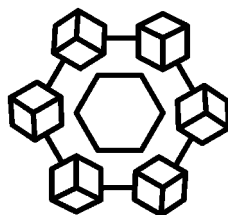
Zonas de refugio y privacidad

Incluir áreas donde los animales puedan retirarse del contacto visual con los visitantes, respetando su necesidad de tranquilidad.



Zonas de refugio y privacidad

Incluir áreas donde los animales puedan retirarse del contacto visual con los visitantes, respetando su necesidad de tranquilidad.



Recintos flexibles y modulares

Crear espacios que puedan adaptarse a las necesidades cambiantes de los animales y los programas de conservación.



Circuitos educativos

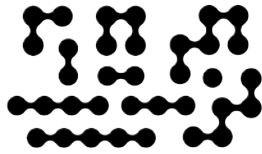
Integrar caminos y zonas de observación con información interactiva, promoviendo el aprendizaje continuo para los visitantes.



Diseño accesible y universal

Asegurar que los espacios sean inclusivos, con accesos para personas con movilidad reducida y espacios que faciliten la experiencia sensorial y educativa para todo tipo de público.

Pautas de diseño basadas en la Filosofía del Diseño Biomimético



Optimización de estructura y materiales

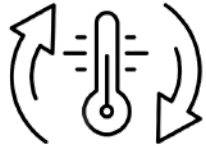
Pensar el recinto de manera sostenible significa seguir la lógica: más resitencia, menos estructura y material.



Emulación de la naturaleza
Recintos que imiten el hábitat natural del Lemur Catta. Emulación a nivel forma, proceso y sistema.



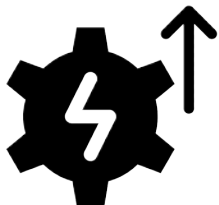
Integración al ciclo natural
El recinto funcionará como un sistema de cero emisiones y cero desperdicio, cada elemento debe ser pensado para un ciclo natural.



Autorregulable
El diseño debería autorregular y generar condiciones de confort óptimo para la especie y los visitantes.



Fomento a la biodiversidad
Integrar la diversidad natural en el diseño, tanto con elementos naturales como artificiales que emulen la diversidad natural.



Optimización de energía
El recinto debe ser capaz de autorregular su temperatura interna sin necesidad de sistemas mecánicos o electricos.



Adaptabilidad local
Usar procesos y materiales locales en la construcción - mantenimiento y reciclado.

Pautas de diseño basadas en el análisis del caso análogo del Zoológico de San Diego.



Zonas de observación

Proveer al visitante de un espacio cómodo que invite a observar y admirar a la especie por un tiempo prolongado.



Integración del diseño de paisaje

Incorporar vegetación y características del paisaje que no solo sirvan de decoración, sino que también proporcionen sombra y espacios funcionales para los animales, una práctica utilizada en San Diego.



Integración de barreras naturales

Siempre que sea posible usar elementos naturales como fosos, vegetación densa o cuerpos de agua en lugar de barreras físicas evidentes para separar a los visitantes de los animales.



Enriquecimiento sensorial

Incorporar elementos que estimulen los sentidos de los lémures, como sonidos naturales, fuentes de agua en movimiento, y texturas variadas que imiten las de su hábitat



Espacios temáticos contextualizados

Diseñar el hábitat con una temática visual que imite el entorno natural de Madagascar, utilizando vegetación nativa y elementos que reflejen el paisaje natural.



Educación interactiva para los visitantes

Implementar estaciones educativas que ofrezcan a los visitantes información en tiempo real sobre el comportamiento del lémur, usando tecnología interactiva o multimedia, inspirada en las exhibiciones interactivas de San Diego.



Estructuras adaptadas a la anatomía

Todas las estructuras de uso para los lémures, deben estar hechas a su medida.



Manos y pies prensiles

Proporcionar superficies que los lémures puedan agarrar fácilmente, como ramas flexibles y superficies rugosas, que promuevan el uso de sus manos y pies prensiles para trepar y moverse, favoreciendo comportamientos naturales de exploración.



Superficies rocosas y terrenos irregulares

Incorporar terrenos con diferentes niveles y texturas rocosas que simulen las áreas secas y pedregosas de Madagascar, permitiendo que los lémures exploren, trepen y se desplacen de manera similar a su entorno natural.

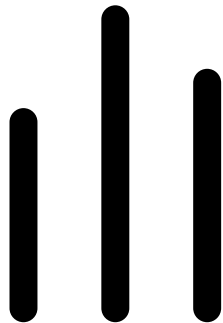


Zonas de forrajeo

Crear zonas que simulen el comportamiento de forrajeo natural, dispersando alimentos comestibles como frutas y hojas dentro del recinto, imitando el entorno donde los lémures buscan comida en la naturaleza.

Territorialidad

Delimitar áreas dentro del recinto para que los lémures establezcan territorios individuales o grupales, evitando superposiciones y minimizando conflictos entre ellos, como ocurre en su hábitat natural donde respetan áreas definidas.



Espacios de movilidad vertical

Los lémures son animales arbóreos, por lo que es crucial diseñar estructuras verticales, como plataformas y ramas a diferentes alturas, que les permitan escalar y moverse como lo harían en la naturaleza.



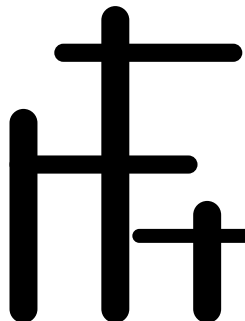
Refugios naturales

Diseñar refugios que simulen cavidades en árboles o pequeñas cuevas, proporcionando a los lémures áreas seguras para descansar y protegerse del clima, replicando los refugios naturales que utilizarían en su hábitat.



Estimulación física y mental

Incorporar elementos de enriquecimiento, como cuerdas y ramas móviles, que promuevan el ejercicio físico y mantengan a los lémures mentalmente activos, simulando los desafíos que enfrentarían en su hábitat natural.



Estructuras de movilidad en altura

Incorporar plataformas y ramas a diferentes alturas que permitan a los lémures desplazarse verticalmente, emulando su comportamiento en los bosques, donde son animales arbóreos que trepan y saltan entre árboles.

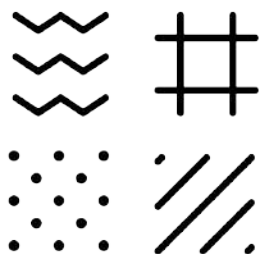


Exposición al sol

Proporcionar áreas soleadas donde los lémures puedan tomar el sol para regular su temperatura corporal, un comportamiento común en su hábitat nativo que también contribuye a su salud ósea.

Pautas de diseño basadas en la biología y el manejo del Lémur Cola Anillada (*Lemur Catta*)

Pautas de diseño basadas en las normativas nacionales e internacionales.



Variedad de texturas y superficies

Utilizar diferentes texturas, superficies y colores que simulen su entorno natural.



Control de estrés

Diseñar refugios visuales y barreras naturales que permitan a los lémures retirarse del contacto constante con los visitantes, reduciendo el estrés y proporcionando un entorno más tranquilo y relajado para ellos.



Acceso controlado para el personal

Zonas restringidas de acceso exclusivo para el personal capacitado, que faciliten el manejo seguro de los animales, permitiendo la alimentación, limpieza, y atención veterinaria sin contacto directo que pueda poner en riesgo al personal.



Sistemas de captura y transporte

Instalaciones y equipos adecuados para la captura y traslado de los animales en situaciones de emergencia o cuando requieren atención veterinaria, minimizando el estrés y el riesgo de lesiones tanto para el animal como para el personal.



Elementos de seguridad

Vidrios, vallas y mallas que aseguren la contención segura de los animales y la protección de los visitantes, resistentes a impactos y desgaste. Deben permitir buena visibilidad sin reflejos que estresen a los animales ni comprometan la seguridad.



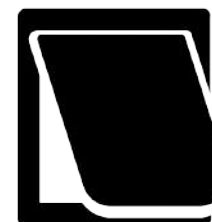
Fácil limpieza

Contar con pisos, paredes, puertas, techos y mobiliario de fácil limpieza y que eviten acumulación de agua y polvo, en caso de que los recintos cuenten con casa de noche.



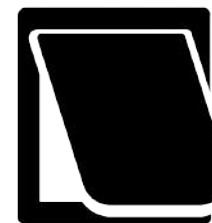
Pisos antiderrapantes

Contar con pisos antiderrapantes o de textura no abrasiva, para evitar que los animales resbalen o se lastimen.



Puertas seguras

Contar con puertas de acceso al recinto que abran hacia adentro del mismo, que se permita una visibilidad total al interior contando con un mecanismo que detenga al paso del animal o persona.



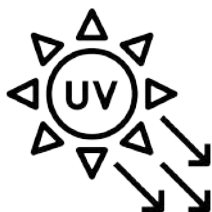
Puertas de emergencia

Garantizar que las puertas permitan en todo momento su apertura o cierre correctamente, verificando que en ningún momento el mecanismo represente un riesgo para los animales.



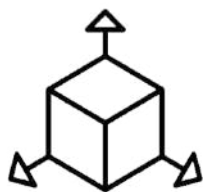
Trampas de seguridad

Para evitar el acceso de roedores



Luz natural

Proporcionar acceso adecuado a la luz solar, fundamental para el bienestar animal y la fijación de vitamina D. Debe permitir la regulación térmica y fomentar comportamientos naturales, sin generar sobrecalentamiento o estrés.



Dimensiones

Se recomienda que las medidas adecuadas son: 19.6 m de largo, 14.1 m de ancho y 9.4 m o más de altura para al menos 10 ejemplares. Estas dimensiones permiten un desplazamiento adecuado y actividades naturales como balancearse, brincar y trepar.



Protección de lluvia

Incorporar áreas cubiertas o refugios que protejan a los animales de la lluvia, evitando la exposición prolongada que pueda ocasionar problemas de salud, como infecciones respiratorias o estrés por condiciones climáticas adversas.



Sombra disponible

Refugio contra los rayos del sol durante todo el día.



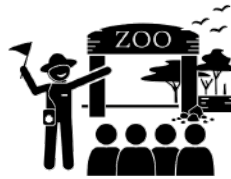
Protección contra el frío en casa de noche

Indispensable el uso de sustratos que se usen como enriquecimiento para el área de descanso.

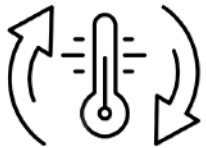
Zonas de observación
Áreas cómodas y atractivas para los visitantes.



Protección contra el frío
Incorporar refugios cerrados con materiales aislantes en las áreas de descanso para proteger a los animales de las bajas temperaturas (5°C a 8°C) durante las mañanas invernales, evitando problemas de salud por frío.



Recorrido educativo
Integrar métodos interactivos y puntos de información que expliquen el comportamiento de los lémures, su hábitat natural y los esfuerzos de conservación. Esto crea una experiencia educativa que atrae tanto a familias como a grupos escolares.



Autorregulación térmica
Incluir estructuras y estrategias que generen un microclima agradable para la especie en los picos de calor en la primavera y el verano.



Miradores elevados
Crear plataformas elevadas que permitan a los visitantes observar a los lémures desde diferentes ángulos y alturas, dándoles una perspectiva de la vida arbórea.

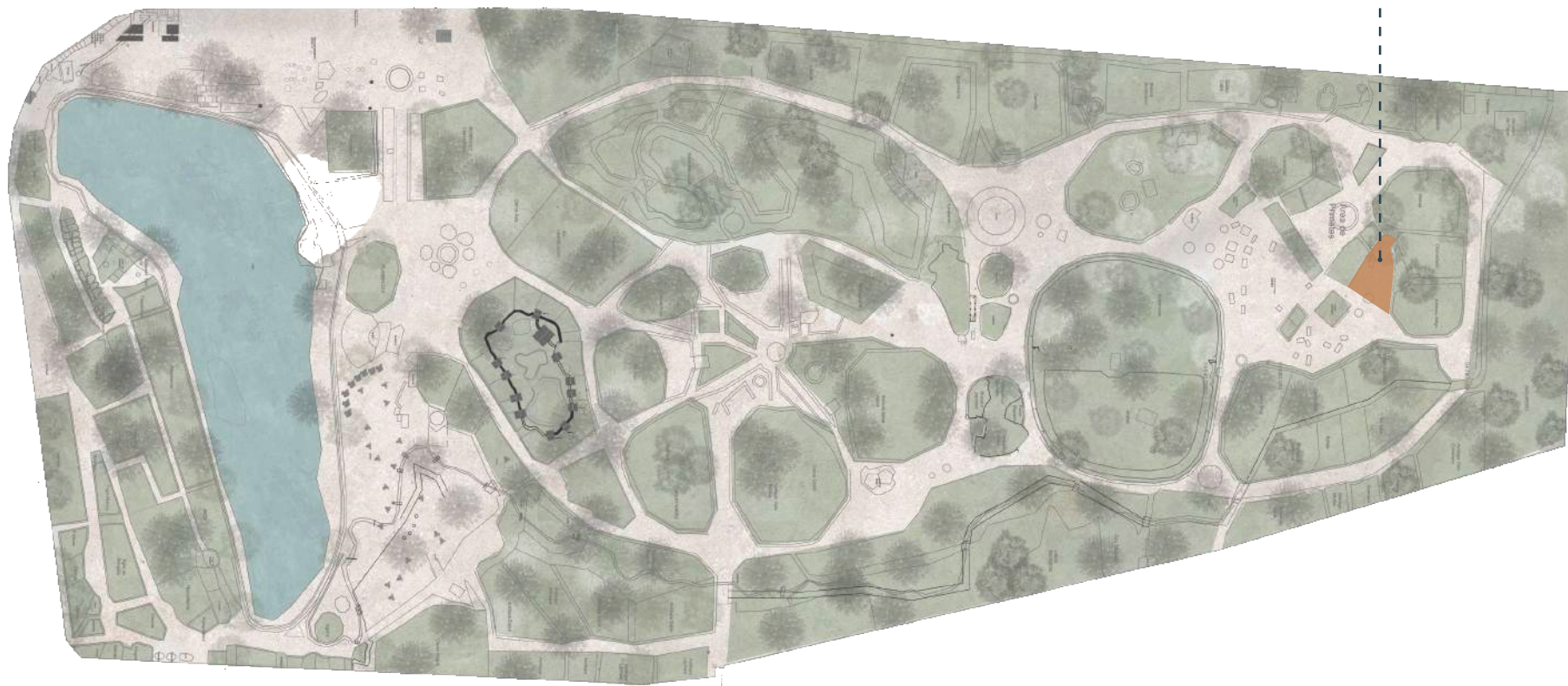


Protección contra lluvias intensas
Instalar techos parciales o cubiertas inclinadas que protejan a los lémures de las lluvias intensas en temporada, manteniéndolos secos.

ELECCIÓN DE ESPACIO

FIG.114
Mapa del Zoológico de Morelia
Gráfica digital de autor.

Localización propuesta.



La elección del terreno es una decisión basada en condicionantes relativas a la distribución de las familias de especies dentro del zoológico, así como la composición del mismo. Una de las mayores condicionantes es la cuestión sanitaria, para mantener una buena salud de las especies dentro del recinto se procura tener especies emparentadas en espacios adyacentes, en el caso del Lemur Cola Anillada, la especie se encuentra dentro del espacio dedicado únicamente a pequeños primates, debido a esto el espacio de relocación está completamente condicionado a esta zona del zoológico.

Según el MVZ. Oscar González, director del área de Etología del Zoológico Benito Juárez, el mejor lugar para el recinto de los lémures sería en la zona indicada en el mapa, considerando que esta zona del parque en específico representa un área residual entre los senderos del parque (Comunicación personal 12 de Octubre de 2024).



Estado físico del espacio propuesto en Octubre de 2024.

FIG.115
Zóna de proyecto propuesta
Fotografía de autor 2024

Propuesta de diseño

FIG.116
Propuesta recinto de Lemures Morelia
Render de autor 2024



DROMEDARIO

ANTÍLOPE NILLGO

ZONA ACCESO A VISITANTES

OBSERVATORIO

ZONA PRIVADA

GUARIDA

TREPADORES

GUARIDA

TREPADORES

TREPADORES

BURBUJA DE
AIRE (SALIDA)

ÁREA DE
PEQUEÑOS
PRIMATES





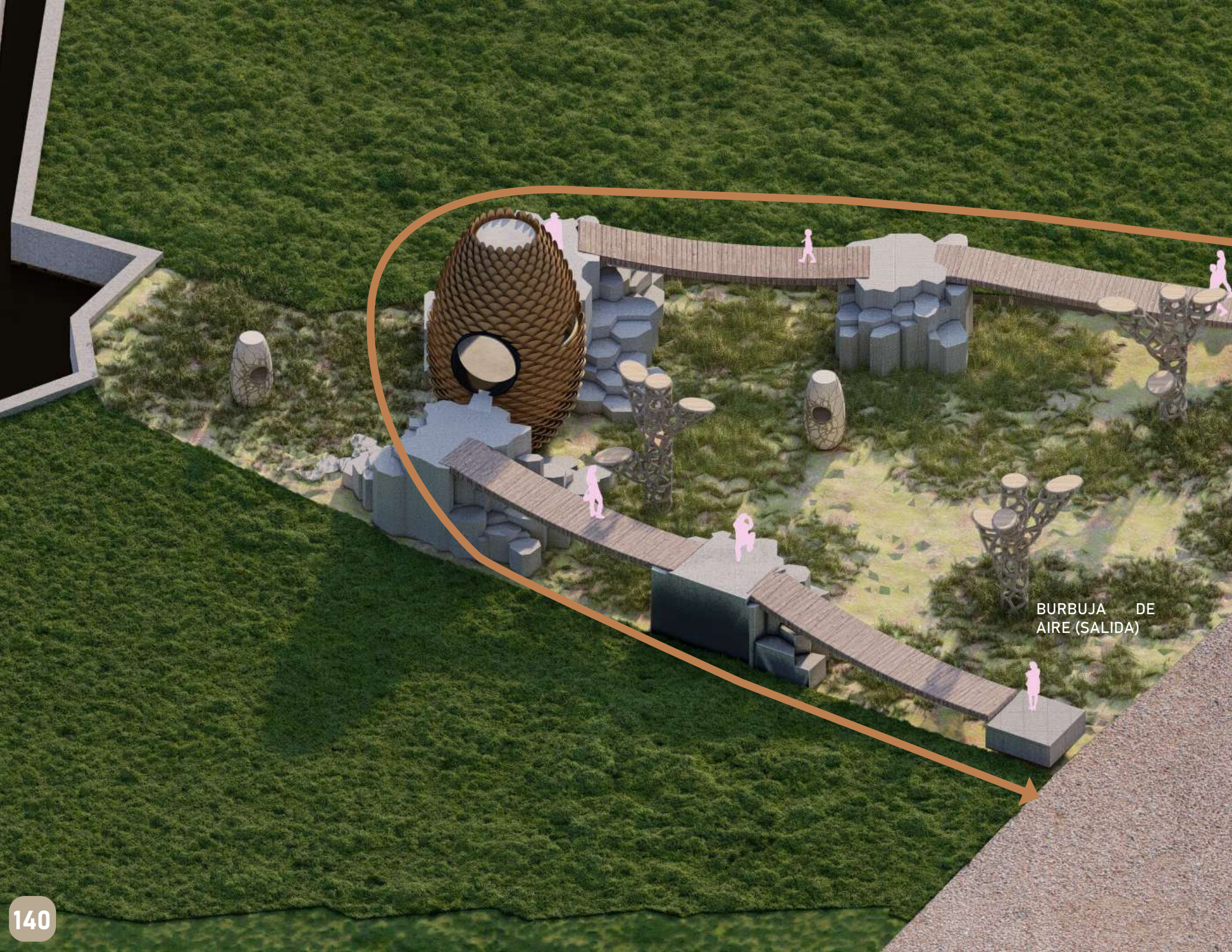
BURBUJA DE
AIRE (ACCESO)

ZONA DE APRENDIZAJE Y
OBSERVACIÓN (EN DESARROLLO)

PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN

Proyecto en desarrollo, imagen de referencia no es el proyecto final.

FIG.117
Propuesta recinto de Lemures Morelia
Render de autor 2024



BURBUJA DE
AIRE (SALIDA)



BURBUJA DE
AIRE (ACCESO)

ZONA DE APRENDIZAJE Y
OBSERVACIÓN (EN DESARROLLO)

CIRCULACIÓN

Acercar al visitante hacia una experiencia más íntima con los ejemplares es posible cuando se trata del Lemur Cola Anillada. Una de las peculiaridades de esta especie es la manera en que estos reaccionan ante la presencia humana, pues si bien los ejemplares pueden llegar a estresarse ante ciertas situaciones, la presencia de humanos a una corta distancia no representa un problema mayor. Esta cualidad ha sido aprovechada en zoológicos alrededor del mundo.

Un ejemplo de ellos es el zoológico de Guadalajara, donde el hábitat de los Lemures es un recorrido guiado mediante un puente de madera por dentro de la misma exhibición. Los ejemplares cuentan con un espacio de amplias dimensiones verticales y horizontales por lo cuál la sensación de hacinamiento y proximidad con el visitante se desvanece entre los metros cúbicos de aire, la vegetación y el enriquecimiento del sitio.

Bajo esta premisa el dotar a este espacio de un recorrido al interior de una exhibición otorga una nueva posibilidad a la experiencia de visitar el Parque Juárez.

Para lograr este recorrido se tienen en cuenta varios factores que nos ayudarán a mejorar el recorrido para evitar cualquier conflicto entre los ejemplares y la especie.

Primeramente el recorrido tiene que ser lineal, evitar recorridos cruzados puede minimizar la sensación de caos dentro del recinto, un recorrido ordenado y lineal para los visitantes ayuda a disipar las tensiones entre los ejemplares.

Procurar el mayor número de elementos de enriquecimiento posible para promover el comportamiento natural de los ejemplares residentes de la exhibición, de esta manera centrar su atención en sus comportamientos y dinámicas sociales.

Incluir zonas privadas totalmente libres del bullicio de los visitantes.

Zonas amplias y alturas grandes.

Otorgar varios niveles de hábitat, en la naturaleza los lémures se mueven a través de varias alturas, ya sea a nivel del suelo o algunos metros de altura desplazandose entre las ramas.

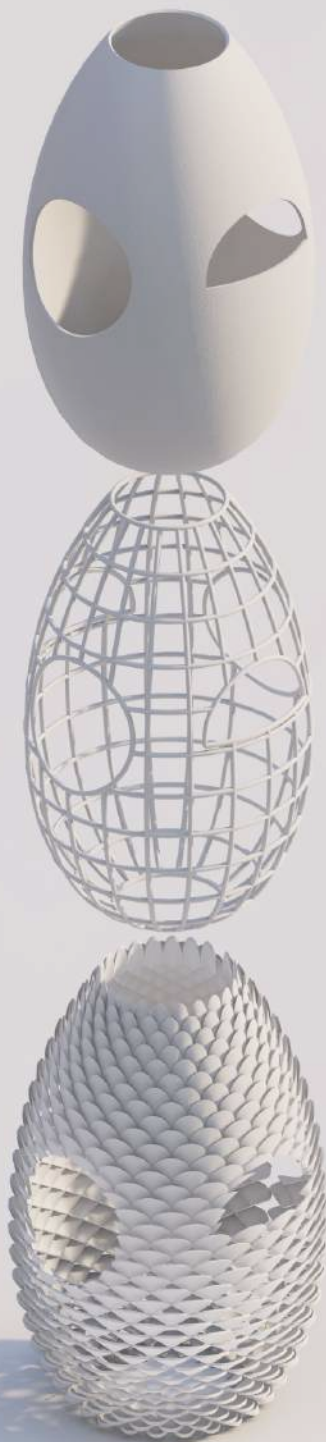
FIG.118
Propuesta recinto de Lemures Morelia
Render de autor 2024



BAOBAB OBSERVATORIO

El sitio elegido ofrece una ubicación estratégica, con vistas que permiten observar varias especies de manera simultánea. La propuesta del observatorio busca cumplir objetivos específicos, como minimizar la exposición directa de los visitantes a los lémures. Para ello, el diseño del recorrido incluye una sección central que oculta a los visitantes de la vista de los ejemplares, favoreciendo su bienestar y reduciendo posibles factores de estrés. A su vez, el observatorio actúa como un divisor entre el espacio destinado a los visitantes y el espacio privado para los lémures, garantizando una separación funcional que respete las necesidades de ambas partes.

Además, el carácter residual del espacio brinda una oportunidad única de observación. Su ubicación, rodeada de hábitats de distintas especies, permite aprovechar esta cualidad mediante una vista elevada, diseñada para ofrecer una perspectiva amplia del entorno del zoológico y enriquecer la experiencia de los visitantes.



BAOBAB OBSERVATORIO

El observatorio está inspirado en el Baobab (Fruto y árbol) . Denominado como el árbol nacional de Madagascar, conocido por su capacidad para almacenar grandes cantidades de agua en su tronco, característica que le permite sobrevivir en condiciones de sequía extrema. Este diseño se logró mediante una definición de Grasshopper. El elemento cuenta con cuatro aberturas: dos de ellas facilitan el ingreso de los visitantes a su interior, mientras que las otras dos ofrecen vistas delimitadas hacia el recinto de los lémures.

La estructura ha sido concebida como una pieza autoportante, compuesta por anillos horizontales y elementos verticales que se extienden desde la base hasta el nivel superior, garantizando estabilidad y resistencia. Además, su piel externa evoca patrones naturales que recuerdan a las palmas o piñas de los pinos piñoneros, funcionando como un sistema protector contra la radiación solar. Esta piel también actúa como un captador de agua, inspirado en la capacidad de los baobabs para almacenar hasta 120,000 litros de agua, asegurando su funcionalidad en climas áridos (Definipedia, s.f.).

Desde el punto de vista de la psicología animal, es fundamental integrar elementos que emulen las características del hábitat original de la especie. Aunque en ocasiones resulta inviable introducir elementos naturales en un hábitat ex-situ, es posible implementar estrategias de enriquecimiento que cumplan estas funciones. En el caso de los baobabs, dadas las condiciones ambientales y de subsuelo de Morelia, plantar un ejemplar de esta especie se complica. Por ello, un elemento artificial diseñado específicamente para cubrir estos requerimientos puede suplir esta necesidad, justificando así la elección de un baobab artificial en lugar de uno natural.

La captación de agua por este sistema está pensada para integrarse de manera funcional al entorno del zoológico Benito Juárez, el cual ofrece diversos servicios ambientales. Entre estos destaca la existencia de cauces naturales que purifican los afluentes de los riachuelos en esta zona de Morelia. En este sentido, el agua captada por el observatorio se destinará a alimentar los humedales del zoológico, contribuyendo al mantenimiento de estos ecosistemas y cerrando el ciclo de aprovechamiento del agua en el área.

FIG.120
Propuesta Baobab Observatorio
Render de autor 2024

Definición de Grasshopper

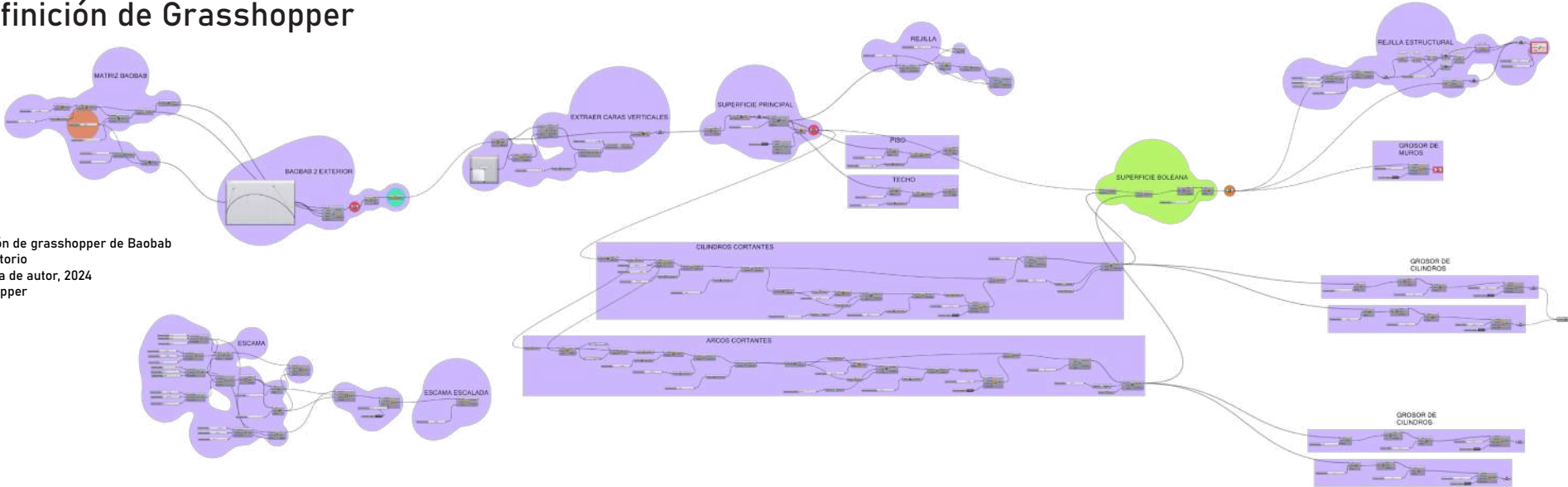


FIG.121
Definición de grasshopper de Baobab
Observatorio
Esquema de autor, 2024
Grasshopper



FIG.122
Árbol de Baobab
Eldho, 2023
Fotografía digital



FIG.123
Tronco de palma tropical
Arina Krashnikova, 2020
Fotografía digital

FIG.124
Fruto de Baobab
Lucia, Saco Superfoods, 2022
Fotografía digital



FIG.125
Propuesta de Treopadores
Render de autor 2024



TREPADORES

El trepador está diseñado para proporcionar diferentes niveles de interacción y desplazamiento a los lémures, con plataformas ubicadas a diversas alturas desde el suelo, siendo la más elevada de 4 metros. Este prototipo sigue el patrón de ramificación de un árbol, pero incorpora una peculiaridad clave: un “exoesqueleto” estructural que permite que su interior sea hueco. Gracias a este diseño, los lémures pueden desplazarse y escalar tanto por el exterior como por el interior del trepador.

Además, el trepador está diseñado para funcionar como un nodo dentro de una red más amplia de desplazamiento. Algunas cuerdas flojas se sujetan a esta estructura y se conectan con otros trepadores, creando una red interconectada que fomenta el movimiento a diferentes alturas. Este sistema no solo enriquece el entorno físico, sino que también estimula comportamientos naturales como trepar y desplazarse por áreas elevadas, imitando las dinámicas de los árboles en su hábitat natural.

Desde el punto de vista funcional y psicológico, el trepador ofrece múltiples ventajas en comparación con un árbol natural. Aunque los árboles son elementos esenciales en el hábitat de los lémures, su uso en un recinto ex-situ presenta limitaciones como la adaptación climática, la seguridad estructural y la funcionalidad específica. Un trepador diseñado artificialmente permite tener un mayor control sobre estos aspectos, asegurando que los ejemplares puedan interactuar con un entorno que estimula su comportamiento natural y respeta sus necesidades etológicas.

El exoesqueleto y las plataformas optimizadas no solo reproducen las condiciones de un árbol, sino que también permiten adaptaciones adicionales, como la integración de la red de cuerdas, mejorando la interacción y el desplazamiento entre las estructuras. Este diseño está alineado con el concepto general del recinto, que combina principios biomiméticos con la funcionalidad necesaria para garantizar el bienestar de los lémures. Así, el trepador cumple con el objetivo de enriquecer el entorno de manera segura y adaptada a las condiciones específicas del zoológico Benito Juárez.



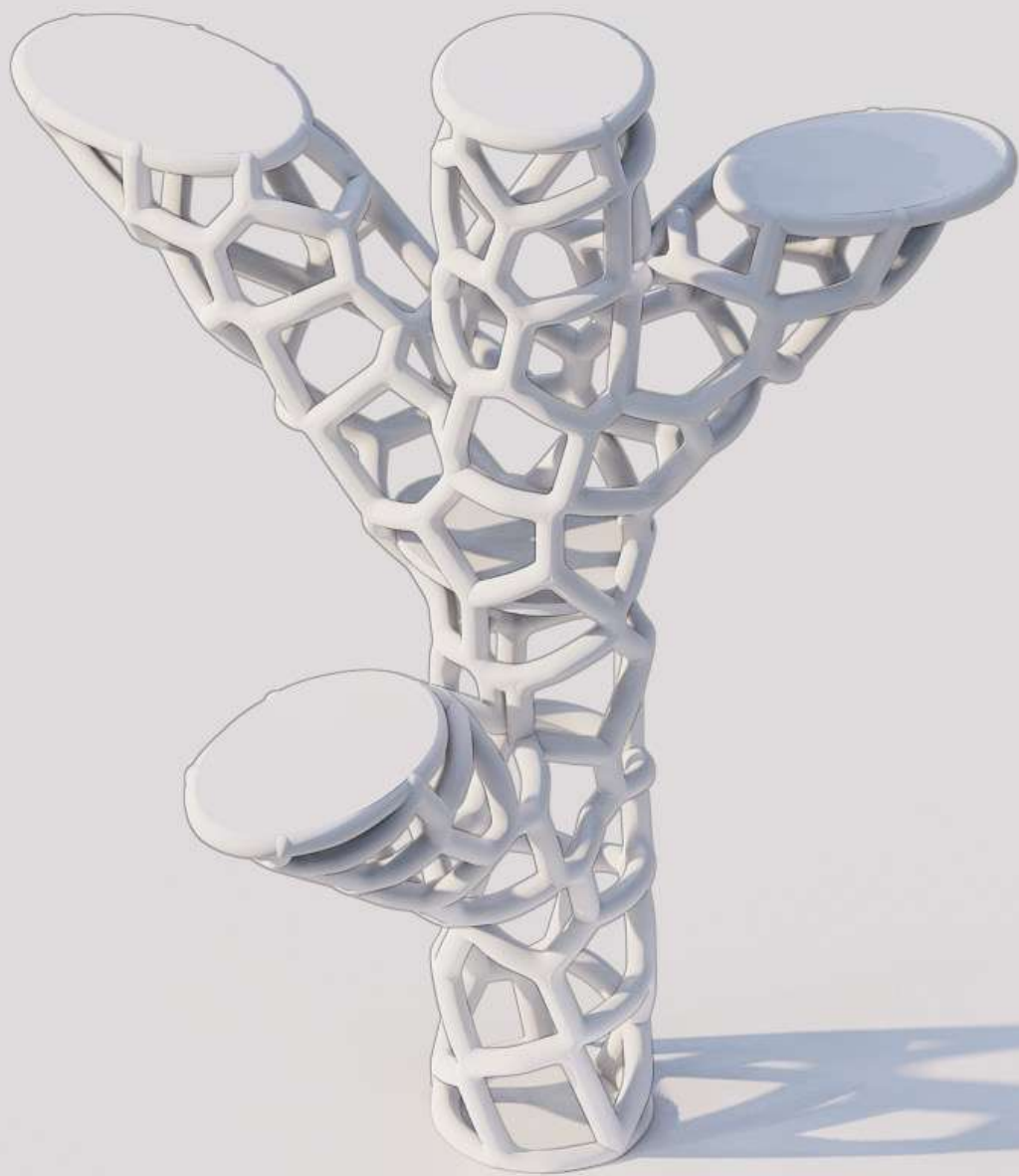


FIG.126
Propuesta de Treopadores
Render de autor 2024

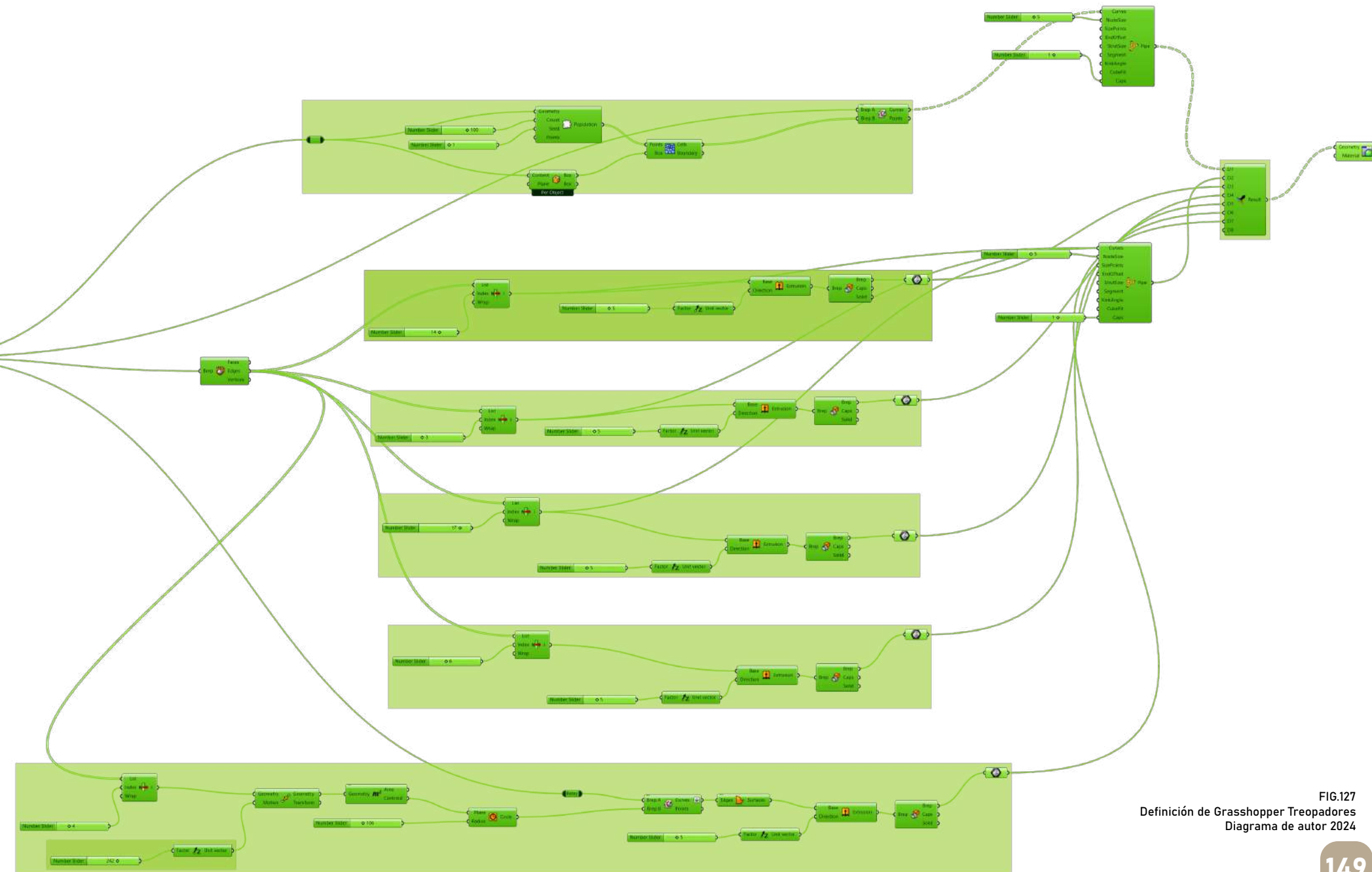


FIG127
Definición de Grasshopper Treopadores
Diagrama de autor 2024

REFUGIO BAOBAB

El Refugio Baobab es un proyecto que busca enriquecer el hábitat de los Lémures Cola Anillada (Lemur catta) en el Parque Zoológico Benito Juárez de Morelia, combinando diseño biomimético y tecnologías avanzadas para replicar las condiciones naturales de estos primates. Su desarrollo comenzó con la creación de un modelo digital en Grasshopper, permitiendo generar una estructura optimizada tanto en forma como en función.

La construcción sigue fielmente este modelo digital, empleando materiales que garantizan estabilidad y resistencia. Para la base estructural se utilizaron tres botes de plástico, los cuales ayudaron a definir la forma del tronco y proporcionar rigidez.

Posteriormente, se integraron tubos conduit que se extienden como raíces, dando mayor soporte e incorporando un lenguaje orgánico al diseño. Finalmente, toda la superficie será cubierta con mortero en tonos beige, simulando la textura y color del baobab, lo que permite una mejor integración visual con el entorno.

Inspirado en la forma y función de estos árboles, el refugio fomenta comportamientos naturales en los lémures, como trepar, explorar y descansar, mientras que su construcción con materiales reciclados ofrece una alternativa sostenible en el diseño de hábitats para fauna en cautiverio.

Su diseño y metodología pueden replicarse en otros zoológicos y centros de conservación, demostrando que la arquitectura puede contribuir tanto al bienestar animal como a la sostenibilidad ambiental.



REFUGIO BAOBAB

La guarida sigue el mismo principio de diseño que el observatorio, replicando la forma del baobab mediante una exploración en Grasshopper.

Estas estructuras están concebidas como refugios para el descanso y resguardo de los ejemplares. A diferencia del observatorio, las guaridas imitan un pequeño baobab, pero no incluyen un sistema de almacenamiento de agua ni una piel con escamas. En su lugar, presentan una serie de raíces diseñadas específicamente para que los lémures puedan escalar hasta la entrada, ubicada a 124 cm del suelo.

El elemento final tiene una altura de 190 cm y está diseñado para estimular comportamientos naturales en los lémures. Las raíces incitan a los animales a escalar la figura, recordando a las ramas de los árboles que suelen usar para desplazarse en su hábitat natural. Estas raíces fueron diseñadas siguiendo una lógica natural de optimización de caminos.

El proceso de diseño comenzó llenando la figura con puntos estratégicamente distribuidos, y luego se seleccionaron las rutas más cortas entre ellos, generando raíces que parten desde la base hacia la parte superior y desde el orificio principal hacia los costados.

Este diseño proporciona diversos puntos de agarre y fomenta el movimiento natural de los lémures, mejorando su experiencia en el recinto. diseñada para ofrecer una perspectiva amplia del entorno del zoológico y enriquecer la experiencia de los visitantes.

FIG.111
Definición de grasshopper de Baobab
Lemurs
Esquema de autor, 2024
Grasshopper

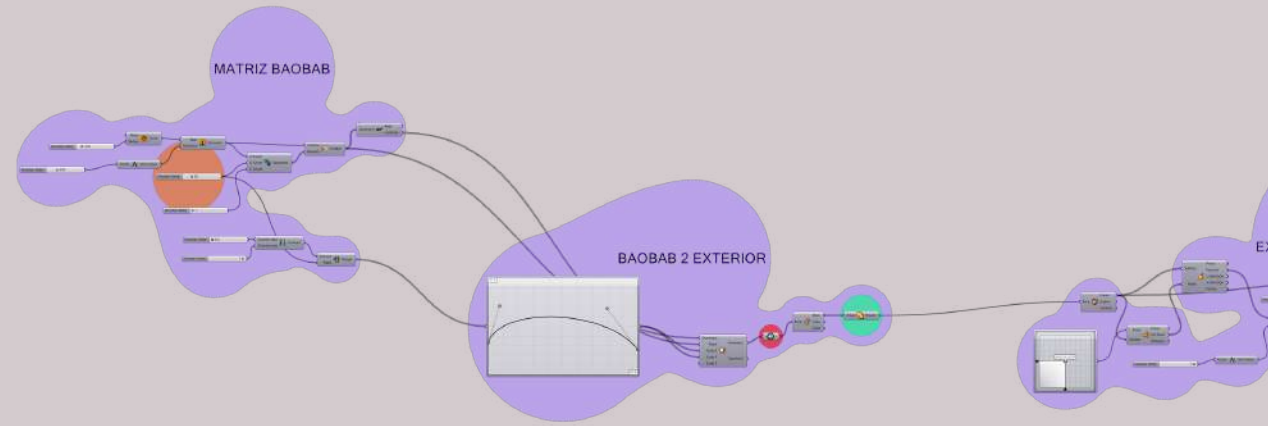


FIG.129
Render Refugio Baobab
Render de autor 2024



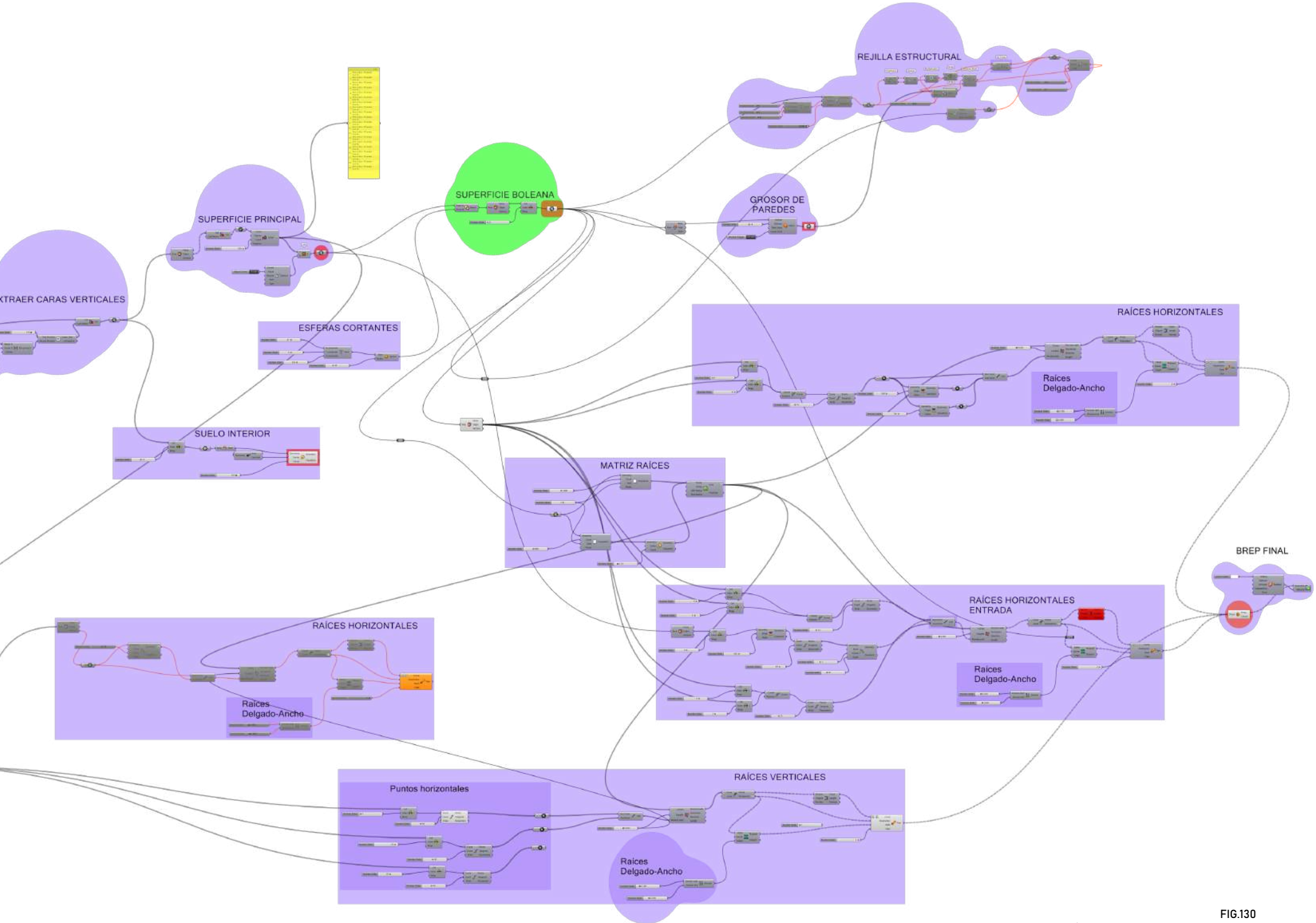


FIG.130
Definición de Grasshopper Refugio Baobab
Diagrama de autor 2024

Tras una investigación previa se concluyen las siguientes pautas de diseño para generar el refugio para los lémures.

Control de estrés

Diseñar refugios visuales y barreras naturales que permitan a los lémures retirarse del contacto constante con los visitantes, reduciendo el estrés y proporcionando un entorno más tranquilo y relajado para ellos.



Exposición al sol

Proporcionar áreas soleadas donde los lémures puedan tomar el sol para regular su temperatura corporal, un comportamiento común en su hábitat nativo que también contribuye a su salud ósea.



Promoción del comportamiento natural

Diseñar dispositivos que promuevan el movimiento natural, como árboles artificiales, plataformas elevadas o áreas de escalada.



Estimulación física y mental

Incorporar elementos de enriquecimiento, como cuerdas y ramas móviles, que promuevan el ejercicio físico y mantengan a los lémures mentalmente activos, simulando los desafíos que enfrentarían en su hábitat natural.



Estructuras adaptadas a la anatomía

Todas las estructuras de uso para los lémures, deben estar hechas a su medida.



Manos y pies prensiles

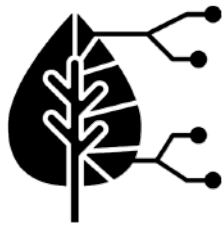
Proporcionar superficies que los lémures puedan agarrar fácilmente, como ramas flexibles y superficies rugosas, que promuevan el uso de sus manos y pies prensiles para trepar y moverse, favoreciendo comportamientos naturales de exploración.



Protección contra el frío en casa de noche

Indispensable ofrecer un refugio cálido en temporada de temperaturas bajas.





Emulación de la naturaleza

Recintos que imiten el hábitat natural del Lemur Catta. Emulación a nivel forma, proceso y sistema.



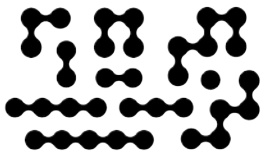
Protección de lluvia

Incorporar áreas cubiertas o refugios que protejan a los animales de la lluvia, evitando la exposición prolongada que pueda ocasionar problemas de salud, como infecciones respiratorias o estrés por condiciones climáticas adversas.



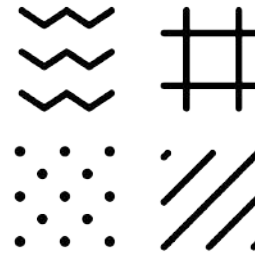
Fácil limpieza

Contar con pisos, paredes, puertas, techos y mobiliario de fácil limpieza y que eviten acumulación de agua y polvo, en caso de que los recintos cuenten con casa de noche.



Optimización de estructura y materiales

Pensar el recinto de manera sostenible significa seguir la lógica: más resistencia, menos estructura y material.



Variedad de texturas y superficies

Utilizar diferentes texturas, superficies y colores que simulen su entorno natural.



Sombra disponible

Refugio contra los rayos del sol durante todo el día.



Refugios naturales

Diseñar refugios que simulen cavidades en árboles o pequeñas cuevas, proporcionando a los lemures áreas seguras para descansar y protegerse del clima, replicando los refugios naturales que utilizarían en su hábitat.



Luz natural

Proporcionar acceso adecuado a la luz solar, fundamental para el bienestar animal y la fijación de vitamina D. Debe permitir la regulación térmica y fomentar comportamientos naturales, sin generar sobrecalentamiento o estrés.

FABRICACIÓN

La construcción del Refugio Baobab se elaboró con los siguientes materiales:

BASE BAOBAB



FIG.131
Maceta de plástico
Homedepot, s.f.
Fotografía Digital.

Macetas de plástico 62 cm de diámetro x 61 cm de altura



FIG.132
Bote de plástico
Plásticos del hogar, s.f.
Fotografía Digital.

Bote de basura de plástico 80 lts, 51 cm de diámetro x 60 cm de alto

BASE RAÍCES



FIG.133
Tubo conduit.
Anónimo, s.f.
Fotografía Digital.

Tubo conduit corrugado resistente de 1" y 1/2".

REFUERZO



FIG.134
Malla hexagonal.
Homedepot, s.f.
Fotografía Digital.

Malla hexagonal galvanizada, sirve como capa de refuerzo y anclaje para añadir el mortero.

ACABADO



FIG.135
Textura de cementos
Arroway textures, s.f.
Fotografía Digital.

Cemento blanco y gris

ACABADO



FIG.136
Arena
Arroway textures, s.f.
Fotografía Digital.



FIG.137
Color para cemento
Uniblock, s.f.
Fotografía Digital.

Arena cilica y colorante para mortero amarillo óxido para lograr consistencia y color deseado.

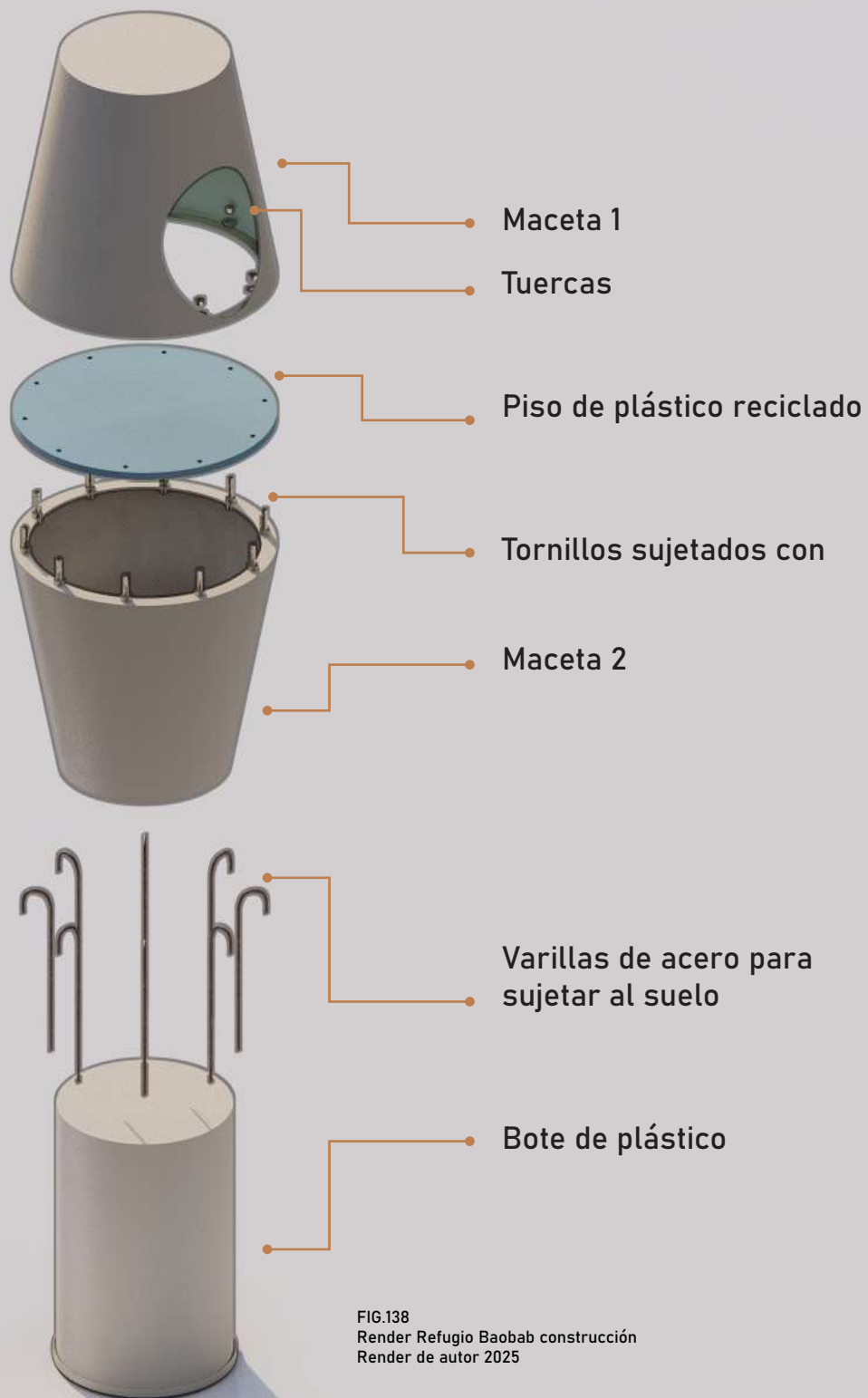


FIG.138
Render Refugio Baobab construcción
Render de autor 2025

Fabricación y ensamble.

Al trabajar con animales se optó por la opción de no perturbar su recinto con trabajos invasivos. Por ello el prototipo se pensó para ser ligero, de fácil transportación y de ensamblaje en sitio.

El montaje tuvo inspiración en las casas de campaña donde se usan anclajes para evitar que estas se vuelquen. Al ser animales ligeros un buen anclaje permitió una excelente adherencia al piso.

Así mismo el usar tuercas y tornillos para unir las partes del prototipo evitó usar algún otro sistema constructivo que dependiera de químicos nocivos.

Materiales

El prototipo debe de cubrir ciertos aspectos tanto estructurales como de confort y de funcionalidad biológica.

El uso del plástico para la estructura permite que esta sea ligera, estable y resistente para los movimientos de esta especie. Al mismo tiempo que permite un intercambio térmico lento, es decir, se mantiene el calor el invierno y ofrece un lugar fresco en verano.

El cemento color beige, se mimetiza con los elementos naturales como árboles o ramas. Al mismo tiempo ofrece diferentes texturas al momento del agarre o tacto, siempre protegiendo el plástico del interior.



Etapas 1

Trazado de raíces de acuerdo a la lógica del modelo digital, raíces que parten desde el orificio de la entrada al baobab horizontalmente hacia la parte posterior.

Raíces verticales que parten desde la base del baobab hasta su techo superior.

Y finalmente raíces intermedias que corren a lo largo de toda la figura.



FIG.140
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital

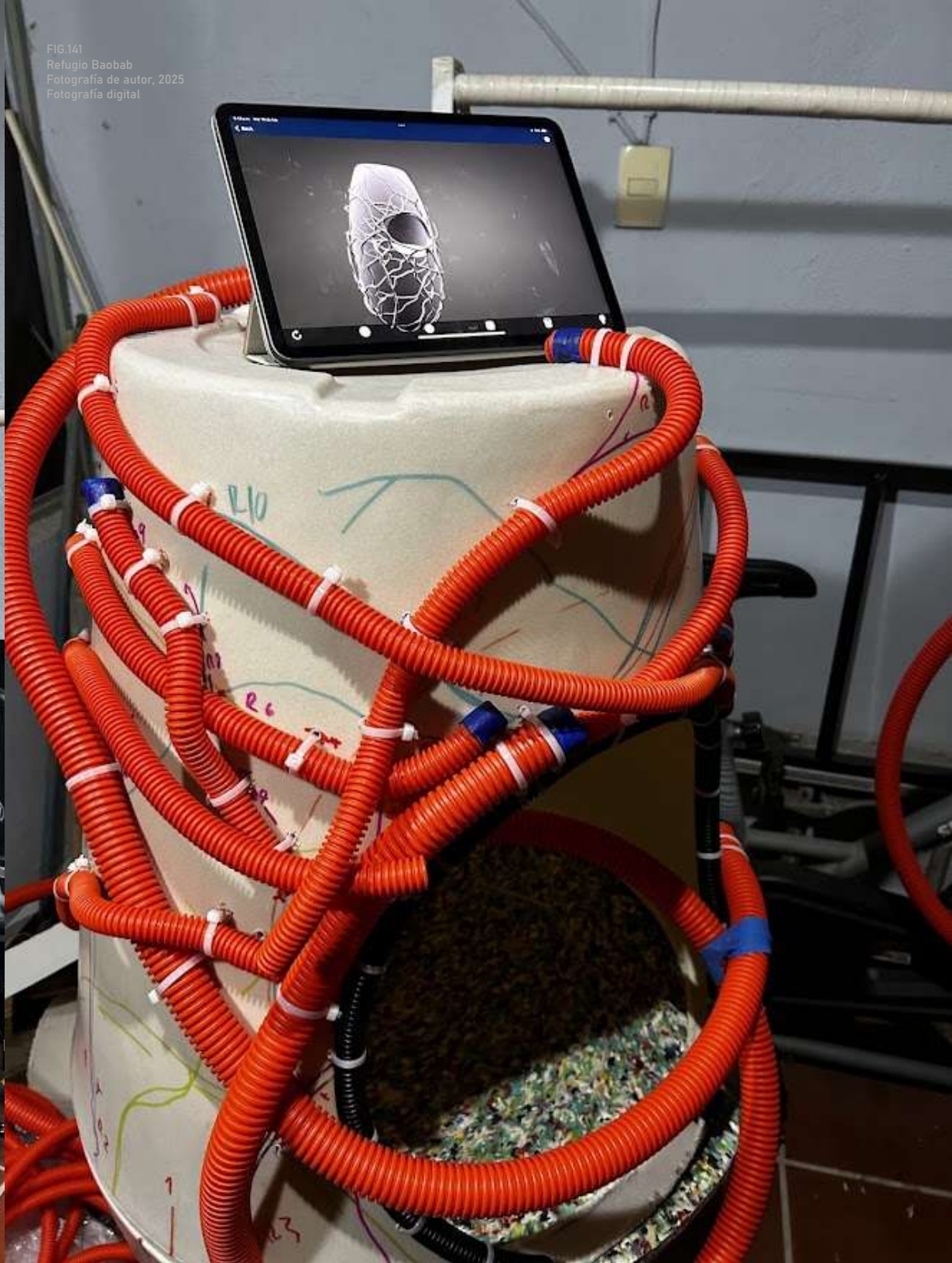


FIG.141
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital



FIG.142
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital

Etapa 2

Las raíces se sujetan a los trazos con sinchos y se intercalan, algunas pegadas al plástico y otras que pasan por encima, todo esto genera varias opciones de agarre para los ejemplares.

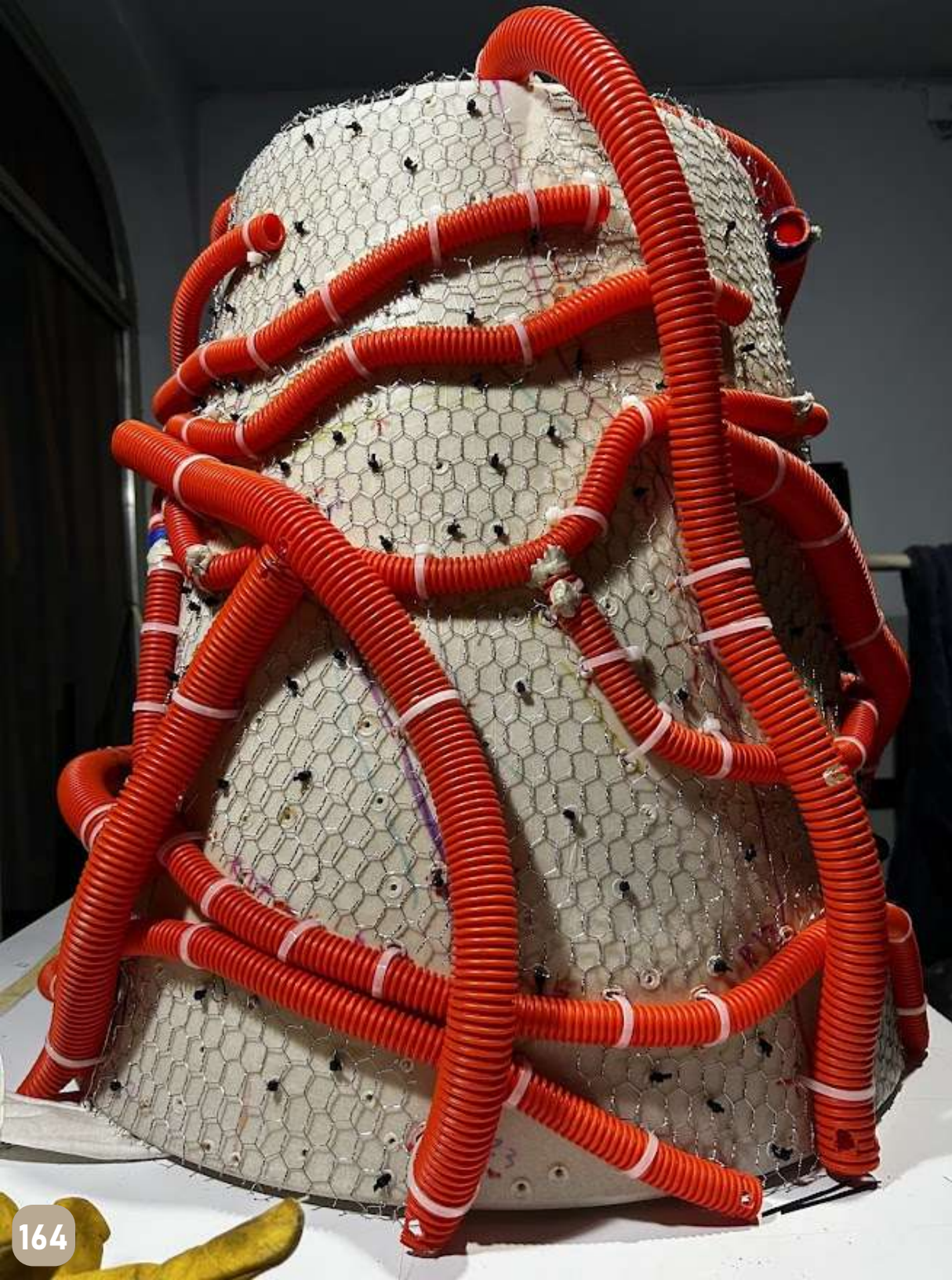


FIG.143
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital

Etapas 3

La figura se refuerza con la malla hexagonal.



FIG.144
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital

Etapas 4

La figura se recubre con el mortero aplicando texturas rugosas.

FIG.145
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital



FIG.146
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital



Etapa 5

El interior se detalla con una capa totalmente lisa para facilitar y garantizar la limpieza.



FIG.148
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital



FIG.149
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital



FIG.150
Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital



IMPLEMENTACIÓN

La instalación del Refugio Baobab se llevó a cabo el día 2 de Abril de 2025. Con un equipo de seis personas que ayudaron a instalar el refugio. Jennifer Escutia, Adolfo Hernandez, Francisco Larios, Alberto Zamudio y Maximo Marroquín (Autor).

La instalación tomó 40 minutos, se inició sujetando la parte inferior del prototipo al suelo. Posteriormente la



FIG.151 y 152
InstalaciónRefugio Baobab
Fotografía de autor, 2025

Refugio Baobab
Autor: Maximo Marroquin
Fotografía de autor, 2025



Los ejemplares se mostraron curiosos ante el nuevo enriquecimiento del recinto.

Permanecieron distantes hasta el momento donde todo el equipo nos alejamos del refugio.

Primeramente se acercaron a oler y morder. Comportamiento natural ante un enriquecimiento nuevo.

Pasados alrededor de 15 minutos uno de los ejemplares juveniles escaló por primera vez el refugio para comprobar su estabilidad. Posterior a este dos miembros más lo escalaron.

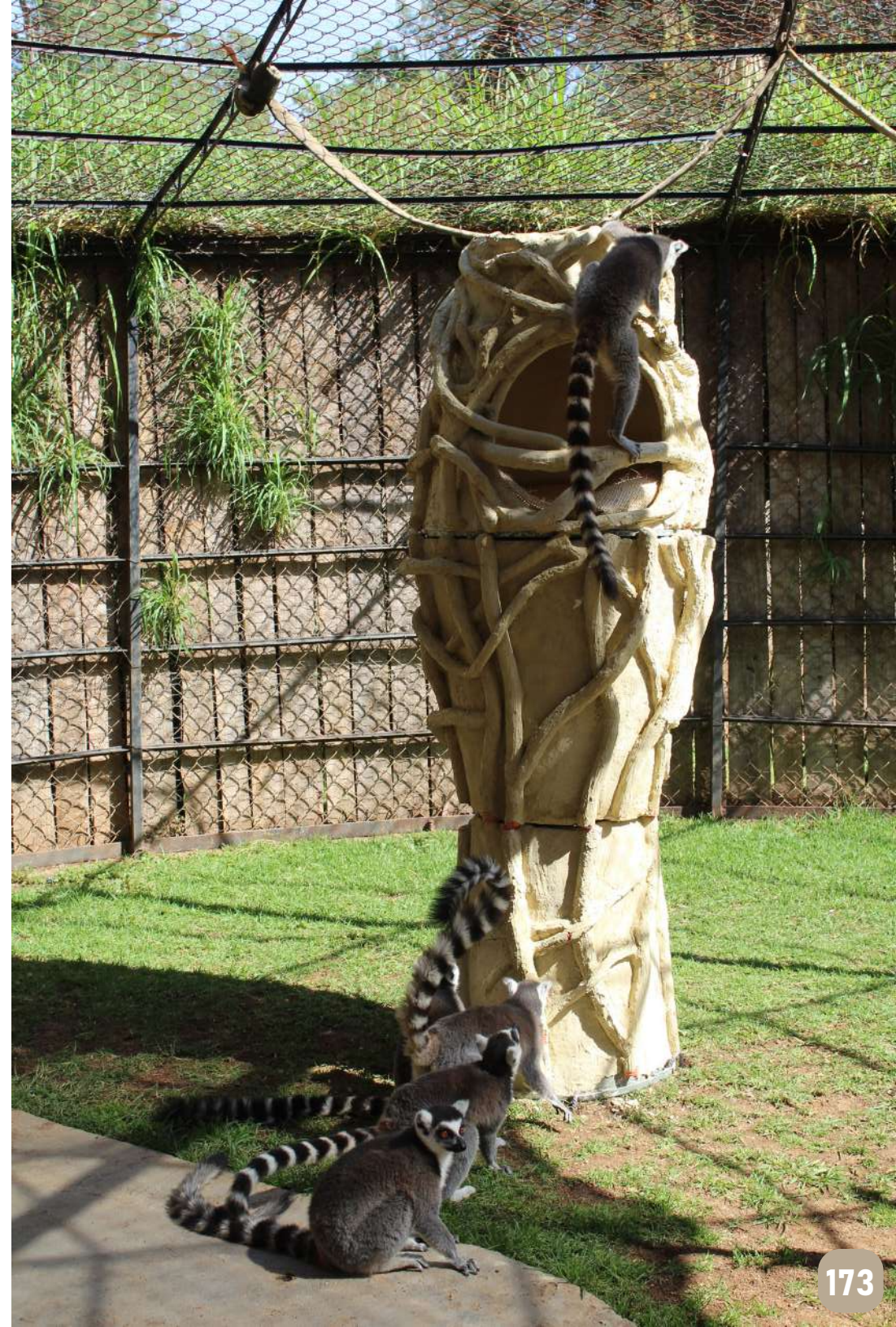


FIG.153
Instalación de Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital

FIG.154
Instalación de Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital

EVALUACIÓN

Todos los enriquecimientos instalados en una exhibición de pequeños primates tienen que pasar un periodo de evaluación durante las primeras dos semanas de su instalación.

Durante este análisis se hicieron visitas regulares a diferentes horarios para observar la evolución del comportamiento de los ejemplares.

Al ser un enriquecimiento nuevo existe un interés en explorarlo durante los primeros días. Es crucial identificar esta evolución, puesto que al finalizar las dos semanas se tiene una noción de si el grupo rechazó o aceptó el enriquecimiento.

Las evaluaciones hechas durante estas dos semanas arrojan datos contundentes sobre el prototipo.

PERMANENCIA.

Para medir la permanencia de los lémures en el refugio se hicieron observaciones cada tercer día durante las primeras dos semanas de su instalación a diferentes horas de apertura del zoológico (10 am a 5 pm) de las cuales la mayoría ocurrieron entre las 11 am y 2 pm y por periodos de una a dos horas.

Las observaciones identificaron diferentes miembros del grupo dentro del refugio. En ocasiones más de un ejemplar al mismo tiempo dentro del refugio.

La permanencia en el refugio suele ser por periodos largos de descanso.

USO

Las observaciones arrojan varios datos sobre el uso del refugio. Este se comporta de manera diversa cumpliendo varias funciones al mismo tiempo.

VISITANTES

Durante este periodo de evaluación se hicieron observaciones a diferentes grupos de visitantes sin interactuar con ellos. En promedio los grupos de visitantes pasan menos de un minuto observando el recinto.

Se entiende entonces, que este prototipo no funciona únicamente como refugio sino como un enriquecimiento integral. Siendo este refugio, escalador, plataforma en altura, punto social y base de salto.

ENTREVISTAS A ESPECIALISTAS

Para complementar las conclusiones obtenidas, se realizaron tres entrevistas cualitativas con personal clave del Zoológico de Morelia: la Dra. Selene Maldonado López, Subdirectora del Zoológico de Morelia; el MVZ Óscar González, responsable del área de etología en mamíferos; y Hugo, guardanimal encargado del área de primates.

Estas entrevistas permitieron contrastar los datos obtenidos durante el periodo de evaluación con la experiencia diaria del personal, aportando una visión más global sobre la funcionalidad, el impacto y la pertinencia del Refugio Baobab dentro del entorno controlado.

La Dra. Selene Maldonado López, Subdirectora del Zoológico de Morelia, destacó que la aceptación del Refugio Baobab por parte de los lémures fue inmediata, a diferencia de estructuras anteriores como la antigua caseta o un tubo de PVC, los cuales fueron rechazados por los ejemplares.

Subrayó que el prototipo es utilizado activamente, tanto para el descanso como para la interacción lúdica, lo que evidencia su funcionalidad como espacio de resguardo y enriquecimiento. Enfatizó la importancia de ofrecer a los ejemplares un lugar que les permita mantener su privacidad, alejados de las miradas constantes del público.

Desde una perspectiva estética, consideró que el refugio resulta agradable incluso para visitantes sin conocimiento previo del proyecto.

Asimismo, valoró la integración de distintas texturas, al considerar que estas fomentan comportamientos naturales de la especie. Aunque no observó directamente el proceso de limpieza, estimó que el prototipo es fácil de mantener.

Finalmente, propuso reforzar el agarre del cemento al plástico, expandir la capacidad del refugio para más individuos del grupo, considerar una versión más pequeña para la etapa de crianza, y complementar el dispositivo con una infografía explicativa para el público (Dra. S. Maldonado López, comunicación personal, 16 de abril de 2025).

Desde el enfoque etológico, el MVZ Óscar González explicó que la exploración inicial del Refugio Baobab por parte de los lémures era una conducta esperada frente a un objeto nuevo.

Detalló que los ejemplares emplean el tacto, el olfato e incluso acciones como abrazar, morder o saltar sobre el objeto para evaluar su solidez y familiarizarse con él.

Una vez superada esta fase de reconocimiento, el prototipo comenzó a ser utilizado como refugio habitual, desplazando a otros elementos previos del recinto. Actualmente, funge como el principal punto de resguardo, compitiendo exitosamente con al menos cinco estructuras previas, entre ellas tubos de PVC, la casa de piedra, la casa de plástico reciclado y el costal colgante.

Señaló que el refugio ofrece confort térmico, especialmente en las horas de mayor insolación, gracias a su ventilación interna y a la inercia térmica del plástico, lo cual sugiere que también podría funcionar adecuadamente en estaciones más frías. Además, indicó que la estructura se utiliza como plataforma de salto debido a la flexibilidad de las mangueras plásticas, que proporcionan un efecto de

En cuanto a oportunidades de mejora, identificó que la adherencia del cemento al plástico ha cedido frente a la tracción ejercida por los ejemplares durante su exploración.

Asimismo, sugirió aumentar la altura del refugio en al menos un metro para brindar una vista más panorámica al grupo.

Propuso también reconsiderar la orientación del prototipo para favorecer la entrada de luz solar matutina, lo cual, combinado con agua clorada, podría contribuir a la desinfección natural del interior.

Finalmente, señaló que, aunque funcional, el enriquecimiento podría reforzar su atractivo visual para los visitantes, un aspecto importante en el diseño de estructuras visibles al público general.

Sin embargo, el MVZ González destaca el contundente éxito del prototipo. Al observar que, tras su introducción como un objeto nuevo, los ejemplares comenzaron a utilizarlo de forma constante.

Su uso prolongado es una señal positiva, así como el hecho de que se reúnan alrededor de él para interactuar, lo empleen como superficie para tomar el sol y, en la etapa actual de cría, lo utilicen como espacio de resguardo (MVZ. O. González, comunicación personal, 27 de abril de 2025)

Hugo, guardanimal del área de primates, comentó que el prototipo es utilizado de forma recurrente por los ejemplares a lo largo del día, desde las primeras horas de la mañana cuando lo escalan para tomar el sol, hasta el mediodía, momento en que suelen descansar en su interior.

Destacó en particular la frecuencia con la que el macho del grupo hace uso del refugio, permaneciendo dentro por periodos prolongados, lo cual interpreta como una señal clara de comodidad y reducción del estrés.

Consideró que el diseño es adecuado para la especie, tanto por su escala como por su resistencia. Subrayó que si se hubiese colocado en un recinto con papiones (una especie con comportamientos más agresivos), la estructura no habría resistido más que unos pocos días.

En este sentido, valoró positivamente que el prototipo fuera diseñado a la medida de los lémures. En cuanto a su percepción estética, lo calificó como “bonito” y pertinente, y señaló que incluso llama la atención de los visitantes por su apariencia similar a un nido.

También reconoció la elección de materiales como un acierto, ya que permitió una instalación rápida y con mínima intrusión al recinto. No obstante, al igual que otros entrevistados, observó que el concreto se ha comenzado a desprender de las mangueras, y sugirió reforzar esa unión.

En términos funcionales, consideró que el refugio es accesible y fácil de limpiar, lo cual representa una ventaja operativa. Propuso, sin embargo, añadir un sistema de drenaje o coladera para evitar acumulación de agua en el interior.

Respecto al confort térmico, coincidió en que el prototipo ofrece buena ventilación y mantiene temperaturas agradables, situación que ha favorecido su preferencia frente a la casa de plástico anterior.

Finalmente, sugirió ampliar el espacio horizontal disponible para permitir el uso simultáneo por más ejemplares, y agradeció expresamente que se haya diseñado una estructura pensada con sensibilidad hacia el bienestar de los animales y las necesidades particulares de la especie (Hugo , comunicación personal, 16 de abril de 2025).



FIG.155
Instalación de Refugio Baobab
Fotografía de autor, 2025
Fotografía digital



CONCLUSIONES

El proyecto Refugio Baobab tuvo como objetivo diseñar, construir y evaluar un espacio arquitectónico adaptado a las necesidades etológicas del lémur de cola anillada (Lemur catta)

A partir de una investigación previa, se establecieron lineamientos de diseño basados en diversas dimensiones que rodean a los ejemplares del Zoológico de Morelia: desde la evolución histórica de los zoológicos y su misión contemporánea, hasta el análisis de recintos similares y referentes internacionales.

La investigación biológica sobre el Lemur catta, enfocada en su comportamiento, fisiología y hábitat natural, proporcionó las herramientas necesarias para diseñar un prototipo completamente adecuado a la especie. Paralelamente, el análisis físico del sitio permitió definir la escala, orientación y materiales más pertinentes según las condiciones reales de implementación.

Este proyecto resultó enriquecedor en múltiples niveles. Por un lado, el uso de una metodología de diseño biomimético, respaldada por una fase de investigación sólida, y el uso de herramientas digitales como el diseño paramétrico mediante programación visual, permitieron generar una propuesta compleja y coherente.

Por otro lado, el proceso de fabricación implicó retos constructivos y decisiones de campo que aportaron aprendizajes fundamentales para la adaptación del diseño a las condiciones reales.

A continuación la grafica muestra las áreas de acción del prototipo y su desempeño calificado en una escala de 0 a 10 donde 0 es un mínimo de eficacia y un 10 el máximo.

La grafica se elaboró con base en el análisis posterior a la implementación del prototipo y con la retroalimentación de los profesionales.

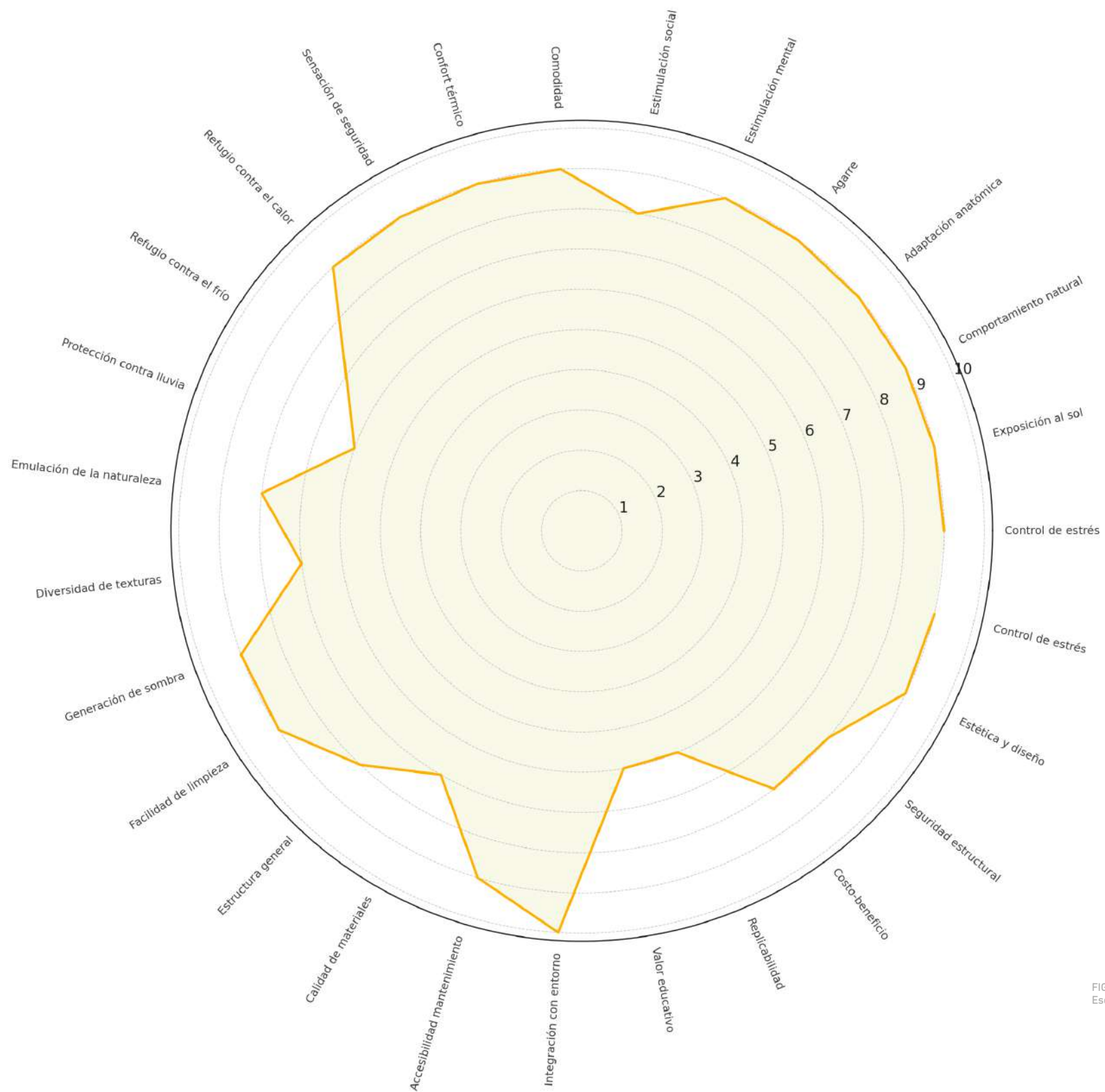


FIG.156
Esquema de autor,2024

La gráfica se muestra amplia y abarca un grán porcentaje del círculo lo que significa que concluye un éxito en la implementación del modelo.

De manera general el prototipo a cumplido de manera efectiva en la mayoría de las áreas para lo que fue diseñado, si embargo hay características que pueden tener una mejora significativa en una futura versión.

Cuestiones como la protección contra la lluvia pueden mejorarse modificando la geometría del prototipo. En cuanto a los acabados mejorar la adherencia del concreto al plástico es obligado en una futura version.

La replicabilidad de este prototipo presenta ciertas complicaciones porque si bien, es imposible que se consiga un modelo exactamente igual puesto a que las raíces si bien tienen una lógica son siempre al azar y dependiendo de la funcion requerida. Sin embargo goza de una calificación favorable porque existe la guía para ello.

En cuanto a la sustentabilidad se podría evaluar la selección de materiales más amigables, incluso otras maneras de fabricación como la impresión digital o el uso de biomateriales.

REFERENCIAS

- Allen, S. (2011). Animals at the Tower of London. *History Today*, 61(9), 44-51.
- Ancrenaz, M., Gumal, M., Marshall, A. J., Meijaard, E., Wich, S. A., & Husson, S. (2016). "Pongo pygmaeus." The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T17975A17966347. Recuperado el 11 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/17975/17966347>.
- Architects of change: How does zoo exhibit design impact the efficacy of zoo-based behaviour change campaigns? | Rhedyn Ollerenshaw - Academia.edu
- Ayala Martínez, A. (2021). El transporte urbano en la ciudad de Morelia y el servicio de tranvías para conectar al Parque Juárez. En Cortés Zavala & J.Rangel Díaz (coord.). *Memoria histórica y riqueza biocultural, 50 años del Parque Zoológico "Benito Juárez" de Morelia*. (pp. 43-57) Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Silla Vacía Editorial.
- Baratay, E., & Hardouin-Fugier, E. (2002). *Zoo: A History of Zoological Gardens in the West*. Reaktion Books.
- Barker, D. G., & Barker, T. M. (2008). *The Invisible Ark: In Defense of Captivity*. VPI Library.
- Barker, D. G., Barker, T. M., Davis, M. A., & Schuett, G. W. (2012). "A review of the systematics and taxonomy of Pythonidae: An ancient serpent lineage." *ZooKeys*, 66(4), 21-52.
- Barreto, G. R., & Herrera, E. A. (1998). "Foraging patterns of capybaras in a seasonally flooded savanna of Venezuela." *Journal of Tropical Ecology*, 14(1), 87-98.
- Bartlett, R. D., & Bartlett, P. (2009). *Geckos*. Barron's Educational Series.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. HarperCollins, recuperado el 12 de Mayo de 2024 de: (PDF) Janine M Benyus - *Biomimicry Innovation Inspired by Nature* (2002, Harper Perennial) (1) | steelseries.lann - Academia.edu
- Benyus, J. M. (2009). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Harper Perennial.
- Bercovitch, F. B., & Berry, P. S. M. (2013). "Reproductive life history of giraffes in captive and wild populations." *Animal Reproduction Science*, 137(1-2), 39-44.
- Bertram, B. C. R. (1992). "The Ostrich Communal Nesting System." Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Bierregaard, R. O. (2020). *Caracara plancus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T22696468A168870497. Recuperado el 15 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/22696468/168870497>.
- BirdLife International. (2015). *Aquila chrysaetos*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T22696060A60125436. Recuperado el 15 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/22696060/60125436>.
- BirdLife International. (2020). *Ara macao*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T22685565A167184038. Recuperado el 15 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/22685565/167184038>.
- BirdLife International. (2020). *Aratinga solstitialis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T22685695A181375609. Recuperado el 15 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/22685695/181375609>.
- Blanc, J. J. (2008). "Loxodonta africana." The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T12392A3339343. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/12392/3339343>.
- Boesch, C., & Boesch-Achermann, H. (2000). *The Chimpanzees of the Tai Forest: Behavioural Ecology and Evolution*. Oxford University Press.
- Bostock, K., & Selva, N. (2012). "Spatial patterns in brown bear *Ursus arctos* diet: The role of geographical and environmental factors." *Mammal Review*, 42(2), 120-143.
- Bostock, S. St. C. (1993). *Zoos and animal rights: The ethics of keeping animals*. Routledge.
- Breasted, J. H. (1906). *Ancient Records of Egypt: Historical Documents from the Earliest Times to the Persian Conquest*, collected, edited, and translated with commentary. The University of Chicago Press.
- Brodman, R., Cortwright, S., & Resetar, A. (2003). "Historical changes of reptiles and amphibians of northwest Indiana fish and wildlife properties." *American Midland Naturalist*, 149(1), 135-144.
- Bruce, Gary, *Through the Lion Gate. A History of the Berlin Zoo*, Estados Unidos, Oxford University Press, 2017, p. 3.
- Cabernard, L., Pfister, S., & Hellweg, S. (2024). Biodiversity impacts of recent land-use change driven by increases in agri-food imports. *Nature Sustainability*, 7, 1512-1524. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01433-4>
- Cameron, M. (2007). "Cockatoos." CSIRO Publishing.
- Campbell, C. J., Fuentes, A., MacKinnon, K. C., Panger, M., & Bearder, S. K. (Eds.). (2011). *Primates in perspective*. Oxford University Press.
- Campos-Arceiz, A., & Blake, S. (2011). "Megagardeners of the forest - the role of elephants in seed dispersal." *Acta Oecologica*, 37(6), 542-553.
- Cantú-Guzmán, J. C., Sánchez-Saldaña, M. E., Grosselet, M., & Gamez, J. (2001). "The wild bird trade in Mexico and its effects on the conservation of the Scarlet Macaw (*Ara macao*)." *Traffic Bulletin*, 19(1), 13-19.
- Caselli, M., Messeri, P., Dessì-Fulgheri, F., & Bandoli, F. (2022). Enriching zoo-housed ring-tailed lemurs (*Lemur catta*): Assessing the influence of three types of environmental enrichment on behavior. *Animals*, 12(20), 2836. <https://doi.org/10.3390/ani12202836>
- Cavalcanti, S. M. C., & Gese, E. M. (2010). "Kill rates and predation patterns of jaguars (*Panthera onca*) in the southern Pantanal, Brazil." *Journal of Mammalogy*, 91(3), 722-736.
- Cedeño Peguero, G. (2021). La Casa de Cristal y su Museo de Historia Natural. En M. Cortés Zavala & J.Rangel Díaz (coord.). *Memoria histórica y riqueza biocultural, 50 años del Parque Zoológico "Benito Juárez" de Morelia*. (pp. 57-77) Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Silla Vacía Editorial.
- Cedeño-Vázquez, J. R., Platt, S. G., Thorbjarnarson, J. B., & Rainwater, T. R. (2008). "Ecology of Morelet's crocodile in northern Belize." *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36(2), 289-298.
- Cervera Sardá, M. (2019). *Bionics, biomimicry and architecture: Learning from nature*. Barcelona, España: Architect Publications S.L. & Lexus Editores.
- Childress, B., Arengo, F., & Bechet, A. (2008). "Flamingo, *Phoenicopterus roseus*, populations: Status and management in the Camargue, southern France." *Wetlands Ecology and Management*, 16(5), 433-445.
- Choudhury, A., Lahiri Choudhury, D. K., Desai, A., Duckworth, J. W., Easa, P. S., Johnsingh, A. J. T., & Fernando, P. (2008). *Elephas maximus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T7140A12828813. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/7140/12828813>.
- CITES. (1973). *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*. Recuperado de <https://www.cites.org>
- Coleman, K. M. (1996). *Spectacle and Gladiators in the Roman Empire*. *The Classical Journal*, 91(4), 359-382

- Consejo de Europa. (1992). Convenio Europeo sobre la Protección de los Animales en Zoológicos. Recuperado de <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/104>
- Cooper, J. M. (2005). "Ostriches: Behavior, Ecology, and Auditory Communication." Dissertation, University of Oxford.
- Cortés Zavala, M. T., & Rangel Díaz, J. (Coords.). (2021). Memoria histórica y riqueza biocultural. 50 Años del Parque Zoológico "Benito Juárez" de Morelia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Cortés Zavala & J. Rangel Díaz (Coords.). (2021). Memoria histórica y riqueza biocultural, 50 años del Parque Zoológico "Benito Juárez" de Morelia. (pp. 43-57) Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Silla Vacía Editorial
- Dagg, A. I. (2014). The Giraffe: Its Biology, Behavior, and Ecology. Malabar, Florida: Krieger Publishing Company.
- Dahle, B., & Swenson, J. E. (2003). "Family break-up in brown bears: Are young forced to leave?" *Journal of Animal Ecology*, 72(4), 665-673.
- Das, I. (2010). A Field Guide to the Reptiles of South-East Asia. New Holland Publishers.
- De la Torre, J. A., González-Maya, J. F., Zarza, H., Ceballos, G., & Medellín, R. A. (2017). "The jaguar's spots are darker than they appear: Assessing the global conservation status of the jaguar *Panthera onca*." *Oryx*, 51(2), 300-315.
- De Silva, S., & de Silva, M. (2011). "The Asian Elephant: An Ecological Guide from A to Z." Colombo: Vijitha Yapa Publications.
- Definipedia. (s.f.). Qué es un baobab y cuáles son sus usos y características. Recuperado el 12 de Diciembre de 2024 de: <https://definicion.conceptualista.com/que-es-baobabs/>
- Dicks, H. (2015). The Philosophy of Biomimicry. *Philosophy & Technology*, 29, 225-241. <https://doi.org/10.1007/s13347-015-0210-2>
- Doolan, S. P., & Macdonald, D. W. (1996). "Diet and foraging behavior of group-living meerkats, *Suricata suricatta*, in the southern Kalahari." *Journal of Zoology*, 239(4), 697-716.
- Ebrey, P. B. (1996). The Cambridge Illustrated History of China. Cambridge University Press.
- El Centinela. Semanario de política y variedades, tomo XV, núm. 48, 21 de junio de 1908, p. 4; El Centinela. Semanario de política y variedades, año XX, núm. 15, 3 de noviembre de 1912, p. 4. En M. Cortés Zavala & J. Rangel Díaz (coord.). Memoria histórica y riqueza biocultural, 50 años del Parque Zoológico "Benito Juárez" de Morelia. (pp. 43-57) Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Silla Vacía Editorial
- El Centinela. Semanario de política y variedades, tomo XX, núm. 8, 15 de septiembre de 1912, p. 3; El Centinela. Semanario de política y variedades, año XXI, núm. 37, 29 de marzo de 1914, p. 2. En
- El valor de los animales tuvo un gran significado en la vida cotidiana florentina, pues la actitud y vida de los animales enjaulados eran interpretados como presagios, de manera que si uno de los leones moría representaba un mal augurio, pero si algunos cachorros nacían, el suceso era considerado como un pronóstico favorable para la ciudad. Gómez-Centurión, 2011, p. 156
- Eltringham, S. K. (1999). The Hippos: Natural History and Conservation. Princeton University Press.
- Emslie, R. (2012). *Ceratotherium simum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012: e.T4185A16980466. Recuperado el 11 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/4185/16980466>.
- Fayemi, P. E., Wanieck, K., Zollfrank, C., Maranzana, N., & Aoussat, A. (2017). Biomimetics: Process, tools and practice. *Bioinspiration & Biomimetics*, 12(1), 011002. <https://doi.org/10.1088/1748-3190/12/1/011002>
- Fennessy, J. (2016). "Home range and seasonal movement of Giraffa camelopardalis sub-species in the grevyi range." *Journal of Zoology*, 298(4), 292-302.
- Fennessy, J., Bidon, T., Reuss, F., Kumar, V., Elkan, P., Allen, W. B., ... & Janke, A. (2016). "Multi-locus Analyses Reveal Four Giraffe Species Instead of One." *Current Biology*, 26(18), 2543-2549.
- Ferguson-Lees, J., & Christie, D. A. (2001). Raptors of the World. London: Christopher Helm.
- Field, C. R. (2005). "Ecological aspects of the hippopotamus in the Gambia." *Journal of Zoology*, 167(1), 15-37.
- Folch, A. (1992). "Ostriches and Other Flightless Birds." Chicago, IL: Chicago University Press.
- Forshaw, J. M. (2006). "Parrots of the World." Princeton University Press.
- Fuller, R. A., & Garson, P. J. (2000). "Pheasants: Status Survey and Conservation Action Plan 2000-2004." IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Futrell, A. (1997). Blood in the Arena: The Spectacle of Roman Power. University of Texas Press.
- Ganzhorn, J. U. (1997). Patterns of primate lemur species distribution and habitat utilization in Madagascar. *Primate Conservation*, 17, 64-72.
- Gates, C., Freese, C., Gogan, P. J. P., & Kotzman, M. (2010). "American Bison: Status Survey and Conservation Guidelines 2010." IUCN. Recuperado el 11 de Abril de 2024 de: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/SSC-OP-036.pdf>.
- Gerlach, J. (2014). Giant Tortoises of the Indian Ocean: The Genus *Aldabrachelys* in the Seychelles Islands and Their Relatives. Frankfurt am Main: Edition Chimaira.
- Godínez, A. M., & Fernandez, E. J. (2019). What is the zoo experience? How zoos impact a visitor's behaviors, perceptions, and conservation efforts. *Frontiers in Psychology*, 10, 1746. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01746>
- Gómez, Á. P. (s.f.). WhalePower. Recuperado el 16 de Mayo de 2024 de <https://alvaropiogomez.wixsite.com/alvaropiogomez/whalepower>
- Goodall, J. (1986). The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behavior. Belknap Press of Harvard University Press.
- Gould, L. (2006). Lemur catta ecology: What we know and what we need to know. En L. Gould y M. L. Sauther (eds.), *Lemurs: Developments in primatology: Progress and prospect* (pp. 69-85). Boston: Springer.
- Gould, L., & Sauther, M. L. (2007). "Lemur catta ecology: What we know and what we need to know." *Lemur News*, 12, 24-28.
- Gobierno de México. (2013). Decreto por el que se reforman los artículos 27 y 78 y se adiciona un artículo 78 Bis a la Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 12 de Enero de 2025 de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5328033&fecha=26/12/2013
- Grier, K. (2016). San Diego Zoo Global: The first century. San Diego Zoo Global.
- Guyer, C., & Donnelly, M. A. (2005). Amphibians and Reptiles of La Selva, Costa Rica, and the Caribbean Slope: A Comprehensive Guide. University of California Press.
- Hack, M. A., East, R., & Rubenstein, D. I. (2002). "Equus quagga." The IUCN Red List of Threatened Species 2002: e.T41013A10367650. Recuperado el 11 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/41013/10367650>.
- Hamilton, C., Bonneuil, C., & Gemenne, F. (Eds.). (2015). The Anthropocene and the Global Environmental Crisis: Rethinking Modernity in a New Epoch. Routledge.
- Haring, D., & Jolly, A. (2010). Lemurs: Ecology and adaptation. Springer.
- Herrera, E. A., & Macdonald, D. W. (1989). "Resource utilization and territoriality in group-living capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*)." *Journal of Animal Ecology*, 58(3), 667-679.
- Hill, W. C. O. (1953). Primates: Comparative anatomy and taxonomy. Vol 1. Strepsirhini. Edinburgh University Press.
- Historic Royal Palaces. (2023). The Tower of London menagerie. Recuperado el 20 de julio de 2024 de <https://www.hrp.org.uk/tower-of-london/history-and-stories/the-tower-of-london>.

- Hoage, R. J., & Deiss, W. A. (1996). *New Worlds, New Animals: From Menagerie to Zoological Park in the Nineteenth Century*. Johns Hopkins University Press.
http://w3.ipa.fhg.de/PresseMedien/interaktiv/interaktiv_2003_01.pdf citado en: López-Forniés, Ignacio, & Berges-Muro, Luis. (2014). Aproximación al diseño biomimético. *Aprendizaje y aplicación*. DYNA, 81(188), 181-190. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n188.41671>
- Iberdrola. (2023). Megadiverse Countries. Iberdrola. Recuperado el 13 de Febrero de 2024. <https://www.iberdrola.com/sustainability/megadiverse-countries#:~:text=The%20World%20Conservation%20Monitoring%20Centre,Peru%2C%20Democratic%20Republic%20of%20Congo%2C>
- Ilieva, L., Ursano, I., Traista, L., Hoffmann, B., & Dahy, H. (2022). Biomimicry as a Sustainable Design Methodology—Introducing the ‘Biomimicry for Sustainability’ Framework. *Biomimetics*, 7(2), 37. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020037>
- Innsbruck University. (n.d.). H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g. Universität Innsbruck. Recuperado el 19 de Agosto de 2024 de: <https://www.uibk.ac.at/staedtebau/landscape-architecture/projects/h.o.r.t.u.s.-xl-astaxanthin.g.html>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2020). *Agalychnis callidryas*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55288A53917884. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/55288/53917884>.
- IUCN. (2020). *Ramphastos spp.* The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 15 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org>.
- IUCN. (2021). *Ambystoma dumerilii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T59079A53976943. Recuperado el 8 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/59079/53976943>.
- IUCN. (2021). *Giraffa camelopardalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/9194/20408860>.
- IUCN. (2021). *Pan troglodytes*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/15933/129038584>.
- Jacobs, L. (2020). Backgrounds and enrichment. San Diego Zoo Wildlife Alliance. Recuperado de <https://science.sandiegozoo.org/science-blog/backgrounds-and-enrichment>
- Jamieson, D. (1985). Against zoos. En P. Singer (Ed.), *In defence of animals* (pp. 108-117). Blackwell.
- Johnson, A. R., & Cézilly, F. (2007). “The Greater Flamingo.” T & AD Poyser.
- Jolly, A. (1966). *Lemur behavior: A Madagascar field study*. Chicago: University of Chicago Press. Recuperado el 6 de Noviembre de 2024 de <https://archive.org/details/lemurbehaviormad0000joll/c5k6/page/n231/mode/2up>
- Jolly, A. (1984). The puzzle of female feeding priority. In: *Female primates: Studies by women primatologists* (pp. 197-215). Alan R. Liss.
- Juniper, T., & Parr, M. (1998). “Parrots: A Guide to Parrots of the World.” Yale University Press.
- Kaefer, I. L., Boelter, R. A., & Cechin, S. Z. (2007). “Diet of the invasive frog *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) in Uruguay.” *North-Western Journal of Zoology*, 3(1), 138-144.
- Kappeler, P. M. (1990). Female dominance in Lemur catta: More than just female feeding priority? *Folia Primatologica*, 55(2), 92-95.
- Katherine, B. (2023). Dostoevsky’s Polyphonic Novel. En B. Katherine (Ed.), *Dostoevsky and the Crystal Palace: Utopianism and the Architectural Imagination* (pp. 1-22). Universidad de Columbia.
- King, S. R. B., & Moehlman, P. D. (2016). *Equus quagga ssp. quagga*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T41013A45172424. Recuperado el 11 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/41013/45172424>.
- Knight, M. H. (2013). “The impacts of climate change on terrestrial African mammals.” *African Journal of Ecology*, 51(2), 262-272.
- Kochert, M. N., Steenhof, K., Carpenter, L. B., & Marzluff, J. M. (2002). “Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) populations: Status and management in the United States.” *Journal of Raptor Research*, 36(1), 32-40.
- Kyle, D. G. (1998). *Spectacles of Death in Ancient Rome*. Routledge.
- La Libertad. *Semanario de política y variedades*, año 12, tomo 12, núm. 42, 7 de octubre de 1904, p. 1.
- Learn Biomimicry. (2021). A field guide to Biomimicry: A brief overview of the core elements and practice of biomimicry. Recuperado el 12 de Mayo de 2024 de <https://www.learnbiomimicry.com/>
- Learn Biomimicry. (s.f.). History of Biomimicry. Recuperado el 12 de Mayo de 2024, de: <https://www.learnbiomimicry.com/blog/history-of-biomimicry>
- Leuthold, B. M. (1979). “Behavioral ecology of the giraffe in Tsavo East National Park, Kenya.” *African Journal of Ecology*, 17(1), 19-34.
- Lever, C. (2003). *Naturalized Reptiles and Amphibians of the World*. Oxford University Press.
- Lewison, R., & Oliver, W. (2008). *Hippopotamus amphibius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T10103A3170345. Recuperado el 11 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/10103/3170345>.
- Linnaeus, C. (1758). *Systema Naturae per Regna Tria Naturae*. Editio decima, reformata. Laurentius Salvius.
- Lopez, B. H. (1978). *Of Wolves and Men*. J. M. Dent and Sons Ltd.
- Maglic, M. (2012). *Biomimicry: Using Nature as a Model for Design* [Master of Architecture (M. Arch), University of Massachusetts Amherst]. ScholarWorks Repositorio. <https://doi.org/10.7275/2820720>
- Martin, R. D. (1990). *Primate origins and evolution: A phylogenetic reconstruction*. Princeton University Press.
- Martínez, L. (2010). Protección animal en el siglo XXI: Principios y avances. Editorial Jurídica.
- Mazzoleni, I., & Price, S. (2013). *Architecture follows nature: Biomimetic principles for innovative design*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- McGoogan, K., Garcia, E., Cooper, L., & Fernandez-Duque, E. (2012). Daily activity and light exposure levels for five species of lemurs at the Duke Lemur Center. *American Journal of Primatology*, 74(12), 1126-1137.
- McGowan, P. J. K., & Kirwan, G. M. (2020). “Golden Pheasant (*Chrysolophus pictus*).” In *Birds of the World* (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology.
- McKinney, M. L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, 52(10), 883-890. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- McLellan, B. N., Proctor, M. F., Huber, D., & Michel, S. (2017). “*Ursus arctos* (errata version published in 2018).” The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T41688A121229971. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/41688/121229971>.
- Mech, L. D. (1970). *The Wolf: The Ecology and Behavior of an Endangered Species*. Natural History Press.
- Mech, L. D., & Boitani, L. (2003). *Wolves: Behavior, Ecology, and Conservation*. University of Chicago Press.
- menagerie/#gs.1kl7ll
- Mertl-Millhollen, A. S. (2006). Scent marking as resource defense by female Lemur catta. *American Journal of Primatology*, 68(6), 605-621.
- Minter, B. A., & Collins, J. P. (2013). Ecological ethics in captivity: Balancing values and responsibilities in zoo and aquarium research under rapid global change. *ILAR Journal*, 54(1), 41-51. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilt009>

- Hoage, R. J., & Deiss, W. A. (1996). *New Worlds, New Animals: From Menagerie to Zoological Park in the Nineteenth Century*. Johns Hopkins University Press.
http://w3.ipa.fhg.de/PresseMedien/interaktiv/interaktiv_2003_01.pdf citado en: López-Forniés, Ignacio, & Berges-Muro, Luis. (2014). Aproximación al diseño biomimético. *Aprendizaje y aplicación*. DYNA, 81(188), 181-190. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n188.41671>
- Iberdrola. (2023). Megadiverse Countries. Iberdrola. Recuperado el 13 de Febrero de 2024. <https://www.iberdrola.com/sustainability/megadiverse-countries#:~:text=The%20World%20Conservation%20Monitoring%20Centre,Peru%2C%20Democratic%20Republic%20of%20Congo%2C>
- Ilieva, L., Ursano, I., Traista, L., Hoffmann, B., & Dahy, H. (2022). Biomimicry as a Sustainable Design Methodology—Introducing the ‘Biomimicry for Sustainability’ Framework. *Biomimetics*, 7(2), 37. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020037>
- Innsbruck University. (n.d.). H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g. Universität Innsbruck. Recuperado el 19 de Agosto de 2024 de: <https://www.uibk.ac.at/staedtebau/landscape-architecture/projects/h.o.r.t.u.s.-xl-astaxanthin.g.html>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2020). *Agalychnis callidryas*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55288A53917884. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/55288/53917884>.
- IUCN. (2020). *Ramphastos* spp. The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 15 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org>.
- IUCN. (2021). *Ambystoma dumerilii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T59079A53976943. Recuperado el 8 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/59079/53976943>.
- IUCN. (2021). *Giraffa camelopardalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/9194/20408860>.
- IUCN. (2021). *Pan troglodytes*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/15933/129038584>.
- Jacobs, L. (2020). Backgrounds and enrichment. San Diego Zoo Wildlife Alliance. Recuperado de <https://science.sandiegozoo.org/science-blog/backgrounds-and-enrichment>
- Jamieson, D. (1985). Against zoos. En P. Singer (Ed.), *In defence of animals* (pp. 108-117). Blackwell.
- Johnson, A. R., & Cézilly, F. (2007). “The Greater Flamingo.” T & AD Poyser.
- Jolly, A. (1966). *Lemur behavior: A Madagascar field study*. Chicago: University of Chicago Press. Recuperado el 6 de Noviembre de 2024 de https://archive.org/details/lemurbehaviormad0000joll_c5k6/page/n231/mode/2up
- Jolly, A. (1984). The puzzle of female feeding priority. In: *Female primates: Studies by women primatologists* (pp. 197-215). Alan R. Liss.
- Juniper, T., & Parr, M. (1998). “Parrots: A Guide to Parrots of the World.” Yale University Press.
- Kaefer, I. L., Boelter, R. A., & Cechin, S. Z. (2007). “Diet of the invasive frog *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) in Uruguay.” *North-Western Journal of Zoology*, 3(1), 138-144.
- Kappeler, P. M. (1990). Female dominance in Lemur catta: More than just female feeding priority? *Folia Primatologica*, 55(2), 92-95.
- Katherine, B. (2023). Dostoevsky’s Polyphonic Novel. En B. Katherine (Ed.), *Dostoevsky and the Crystal Palace: Utopianism and the Architectural Imagination* (pp. 1-22). Universidad de Columbia.
- King, S. R. B., & Moehlman, P. D. (2016). *Equus quagga* ssp. *quagga*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T41013A45172424. Recuperado el 11 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/41013/45172424>.
- Knight, M. H. (2013). “The impacts of climate change on terrestrial African mammals.” *African Journal of Ecology*, 51(2), 262-272.
- Kochert, M. N., Steenhof, K., Carpenter, L. B., & Marzluff, J. M. (2002). “Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) populations: Status and management in the United States.” *Journal of Raptor Research*, 36(1), 32-40.
- Kyle, D. G. (1998). *Spectacles of Death in Ancient Rome*. Routledge.
- La Libertad. *Semanario de política y variedades*, año 12, tomo 12, núm. 42, 7 de octubre de 1904, p. 1.
- Learn Biomimicry. (2021). A field guide to Biomimicry: A brief overview of the core elements and practice of biomimicry. Recuperado el 12 de Mayo de 2024 de <https://www.learnbiomimicry.com/>
- Learn Biomimicry. (s.f.). History of Biomimicry. Recuperado el 12 de Mayo de 2024, de: <https://www.learnbiomimicry.com/blog/history-of-biomimicry>
- Leuthold, B. M. (1979). “Behavioral ecology of the giraffe in Tsavo East National Park, Kenya.” *African Journal of Ecology*, 17(1), 19-34.
- Lever, C. (2003). *Naturalized Reptiles and Amphibians of the World*. Oxford University Press.
- Lewison, R., & Oliver, W. (2008). *Hippopotamus amphibius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T10103A3170345. Recuperado el 11 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/10103/3170345>.
- Linnaeus, C. (1758). *Systema Naturae per Regna Tria Naturae*. Editio decima, reformata. Laurentius Salvius.
- Lopez, B. H. (1978). *Of Wolves and Men*. J. M. Dent and Sons Ltd.
- Maglic, M. (2012). *Biomimicry: Using Nature as a Model for Design* [Master of Architecture (M. Arch), University of Massachusetts Amherst]. ScholarWorks Repositorio. <https://doi.org/10.7275/2820720>
- Martin, R. D. (1990). *Primate origins and evolution: A phylogenetic reconstruction*. Princeton University Press.
- Martínez, L. (2010). Protección animal en el siglo XXI: Principios y avances. Editorial Jurídica.
- Mazzoleni, I., & Price, S. (2013). *Architecture follows nature: Biomimetic principles for innovative design*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- McGoogan, K., Garcia, E., Cooper, L., & Fernandez-Duque, E. (2012). Daily activity and light exposure levels for five species of lemurs at the Duke Lemur Center. *American Journal of Primatology*, 74(12), 1126-1137.
- McGowan, P. J. K., & Kirwan, G. M. (2020). “Golden Pheasant (*Chrysolophus pictus*).” In *Birds of the World* (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology.
- McKinney, M. L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, 52(10), 883-890. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- McLellan, B. N., Proctor, M. F., Huber, D., & Michel, S. (2017). “*Ursus arctos* (errata version published in 2018).” The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T41688A121229971. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/41688/121229971>.
- Mech, L. D. (1970). *The Wolf: The Ecology and Behavior of an Endangered Species*. Natural History Press.
- Mech, L. D., & Boitani, L. (2003). *Wolves: Behavior, Ecology, and Conservation*. University of Chicago Press.
- menagerie/#gs.1kl7ll
- Mertl-Millhollen, A. S. (2006). Scent marking as resource defense by female Lemur catta. *American Journal of Primatology*, 68(6), 605-621.
- Minter, B. A., & Collins, J. P. (2013). Ecological ethics in captivity: Balancing values and responsibilities in zoo and aquarium research under rapid global change. *ILAR Journal*, 54(1), 41-51. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilt009>

- Mittermeier, R. A., Louis Jr, E. E., Richardson, M., Schwitzer, C., Langrand, O., Rylands, A. B., & Hawkins, F. (2010). Lemurs of Madagascar. Conservation International.
- Moreira, J. R., Ferraz, K. M. P. M. B., Herrera, E. A., & Macdonald, D. W. (2013). "Capybara: Biology, Use and Conservation of an Exceptional Neotropical Species." Springer Science+Business Media.
- Morgan, K. N., & Tromborg, C. T. (2007). Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science*, 102, 262-302.
- Mullan, B., & Marvin, G. (1987). *Zoo Culture: The Book about Watching People Watch Animals*. University of Illinois Press.
- Naciones Unidas. (1992). Convenio sobre la Diversidad Biológica. Recuperado de <https://www.cbd.int>
- Nakamichi, M., & Koyama, N. (1997). Social relationships among ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) in two free-ranging troops at Berenty Reserve, Madagascar. *International Journal of Primatology*, 18(1), 73-94.
- Navarrio Ornelas, Lourdes, "Los zoológicos: ¿cuál es su misión cultural?", en *Revista Ciencias*, no. Especial 7, mayo, México, 1993, p. 72.
- Niemelä, P., Vuorisalo, T., & Örmä, S. (2021). Frederick II of Hohenstaufen and modern ecology. *Natural History Sciences*, 8(2), 65-74. <https://doi.org/10.4081/nhs.2021.539>
- Nowak, R. M. (2002). "The original status of wolves in eastern North America." *Southeastern Naturalist*, 1(2), 95-130.
- Ollerenshaw, R. M. (2020). Architects of change: How does zoo exhibit design impact the efficacy of zoo-based behaviour change campaigns? [Tesis doctoral, Australian National University]. Repositorio de la Universidad Nacional de Australia.
- O'Neill, M. C. (2009). The structural basis of locomotor cost: Gait, mechanics, and limb design in ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) (Doctoral dissertation). Johns Hopkins University.
- Oxman, N. (s.f.). Silk Pavilion I. Recuperado el 16 de Mayo de 2024 de <https://oxman.com/projects/silk-pavilion-i>
- Pathak, S. (2019). Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. *International Journal of New Technology and Research (IJNTR)*, 5(6), 34-38
- Pearce, M. (s.f.). Mick Pearce – Architect. Recuperado el 16 de Mayo de 2024 de <https://www.mickpearce.com/index.html>
- Pemberton, N. (2004). *Beastly London: A History of Animals in the City*. Reaktion Books.
- Petranka, J. W. (1998). *Salamanders of the United States and Canada*. Washington, DC: Smithsonian Books.
- Philip Beesley Studio Inc. (s.f.). Hylozoic ground – Venice Biennale. Recuperado el 15 de Mayo de 2024 de <https://www.philipbeesleystudioinc.com/sculpture/hylozoic-ground-venice-biennale/>
- Platt, S. G., & Rainwater, T. R. (2006). "Notes on the ecology and behavior of the Morelet's crocodile in Belize." *Herpetological Natural History*, 9, 21-32.
- Platt, S. G., & Thorbjarnarson, J. B. (2010). "Status and conservation of the Morelet's crocodile, *Crocodylus moreletii*, in Belize." *Biological Conservation*, 143(11), 2823-2832.
- Poole, J. H., & Granli, P. K. (2011). *ElephantVoices*. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.elephantvoices.org/>.
- Quigley, H., Foster, R., Petracca, L., Payan, E., Salom, R., & Harmsen, B. (2017). "Panthera onca." The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T15953A123791436. Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.iucnredlist.org/species/15953/123791436>.
- Rasamimanana, H., Andrianome, V. N., Ramboelarivony, H., & Pasquet, P. (2006). Male and Female Ringtailed Lemurs' Energetic Strategy Does Not Explain Female Dominance. In R. W. Sussman, L. Gould, & M. Koyama (Eds.), *Ringtailed Lemur Biology: Lemur catta in Madagascar* (pp. 183-202). Springer, Chicago. doi.org/10.1093/ilar/ilt009
- Regan, T. (1983). *The case for animal rights*. University of California Press.
- Renton, K. (2004). "Conservation status of the Scarlet Macaw Ara macao in the Pacific lowlands of Costa Rica." *Bird Conservation International*, 14(3), 255-269.
- Restall, R., Rodner, C., & Lentino, M. (2006). *Birds of Northern South America: An Identification Guide, Volume 1: Species Accounts*. Yale University Press.
- Rheingantz, M. L., Waldemarin, H. F., Rodrigues, L., & Moulton, T. P. (2017). "Distribution and habitat use of small carnivores in the Araripe bioregion, northeastern Brazil." *Journal of Neotropical Mammalogy*, 24(1), 1-16.
- Rowley, I. (1990). "Galahs." *En Reader's Digest Complete Book of Australian Birds*. Reader's Digest Services Pty Ltd.
- Rowley, I. (1997). "Family Cacatuidae (Cockatoos)." In *Handbook of the Birds of the World, Vol. 4, Sandgrouse to Cuckoos*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Rubenstein, D. I. (2010). "Ecology and social behavior of the Grevy's zebra." *Equid Specialist Group Newsletter*, 30, 9-13. <https://sdarchitecture.org/project/africa-rocks-san-diego-zoo/>
- San Diego Architectural Foundation. (s.f.). Africa Rocks – San Diego Zoo. Recuperado el 23 de Junio de 2025 de: <https://sdarchitecture.org/project/africa-rocks-san-diego-zoo/>
- San Diego History Center. (s.f.). Panama-California Exposition. Recuperado el 13 de marzo de 2024 de <https://sandiegohistory.org/archives/amero/1915expo/ch2/>
- San Diego Zoo Wildlife Alliance Library. (s.f.). San Diego Zoo Story Timeline. Recuperado el 13 de marzo, 2024, de <https://library.sandiegozoo.org/sdzc-history-timeline/>
- Sánchez Valdes, M. A. (2022). Aplicación de enriquecimiento ambiental y evaluación de bienestar animal en *Lemur catta*, en el zoológico "Parque del Pueblo". Informe de Conclusión de Servicio Social, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Sanderson, E. W., Redford, K. H., Chetkiewicz, C. B., Medellin, R. A., Rabinowitz, A. R., Robinson, J. G., & Taber, A. B. (2002). "Planning to save a species: the jaguar as a model." *Conservation Biology*, 16(1), 58-72.
- Sanderson, E. W., Redford, K. H., Weber, B., Aune, K., Baldes, D., Berger, J., ... & Zaremba, K. (2008). "The ecological future of the North American bison: Conceiving long-term, large-scale conservation of wildlife." *Conservation Biology*, 22(2), 252-266.
- Santesso, A. (2014). *Living Authenticity: The World's Fair and the Zoo*. En *Meet Me at the Fair: A World's Fair Reader* (pp. 41-51). Pittsburgh, PA: ETC Press.
- Sauther, M. L. (1989). Antipredator behavior in troops of free-ranging *Lemur catta* at Beza Mahafaly special reserve, Madagascar. *International Journal of Primatology*, 10, 595-606.
- Sauther, M. L. (1994). Wild plant use by *Lemur catta*: The importance of structure, seasonality, and food quality. *International Journal of Primatology*, 15(5), 661-676. Sauther, M. L., Sussman, R. W., & Gould, L. (1999). "The socioecology of the ring-tailed lemur: Thirty-five years of research." *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 8(4), 120-132.
- Sauther, M. L., Sussman, R. W., & Gould, L. (1999). The socioecology of the ring-tailed lemur: Thirty-five years of research. *Evolutionary Anthropology*, 8(4), 120-132.
- Savage, J. M. (2002). *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between Two Continents, between Two Seas*. University of Chicago Press.
- Scripps Health. (s.f.). Ellen Browning Scripps. Recuperado el 13 de marzo de 2024, de <https://www.scripps.org/about-us/who-we-are/history/ellen-browning-scripps>
- Secretaría de Economía. (2014). NMX-AA-165-SCFI-2014. Requisitos para la certificación respecto al bienestar animal, conservación, investigación, educación y seguridad en zoológicos.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. <https://www.dof.gob.mx>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 24 de Septiembre de 2024 de: Ley General de Vida Silvestre (diputados.gob.mx)

- Semlitsch, R. D. (2008). "Differentiating migration and dispersal processes for pond-breeding amphibians." *Journal of Wildlife Management*, 72(1), 260-267.
- Servheen, C., Herrero, S., & Peyton, B. (1999). "Bears: Status Survey and Conservation Action Plan." IUCN/SSC Bear and Polar Bear Specialist Groups, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2025). Normales climatológicas diarias: Estación 16022 Morelia. Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 24 de junio de 2025 de: https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Diarios/mich/dia16022.txt
- Sharklet Technologies, Inc. (s.f.). Sharklet. Recuperado el 15 de Mayo de 2024 de <https://www.sharklet.com/>
- Shaw, I. (2003). *The Oxford History of Ancient Egypt*. Oxford University Press.
- Short, L. L., & Horne, J. F. M. (2001). "Toucans (*Ramphastos* spp.) and their ecological role as frugivores in tropical and subtropical environments." *Ornithological Monographs*, 52, 1-19.
- Simmen, B., Hladik, A., & Ramasiarisoa, P. (2003). Food intake and dietary overlap in native Lemur catta and Propithecus verreauxi and introduced Eulemur fulvus at Berenty, southern Madagascar. *Journal of Zoology*, 259(4), 419-428.
- Singer, P. (1975). *Animal liberation: A new ethics for our treatment of animals*. HarperCollins.
- Semlitsch, R. D. (2008). "Differentiating migration and dispersal processes for pond-breeding amphibians." *Journal of Wildlife Management*, 72(1), 260-267.
- Servheen, C., Herrero, S., & Peyton, B. (1999). "Bears: Status Survey and Conservation Action Plan." IUCN/SSC Bear and Polar Bear Specialist Groups, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Sharklet Technologies, Inc. (s.f.). Sharklet. Recuperado el 15 de Mayo de 2024 de <https://www.sharklet.com/>
- Shaw, I. (2003). *The Oxford History of Ancient Egypt*. Oxford University Press.
- Short, L. L., & Horne, J. F. M. (2001). "Toucans (*Ramphastos* spp.) and their ecological role as frugivores in tropical and subtropical environments." *Ornithological Monographs*, 52, 1-19.
- Simmen, B., Hladik, A., & Ramasiarisoa, P. (2003). Food intake and dietary overlap in native Lemur catta and Propithecus verreauxi and introduced Eulemur fulvus at Berenty, southern Madagascar. *Journal of Zoology*, 259(4), 419-428.
- Singer, P. (1975). *Animal liberation: A new ethics for our treatment of animals*. HarperCollins.
- Singer, P. (1990). *Animal liberation*. HarperCollins.
- Speck, T., & Speck, O. (2008). Process sequences in biomimetic research. En C. A. Brebbia (Ed.), *Design & Nature IV* (pp. 3-11). WIT Press.
- Stoddart, D. R., & Taylor, J. D. (Eds.). (1971). *Ecology and Conservation of Aldabra Atoll*. Special Publication No. 1. Atoll Research Bulletin.
- Sukumar, R. (2003). *The Living Elephants: Evolutionary Ecology, Behaviour, and Conservation*. Oxford University Press.
- Sussman, R. W. (1972). An ecological study of two Madagascan primates: Lemur fulvus rufus Audebert and Lemur catta Linnaeus. Ph.D. thesis, Duke University.
- Sussman, R. W. (1974). Ecological distinctions in sympatric species of Lemur. *American Journal of Physical Anthropology*, 41(4), 525-540.
- Sussman, R. W. (1977). Socialization, social structure, and ecology of two sympatric species of lemur. *Behaviour*, 62(3), 241-259.
- Sussman, R. W. (1991). Demography and social organization of free-ranging Lemur catta in the Beza Mahafaly Reserve, Madagascar. *American Journal of Physical Anthropology*, 84(1), 43-58.
- Sussman, R. W., Green, G. M., Sussman, L. K., & Gould, L. (2006). "Sifaka Lemur (*Propithecus verreauxi*) Conservation and Ecology in the Tsaranoro Valley, Madagascar." *American Journal of Primatology*, 68(6), 515-525.
- Taylor Buck, N. (2017). The Art of Imitating Life: The Potential Contribution of Biomimicry in Shaping the Future of Our Cities. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 44(1), 120-140. <https://doi.org/10.1177/0265813515611417>
- Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group. (1996). *Aldabrachelys gigantea*. The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T9010A12949957. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T9010A12949957.en>
- Trinca, C. S., Waldemar, H. F., & Eizirik, E. (2007). "Molecular ecology and natural history of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*)." *Journal of Mammalogy*, 88(4), 787-797.
- U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS). (2017). "Recovery Plan for the Mexican Wolf". Recuperado el 10 de Abril de 2024 de: <https://www.fws.gov/southwest/es/mexicanwolf/>.
- UNESCO. (1978). Declaración Universal de los Derechos de los Animales. Recuperado el 10 de Junio de 2024 de <https://www.unesco.org>
- Uribe Salas, J. (2021). Memoria y narración sobre el Parque Zoológico de Morelia. En Memoria histórica y riqueza biocultural, 50 años del Parque Zoológico "Benito Juárez" de Morelia (págs. 77-78). Morelia: Silla Vacía
- Van Schaik, C. P. (2004). "Among Orangutans: Red Apes and the Rise of Human Culture." Belknap Press: An Imprint of Harvard University Press.
- Verbrugghe, N., Rubinacci, E., & Khan, A. Z. (2023). Biomimicry in Architecture: A Review of Definitions, Case Studies, and Design Methods. *Biomimetics*, 8(1), 107. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010107>
- Wallace, K. M., Leslie, A. J., Coulson, T., & Coulson, I. M. (2018). "Population status and distribution of the invasive Burmese python (*Python bivittatus*) in southern Africa." *Biological Invasions*, 20(12), 3407-3420.
- Watson, J. (2010). *The Golden Eagle*. Second Edition. T & AD Poyser.
- Weather Atlas. (s.f.). Clima y previsión meteorológica mensual Morelia, Mexico. Recuperado el 2 de Octubre de 2024 de: <https://www.weather-atlas.com/es/mexico/morelia-clima>
- Weather and Climate. (s.f.). Toliara, Madagascar - Climate data and average monthly weather. Recuperado el 25 de junio de 2025 de <https://weatherandclimate.com/madagascar/toliara>
- White, C. M., Olsen, P. D., & Kiff, L. F. (1994). "Family Falconidae (Falcons and Caracaras)." In *Handbook of the Birds of the World*, Vol. 2. New World Vultures to Guinea-fowl (pp. 216-275). Barcelona: Lynx Edicions.
- World Association of Zoos and Aquariums (WAZA). (2005). Estrategia mundial de zoológicos y acuarios para la conservación.
- World Association of Zoos and Aquariums (WAZA). (2005). World Zoo and Aquarium Conservation Strategy (WZACS). WAZA Executive Office.
- Wrangham, R. W., & Goodall, J. (1986). "Behavioural ecology of chimpanzees in Gombe National Park, Tanzania." *Journal of Human Evolution*, 15(1), 187-211.
- WWF. (2022). Living Planet Report 2022 - Building a nature-positive society. Almond, R.E.A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D. & Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland. [Página 32].
- Young, T. P., Okello, B. D., Kinyua, S. N., & Palmer, T. M. (2005). "Kleebergeria, a new genus of African Acacia-commensal Meloid beetles (Coleoptera: Meloidae), with a key to the genera of African meloids." *Zootaxa*, 1056(1), 35-45.
- Zambrano, L., Reynoso, V. H., & Herrera, G. (2007). "Conservation and management issues of the axolotl (*Ambystoma dumerilii*)." *Biological Conservation*, 134(4), 492-500.
- Zambrano, L., Valiente, E., & Vander Zanden, M. J. (2010). "Food web overlap among neotenic and metamorphic *Ambystoma* in natural and artificial habitats." *Biology Letters*, 6(4), 610-613.
- Zann, R. A. (1996). "The Zebra Finch: A Synthesis of Field and Laboratory Studies." Oxford University Press.

- Zeller, K. A. (2007). "Jaguar *Panthera onca* predation of pumas *Puma concolor*." *Mammalian Biology*, 72(3), 195-197.
- Zimmermann, A. (2007). *Zoos in the 21st century : catalysts for conservation?* Cambridge University Press. <https://archive.org/details/zoosin21stcentur0000unse>
- Zoological Society of San Diego. (1947). *Official guide book of the San Diego Zoo*(3rd ed.). San Diego Zoo. Recuperado el 15 de marzo de 2024 de: <https://californiarevealed.org/do/829fda36-cf30-4ecd-b062-c2b12343f041>

GRACIAS!

ANEXO SELECCIÓN DE ESPECIES

S E L L T I P E R R

1- Tortuga de Aldabra (*Aldabrachelys gigantea*)

Distribución geográfica: Nativa del atolón de Aldabra en las Seychelles, única sobreviviente de las tortugas gigantes después de la extinción en las Islas Galápagos y el Océano Índico (Gerlach, 2014).

Hábitat: Prefiere manglares, matorrales, dunas costeras y praderas herbáceas (Stoddart & Taylor, 1971).

Alimentación: Principalmente herbívora, consume hojas, hierbas, helechos y frutas, con ingestas ocasionales de invertebrados y carroña para proteínas (Stoddart & Taylor, 1971).

Comportamiento: Conocidas por su longevidad, algunas viven más de 100 años. Son diurnas, pasan el día alimentándose y tomando sol para termorregularse (Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group, 1996).

Conservación: Clasificada como "Vulnerable" por la UICN, con poblaciones estabilizadas gracias a esfuerzos de conservación (Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group, 1996).

Reproducción: Las hembras ponen entre 9 y 25 huevos, incubación de alrededor de 8 meses. La madurez sexual se alcanza entre los 2030 años (Gerlach, 2014).

FIG.157

La tortuga "Isaac"
Zoológico de Morelia, s.f.
Fotografía digital



2- Monitor de la Sabana (*Varanus exanthematicus*)

Distribución geográfica: Se encuentra ampliamente distribuido en África occidental y central, desde Senegal hasta Eritrea y el norte de la República Democrática del Congo (Ziegler, Böhme, & Schmitz, 2007).

Hábitat: Prefiere entornos como sabanas, áreas rocosas y semiáridas, además de los límites de los bosques, mostrando una notable capacidad de adaptación a una variedad de ambientes (Bennett, 2000).

Alimentación: Se caracteriza por su dieta oportunista y carnívora, consumiendo insectos, pequeños mamíferos, aves y huevos (Pianka, King, & King, 2004).

Comportamiento: Los monitores de la sabana son principalmente diurnos y tienden a ser solitarios, excepto durante la temporada de apareamiento. Son excavadores proficientes, utilizando madrigueras tanto para refugio como para la nidificación (Bennett, 2000).

Reproducción: Las hembras depositan entre 20 y 50 huevos, que requieren un período de incubación de 4 a 6 meses (Pianka, King, & King, 2004).

Estado de conservación: Actualmente, la especie no está clasificada como en peligro, aunque enfrenta amenazas debido a la pérdida de hábitat por la expansión agrícola y el desarrollo urbano (Ziegler, Böhme, & Schmitz, 2007).

Importancia en educación y conservación: Debido a su dieta variada y su capacidad de adaptación, el monitor de la sabana ofrece una oportunidad única para educar sobre temas de biodiversidad y adaptaciones ecológicas (Bennett, 2000).

FIG.158

Varano de la Sabana adulto
Daniel Bennett, Inaturalist.org, s.f.
Fotografía digital



3-Gecko tokay (Gekko gekko)

Distribución geográfica: Esta especie se encuentra en el sureste de Asia, extendiéndose desde el noreste de la India y Bangladesh hasta Indonesia y las islas del Pacífico occidental (Das, 2010).

Hábitat: Los geckos tokay prefieren una variedad de hábitats que incluyen bosques tropicales, plantaciones y, a menudo, ambientes urbanos y periurbanos, donde pueden vivir en las estructuras humanas (Das, 2010).

Alimentación: Son carnívoros y se alimentan principalmente de insectos, aunque también pueden consumir pequeños vertebrados. Son conocidos por su apetito voraz y su capacidad para controlar poblaciones de insectos en ambientes humanos (Bartlett & Bartlett, 2009).

Comportamiento: El gecko tokay es nocturno y territorial. Se comunica mediante vocalizaciones, especialmente el macho, que emite un llamado distintivo que suena como "tokay", de donde deriva su nombre común (Bartlett & Bartlett, 2009).

Reproducción: Las hembras ponen un pequeño número de huevos (generalmente dos) que adhieren a superficies en lugares protegidos. Los huevos eclosionan después de aproximadamente dos a tres meses, dependiendo de las condiciones ambientales (Das, 2010).

Estado de conservación: Aunque no se considera en peligro a nivel global, en algunas áreas su población está bajo presión debido a la pérdida de hábitat y la captura para el comercio de mascotas (Das, 2010).

Importancia en educación y conservación: El gecko tokay puede ser utilizado para discutir temas como la adaptación a ambientes urbanizados, la biodiversidad en los ecosistemas tropicales y las implicaciones del comercio de mascotas exóticas en las poblaciones silvestres (Bartlett & Bartlett, 2009).

FIG.159
Gecko Tokay
Kirkereptiles.com ,2015
Fotografía digital



4-Cocodrilo Moreletii (Crocodylus moreletii)

Distribución geográfica: El Cocodrilo de Morelet se encuentra principalmente en México, Belice y Guatemala, habitando en una variedad de cuerpos de agua dulce como lagunas, ríos y cenotes (Platt & Thorbjarnarson, 2010).

Hábitat: Prefiere aguas dulces, incluyendo pantanos, lagos, ríos y cenotes, adaptándose bien a diferentes condiciones de humedad y vegetación (Platt & Thorbjarnarson, 2010).

Alimentación: Son carnívoros oportunistas, su dieta incluye una variedad de presas como peces, anfibios, aves y pequeños mamíferos. Los juveniles tienden a alimentarse de invertebrados y pequeños peces (Cedeño-Vázquez et al., 2008).

Comportamiento: Esta especie es conocida por ser menos agresiva en comparación con otros cocodrilos. Son principalmente nocturnos y pasan gran parte del día tomando sol para regular su temperatura (Cedeño-Vázquez et al., 2008).

Reproducción: La hembra construye nidos de vegetación donde deposita entre 20 y 45 huevos. Los huevos eclosionan después de unos 80 días, y la madre puede ayudar a sus crías a llegar al agua (Platt & Rainwater, 2006).

Estado de conservación: Fue considerado en peligro en el pasado debido a la caza excesiva por su piel, pero las poblaciones se han recuperado en algunas áreas gracias a los esfuerzos de conservación. Actualmente, la destrucción del hábitat y la contaminación son las principales amenazas (Platt & Rainwater, 2006).

Importancia en educación y conservación: Representa una oportunidad para educar sobre la importancia de los ecosistemas acuáticos, la conservación de especies de cocodrilos y el impacto humano en los hábitats naturales (Platt & Thorbjarnarson, 2010).

FIG.160
Cocodrilo Moreletii
Robin Gwenn Agarwal, Mexico.inaturalist.org, s.f.
Fotografía digital



5- Pitón Burmes (Python molurus)

Distribución geográfica: Originaria del sudeste asiático, esta especie se encuentra en una variedad de hábitats, desde selvas hasta praderas y zonas cercanas a cursos de agua (Wallace et al., 2018).

Hábitat: Prefiere áreas húmedas como bosques, marismas y manglares, aunque también puede encontrarse en áreas agrícolas y periferias urbanas, adaptándose a diversos entornos (Wallace et al., 2018).

Alimentación: Como depredador constrictor, su dieta incluye una amplia gama de presas, desde aves y murciélagos hasta mamíferos de tamaño considerable, dependiendo de su edad y tamaño (Barker & Barker, 2008).

Comportamiento: Es una especie principalmente nocturna, conocida por su capacidad de nadar y trepar. Aunque es generalmente dócil con los humanos, puede mostrar comportamiento defensivo si se siente amenazada (Barker & Barker, 2008).

Reproducción: Es ovípara, con las hembras poniendo grandes cantidades de huevos, hasta 100 en una sola puesta. La hembra incuba los huevos enrollándose alrededor de ellos y utilizando contracciones musculares para generar calor (Barker et al., 2012).

Estado de conservación: Aunque no está clasificada como en peligro, las poblaciones de pitones birmanas están bajo presión debido a la destrucción del hábitat y la caza furtiva para el comercio de mascotas y la piel (Wallace et al., 2018).

Importancia en educación y conservación: La pitón birmana ofrece una oportunidad única para discutir temas como el comercio ilegal de vida silvestre, la invasión de especies exóticas en lugares como Florida, y la conservación de los ecosistemas del sudeste asiático (Barker et al., 2012).

FIG.161
Pitón Burmes en el Zoo Morelia
Parque Zoológico Benito Juárez, s.f.
Fotografía digital



ANFIBIOS

6- Achoque Michoacano (*Ambystoma dumerilii*)

Distribución geográfica: Esta especie es endémica del Lago de Pátzcuaro en Michoacán, México, y no se encuentra de forma natural en ningún otro lugar del mundo (Zambrano et al., 2010).

Hábitat: El Achoque Michoacano habita exclusivamente en las aguas frescas y profundas del Lago de Pátzcuaro, donde se encuentran entre vegetación acuática y áreas de poca corriente (Zambrano et al., 2010).

Alimentación: Es carnívoro y se alimenta principalmente de pequeños invertebrados acuáticos, insectos y larvas que encuentra en su hábitat lacustre (Zambrano et al., 2007).

Comportamiento: Es una especie que puede exhibir neotenia, es decir, algunos individuos retienen características larvarias como branquias externas y una cola adaptada para la vida acuática durante toda su vida (Zambrano et al., 2007).

Reproducción: La reproducción ocurre en el agua, donde las hembras depositan sus huevos en la vegetación sumergida. La fertilización es externa, y el desarrollo de los embriones y larvas también tiene lugar en el agua (Zambrano et al., 2010).

Estado de conservación: Está clasificado como "En peligro" por la IUCN, principalmente debido a la degradación del hábitat, la contaminación del agua y la sobreexplotación para uso medicinal y alimenticio (IUCN, 2021).

Importancia en educación y conservación: Representa una oportunidad crítica para educar sobre la importancia de la conservación de hábitats acuáticos endémicos y los desafíos que enfrentan especies con distribuciones geográficas extremadamente limitadas (Zambrano et al., 2007).

FIG.162
Achoque michoacano
CONABIO, s.f.
Fotografía digital



7- Rana Toro (*Lithobates catesbeianus*)

Distribución geográfica: Originaria del este de Norteamérica, pero ha sido introducida en otros continentes donde, en muchos casos, se ha establecido como una especie invasora (Lever, 2003). **Hábitat:** Prefiere ambientes acuáticos como lagos, estanques y arroyos con agua dulce, abundante vegetación y áreas soleadas para tomar el sol (Lever, 2003).

Alimentación: Es carnívora y consume una amplia variedad de presas, incluyendo insectos, peces pequeños, otros anfibios e incluso aves y mamíferos pequeños. Su dieta contribuye a su éxito como especie invasora (Kaefer et al., 2007).

Comportamiento: Las ranas toro son conocidas por su agresividad en la captura de presas y defensa del territorio. Emiten un fuerte llamado que es característico de la especie, especialmente durante la temporada de reproducción (Kaefer et al., 2007).

Reproducción: Se reproducen en el agua, donde la hembra puede poner miles de huevos que se adhieren a la vegetación. Los renacuajos pueden tardar hasta dos años en metamorfosearse completamente (Kaefer et al., 2007).

Estado de conservación: No está considerada en peligro en su rango nativo, pero su introducción en otros hábitats ha llevado a problemas ecológicos significativos, como la disminución de especies nativas (Kaefer et al., 2007).

Importancia en educación y conservación: Esencial para discutir los impactos de las especies invasoras en ecosistemas locales y globales, así como los desafíos en la gestión de especies invasoras y la conservación de especies nativas (Lever, 2003).

FIG.163
Rana Toro Americana
Canal Clima, s.f.
Fotografía digital



8- Salamandra Tigre (*Ambystoma tigrinum*)

Distribución geográfica: Se encuentra en América del Norte, desde el sur de Alaska hasta el norte de México. Es una de las salamandras más ampliamente distribuidas en esta región (Petranka, 1998).

Hábitat: Esta especie habita en una variedad de entornos, incluyendo bosques, praderas, y áreas desérticas. Requiere cuerpos de agua estacionales o permanentes para la reproducción (Petranka, 1998).

Alimentación: Carnívora, se alimenta de insectos, lombrices, caracoles, y otros invertebrados, así como de pequeños vertebrados, incluyendo otras salamandras (Brodman et al., 2003).

Comportamiento: Es conocida por su capacidad de neotenia, en la que los individuos retienen características larvarias y continúan su vida acuática si las condiciones terrestres no son favorables. Son principalmente nocturnas y evitan la luz del día (Petranka, 1998).

Reproducción: Se reproduce en agua, donde las hembras depositan hasta 1,000 huevos en cuerpos de agua tranquilos. Los renacuajos suelen metamorfosearse en verano, aunque en algunos casos pueden permanecer en estado larvario por más tiempo (Brodman et al., 2003).

Estado de conservación: Aunque no está considerada globalmente en peligro, algunas subpoblaciones locales están amenazadas por la pérdida de hábitat y la contaminación (Semlitsch, 2008).

Importancia en educación y conservación: La salamandra tigre sirve como un importante indicador de la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y es un modelo vital para estudios de ecología y evolución (Semlitsch, 2008).

9- Rana de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*)

Distribución geográfica: Nativa de América Central, encontrándose desde el sureste de México hasta Colombia. Se distribuye por selvas tropicales húmedas, particularmente en áreas de baja altitud (Savage, 2002).

Hábitat: Prefiere la selva tropical húmeda y bosques lluviosos donde reside en la vegetación cerca de cuerpos de agua como ríos y estanques, crucial para su ciclo reproductivo (Savage, 2002).

Alimentación: Es insectívora, alimentándose principalmente de insectos y pequeños artrópodos que captura con su lengua pegajosa y rápida (Guyer & Donnelly, 2005).

Comportamiento: Nocturna y arbórea, esta rana utiliza su coloración verde vibrante para camuflarse durante el día mientras descansa en las hojas. Los grandes y llamativos ojos rojos sirven para disuadir a los depredadores mediante una táctica de intimidación conocida como "reflejo de ojos rojos" (Guyer & Donnelly, 2005).

Reproducción: Durante la temporada de reproducción, que coincide con la estación lluviosa, las hembras depositan sus huevos en la parte inferior de las hojas que cuelgan sobre el agua. Cuando los huevos eclosionan, los renacuajos caen al agua donde continuarán su desarrollo (Savage, 2002).

Estado de conservación: No está actualmente clasificada como amenazada a nivel global, pero la destrucción del hábitat y la contaminación representan riesgos significativos para sus poblaciones (IUCN, 2020).

Importancia en educación y conservación: Su atractivo estético y comportamiento interesante la convierten en un icono para los esfuerzos de conservación del bosque tropical y para educar al público sobre los impactos del cambio ambiental en los ecosistemas sensibles (Guyer & Donnelly, 2005).

FIG.164
Salamandra Tigre
Jake S., Ecuador Inaturalist.org, s.f.
Fotografía digital



FIG.165
Rana de ojos rojos.
Mason M., México Inaturalist.org, s.f.
Fotografía digital



MAMÍFEROS TERRESTRES

10- Oso Pardo (*Ursus arctos*)

Distribución geográfica: Esta especie se encuentra en varias regiones del mundo, incluyendo Norteamérica, Europa y Asia, con una población notable en la región de los Balcanes y Rusia (Bojarska & Selva, 2012).

Hábitat: Prefiere bosques densos, montañas y áreas silvestres remotas. Sin embargo, pueden adaptarse a una variedad de hábitats siempre que tengan acceso a suficientes recursos alimenticios (McLellan et al., 2017).

Alimentación: Omnívoro, su dieta varía significativamente dependiendo de la estación y la disponibilidad de alimentos, incluyendo frutos, nueces, hojas, raíces, insectos, peces y pequeños mamíferos (Bojarska & Selva, 2012).

Comportamiento: Los osos pardos son solitarios por naturaleza, excepto durante la temporada de apareamiento o madres con cachorros. Son conocidos por su capacidad de hibernación durante los meses de invierno en climas más fríos (McLellan et al., 2017).

Reproducción: La reproducción ocurre en la primavera, pero la implantación del embrión se retrasa hasta el otoño; los cachorros nacen durante la hibernación de la madre en el invierno y dependen de ella hasta que tienen cerca de dos años (Dahle & Swenson, 2003).

Estado de conservación: Clasificado de "Preocupación Menor" a "En Peligro" dependiendo de la región; muchas subpoblaciones están amenazadas por la pérdida de hábitat y la caza furtiva (Servheen et al., 1999).

Importancia en educación y conservación: El oso pardo es un importante indicador de la salud de los ecosistemas forestales y montañosos y juega un rol crucial en la cultura y la biodiversidad (Servheen et al., 1999).

FIG.166
Oso Pardo en Zoo de Morelia
Parque Zoológico Benito Juárez, s.f.
Fotografía digital



11- Lobo Gris Mexicano (*Canis lupus baileyi*)

Distribución geográfica: Originalmente se encontraba en el suroeste de los Estados Unidos, México y partes de Centroamérica. Actualmente, su presencia es principalmente en áreas protegidas y en programas de reintroducción en México y el sur de los Estados Unidos (USFWS, 2017).

Hábitat: Prefiere una variedad de hábitats que van desde desiertos y praderas hasta bosques montañosos, siempre que haya suficiente presa disponible (Nowak, 2002).

Alimentación: Carnívoro, su dieta está compuesta principalmente de ungulados como venados y pequeños mamíferos, aunque también pueden incluir otros animales como roedores y conejos dependiendo de la disponibilidad (Lopez, 1978).

Comportamiento: Especie altamente social que vive en manadas complejas, donde hay una jerarquía estricta. Estas manadas son cruciales para la caza efectiva y el cuidado de los cachorros (Mech, 1970).

Reproducción: Tienen una temporada de apareamiento a principios de año, y después de un periodo de gestación de aproximadamente 63 días, las hembras dan a luz a una camada de 4 a 6 cachorros (Mech & Boitani, 2003).

Estado de conservación: Considerado la subespecie más amenazada de lobo gris, está clasificado como en peligro de extinción debido a la pérdida de hábitat, la persecución humana y la baja diversidad genética (USFWS, 2017).

Importancia en educación y conservación: El lobo gris mexicano es un caso emblemático para los esfuerzos de conservación de carnívoros y para la educación sobre la coexistencia humana y la conservación de especies clave en el ecosistema (Mech & Boitani, 2003).

FIG.167
Grupo de lobos en el Zoo de Morelia
Fotografía de autor, 2024
Fotografía digital



12- Chimpancé (*Pan troglodytes*)

Distribución geográfica: Se encuentra en más de 20 países en África subsahariana, desde Guinea hasta Tanzania y Uganda (Goodall, 1986).

Hábitat: Prefieren una variedad de hábitats forestales, incluidos bosques tropicales lluviosos, bosques de montaña y bosques secos. También se encuentran en áreas de sabana boscosa (Wrangham & Goodall, 1986).

Alimentación: Omnívoros, se alimentan de una variedad de frutas, nueces, semillas, hojas, flores e insectos, y ocasionalmente cazan pequeños mamíferos y monos (Boesch & Boesch-Achermann, 2000).

Comportamiento: Son extremadamente sociales y viven en comunidades complejas de 20 a 150 individuos, que se subdividen en grupos más pequeños durante actividades diarias. Tienen una variedad de comportamientos sociales, herramientas de uso y exhiben una amplia gama de emociones (Goodall, 1986).

Reproducción: No tienen una temporada de reproducción fija; las hembras pueden dar a luz en cualquier momento del año, aunque generalmente tienen un solo bebé cada 3 a 5 años, lo que contribuye a su lenta tasa de reproducción (Boesch & Boesch-Achermann, 2000).

Estado de conservación: Clasificado como "En peligro" por la UICN, enfrentan amenazas significativas por la pérdida de hábitat, la caza furtiva y las enfermedades como el Ébola (IUCN, 2021).

Importancia en educación y conservación: Son fundamentales para entender la evolución humana y son cruciales para los estudios de comportamiento animal. Sus complejas estructuras sociales y cognitivas los hacen ideales para programas educativos sobre biodiversidad y conservación (Goodall, 1986).

FIG.168
Grupo de chimpancés en el Zoo de Morelia
Parque Zoológico Benito Juárez, 2023
Fotografía digital



13- Jirafa Reticulada (*Giraffa reticulata*)

Distribución geográfica: Predominantemente encontrada en el Cuerno de África, incluyendo partes de Kenia, Somalia y Etiopía (Bercovitch y Berry, 2013).

Hábitat: Habita en sabanas, áreas de bosque abierto y regiones semiáridas, donde la vegetación arbórea es accesible para alimentarse (Fennessy, 2016).

Alimentación: Herbívora, su dieta se compone principalmente de hojas, brotes y flores, especialmente de acacias, que son una fuente significativa de agua y nutrientes durante la estación seca (Leuthold, 1979).

Comportamiento: Las jirafas reticuladas son animales gregarios que forman grupos sociales fluctuantes y no territoriales. Tienen una excelente visión que les permite detectar depredadores desde largas distancias (Leuthold, 1979).

Reproducción: No tienen una temporada de reproducción fija; las hembras pueden parir en cualquier momento del año después de un período de gestación de aproximadamente 15 meses, dando a luz a una sola cría que puede caminar pocas horas después del nacimiento (Bercovitch y Berry, 2013).

Estado de conservación: Listada como 'Vulnerable' por la UICN, enfrenta amenazas como la pérdida de hábitat por la expansión agrícola y la caza furtiva para carne de caza y trofeos (Fennessy, 2016).

Importancia en educación y conservación: Su distintivo patrón de pelaje y su comportamiento social hacen de la jirafa reticulada un foco atractivo para la educación sobre la conservación de la biodiversidad y la ecología de las sabanas africanas (Bercovitch y Berry, 2013).

FIG.169
Jirafa infante en el Zoo de Morelia
Parque Zoológico Benito Juárez, 2022
Fotografía digital



14- Jaguar (*Panthera onca*)

Distribución geográfica: El jaguar es el felino más grande de América y su rango histórico abarcaba desde el suroeste de los Estados Unidos hasta Argentina, aunque en la actualidad se encuentra principalmente en la Amazonía y en áreas remotas de América Central y del Sur (Quigley et al., 2017).

Hábitat: Prefiere una amplia variedad de bosques tropicales y subtropicales, áreas pantanosas y zonas arboladas cerca de cursos de agua. Es notablemente adaptable en términos de tipos de hábitat, pero necesita regiones con suficiente presa y cobertura (Cavalcanti & Gese, 2010).

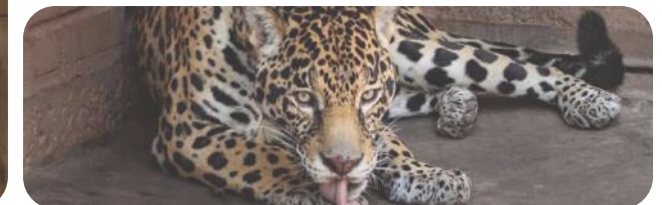
Alimentación: Carnívoro estricto, el jaguar tiene una dieta que incluye más de 85 especies, desde peces y reptiles hasta grandes ungulados como ciervos y capibaras, y es conocido por su capacidad única para perforar el cráneo de sus presas con sus poderosos mordiscos (de la Torre et al., 2017).

Comportamiento: Es solitario y territorial, con machos que ocupan territorios extensos que se superponen a los de varias hembras. Este felino es predominantemente nocturno, especialmente en áreas más perturbadas por la actividad humana (Quigley et al., 2017).

Reproducción: No tiene una temporada de reproducción fija; las hembras pueden dar a luz en cualquier momento del año, usualmente a dos cachorros después de un período de gestación de aproximadamente 100 días. Los cachorros permanecen con la madre hasta que tienen cerca de dos años (Zeller, 2007).

Estado de conservación: Clasificado como 'Casi Amenazado' por la UICN, enfrenta amenazas significativas debido a la pérdida de hábitat, la caza furtiva y los conflictos con los humanos, especialmente en áreas donde su hábitat se solapa con zonas agrícolas (Sanderson et al., 2002).

Importancia en educación y conservación: Es un símbolo de los esfuerzos de conservación en América Latina y juega un papel crucial en las culturas indígenas y locales. Su preservación es vital para el mantenimiento de los ecosistemas saludables debido a su rol como depredador apex (Sanderson et al., 2002).



MAMÍFEROS TERRESTRES

15- Elefante asiático (*Elephas maximus*)

Distribución geográfica: Se encuentra en áreas fragmentadas en la India, Sri Lanka, el sudeste de Asia, y en regiones del sur de China (Sukumar, 2003).

Hábitat: Prefiere una variedad de bosques, incluyendo bosques tropicales y subtropicales de hoja perenne, bosques caducifolios, y bosques de bambú, así como áreas de pastizales cercanas a fuentes de agua (Choudhury et al., 2008).

Alimentación: Herbívoro, se alimenta de una gran variedad de vegetación como hojas, tallos, frutas, y corteza de árboles. Tiene un papel crucial en su ecosistema como dispersor de semillas y modificador del paisaje forestal (Sukumar, 2003).

Comportamiento: Animales altamente sociales, los elefantes asiáticos forman grupos matriarcales liderados por la hembra más vieja y experimentada. Los machos adultos suelen ser solitarios o formar grupos más pequeños y menos estables (de Silva & de Silva, 2011).

Reproducción: El período de gestación es de aproximadamente 18-22 meses, y las hembras suelen dar a luz a un solo ternero. Los terneros dependen de sus madres y otros miembros femeninos del grupo durante los primeros años de vida (de Silva & de Silva, 2011).

Estado de conservación: Clasificado como 'En Peligro' por la UICN debido a la pérdida de hábitat, fragmentación del paisaje, y conflictos con humanos. La caza furtiva para obtener marfil, aunque menos frecuente que en los elefantes africanos, sigue siendo una amenaza (Choudhury et al., 2008).

Importancia en educación y conservación: Es esencial para programas educativos que promueven la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos forestales. Su protección es vital para la conservación de numerosas otras especies que dependen de los hábitats del bosque (Sukumar, 2003).

FIG.171
Elefante asiático "Chamberú" en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2022.
Fotografía digital



16- Cebra Común (*Equus quagga*)

Distribución geográfica: Se encuentra ampliamente en el sur y este de África, especialmente en países como Kenia, Tanzania, Uganda, Namibia y Sudáfrica (Hack et al., 2002).

Hábitat: Prefiere sabanas y áreas de pastizales abiertos, pero también se encuentra en regiones montañosas y de matorrales. Estas áreas proporcionan la vegetación necesaria para su alimentación y suficiente espacio para maniobrar y escapar de los depredadores (King & Moehlman, 2016).

Alimentación: Herbívora, principalmente consume una gran variedad de pastos, pero también puede comer hojas y ramas, especialmente en tiempos de escasez (King & Moehlman, 2016).

Comportamiento: Las cebras son animales sociales que forman grupos familiares estrechamente unidos liderados por un macho dominante. También forman grandes manadas durante migraciones o cuando se congregan en fuentes de agua (Rubenstein, 2010).

Reproducción: No tienen una temporada de cría específica, aunque las condiciones climáticas pueden influir en el ciclo reproductivo. Las hembras suelen tener una cría cada dos o tres años, después de un período de gestación de alrededor de doce meses (Hack et al., 2002).

Estado de conservación: Consideradas como especies de 'Preocupación Menor' por la UICN, pero algunas subespecies están en mayor riesgo y enfrentan amenazas de caza furtiva y pérdida de hábitat (King & Moehlman, 2016).

Importancia en educación y conservación: Las cebras son fundamentales para educar sobre los ecosistemas de sabanas y la necesidad de corredores de migración y áreas protegidas para preservar la vida silvestre africana (Rubenstein, 2010).

FIG.172
Elefante asiático "Chamberú" en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2022.
Fotografía digital



17- Hipopótamo (*Hippopotamus amphibius*)

Distribución geográfica: Se distribuyen principalmente en África subsahariana, con presencia en ríos y lagos de países como Kenia, Uganda, Tanzania, Botswana, Zambia, y Sudáfrica (Lewison & Oliver, 2008).

Hábitat: Prefiere cuerpos de agua como ríos, lagos y marismas que tengan agua suficiente para sumergirse durante el día y pastizales cercanos para alimentarse por la noche (Eltringham, 1999).

Alimentación: Herbívoro, se alimenta principalmente de pastos, consumiendo aproximadamente 40 kg de vegetación cada noche. Utiliza sus labios grandes y poderosos para arrancar la hierba (Field, 2005).

Comportamiento: Es conocido por su naturaleza social y vive en grupos que pueden consistir en docenas de individuos, liderados por un macho dominante. A pesar de su apariencia torpe, son nadadores competentes y pueden ser muy agresivos, especialmente si se sienten amenazados (Eltringham, 1999).

Reproducción: La gestación dura alrededor de ocho meses, y las hembras generalmente dan a luz a un solo ternero cada dos años. Los terneros nacen en el agua y pueden nadar casi inmediatamente (Field, 2005).

Estado de conservación: Clasificado como 'Vulnerable' por la UICN debido a la pérdida de hábitat y la caza para obtener carne y marfil (de sus colmillos). Además, enfrentan riesgos por el conflicto con humanos cuando invaden cultivos (Lewison & Oliver, 2008).

Importancia en educación y conservación: Los hipopótamos son cruciales para mantener los ecosistemas acuáticos saludables, ayudando a regular la vegetación de los cuerpos de agua y proporcionando nutrientes importantes a través de sus excrementos (Lewison & Oliver, 2008).

FIG.173
Hipopótamo con su cría en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2023.
Fotografía digital



18- Rinoceronte Blanco (*Ceratotherium simum*)

Distribución geográfica: Predominantemente ubicado en el sur de África, con las poblaciones más grandes en Sudáfrica, Namibia, Zimbabwe, y Kenia (Emslie, 2012).

Hábitat: Se encuentra en sabanas y praderas que ofrecen tanto pastos cortos para alimentarse como bebederos de agua. A menudo prefieren áreas con algo de sombra para descansar durante el calor del día (Emslie, 2012).

Alimentación: Herbívoro, principalmente pastador, se alimenta de hierbas y pastos bajos. Su amplia boca está adaptada para pastar grandes cantidades de hierba (Knight, 2013).

Comportamiento: Generalmente solitario, excepto las hembras con crías y subgrupos de machos juveniles. Los rinocerontes blancos son menos agresivos que sus parientes, los rinocerontes negros, pero los machos pueden ser territoriales (Knight, 2013).

Reproducción: Las hembras tienen un período de gestación de aproximadamente 16 meses y generalmente dan a luz a una sola cría. Los terneros pueden permanecer con sus madres hasta por tres años antes de independizarse (Emslie, 2012).

Estado de conservación: Clasificado como 'Casi amenazado' por la UICN, con la subespecie del norte (*Ceratotherium simum cottoni*) declarada funcionalmente extinta en la naturaleza. La principal amenaza es la caza furtiva por sus cuernos (Emslie, 2012).

Importancia en educación y conservación: Es crucial para la educación sobre la conservación debido a su visibilidad en safaris y parques, ayudando a sensibilizar sobre los problemas de caza furtiva y la necesidad de proteger el hábitat (Knight, 2013).

FIG.174
Rinoceronte en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2022.
Fotografía digital



MAMÍFEROS TERRESTRES

20- Bisonte Americano (Bison bison)

Distribución geográfica: Originalmente se extendía por gran parte de América del Norte, desde Canadá hasta México. Actualmente, se encuentra principalmente en reservas y parques nacionales (Sanderson et al., 2008).

Hábitat: Prefiere las praderas y pastizales abiertos, donde hay suficiente vegetación para pastar. También se adapta a entornos más áridos y boscosos, dependiendo de la disponibilidad de alimentos (Gates et al., 2010).

Alimentación: Herbívoro, se alimenta predominantemente de hierbas y pastos, pero también consume arbustos y otras plantas dependiendo de la estación y disponibilidad (Sanderson et al., 2008).

Comportamiento: Social por naturaleza, forma grandes manadas que son cruciales para su supervivencia y reproducción. Estas manadas a menudo están lideradas por hembras adultas y son conocidas por su capacidad para migrar largas distancias en busca de pastos frescos (Gates et al., 2010).

Reproducción: La temporada de reproducción ocurre durante el verano, y las crías nacen en la primavera siguiente después de un período de gestación de aproximadamente 9 meses. Las hembras suelen tener un ternero cada año (Gates et al., 2010).

Estado de conservación: Aunque ya no se considera en peligro de extinción gracias a esfuerzos de conservación efectivos, el bisonte aún enfrenta desafíos como la pérdida de hábitat y la fragmentación de sus poblaciones (Sanderson et al., 2008).

Importancia en educación y conservación: Es un símbolo icónico del patrimonio natural de América del Norte y juega un papel crucial en los ecosistemas de pastizales, ayudando a mantener la salud y la diversidad de estos hábitats (Gates et al., 2010).

FIG.175
Cría de bisonte americano en Zoo de Morelia.
Quadratin Morelia, 2020.
Fotografía digital



21- Lémur de Cola Anillada (Lemur catta)

Distribución geográfica: Endémico de Madagascar, específicamente en el sur y suroeste de la isla, donde se encuentran en diversos tipos de bosques, incluyendo bosques espinosos secos y galerías forestales (Sussman et al., 2006).

Hábitat: Prefiere regiones boscosas que incluyen bosques de tamarindo y áreas con arbustos espinosos, aunque también pueden encontrarse en bosques relictos cerca de aldeas y áreas cultivadas (Gould & Sauther, 2007).

Alimentación: Omnívoro, con una dieta que incluye frutas, hojas, flores, hierbas y, ocasionalmente, insectos y pequeños vertebrados. La fruta del tamarindo es una fuente de alimento significativa (Sauther et al., 1999).

Comportamiento: Social y diurno, vive en grupos matrilineales que pueden variar de 6 a 30 individuos. La sociedad está matriarcalmente organizada y las hembras suelen ser dominantes respecto a los machos (Jolly, 1966).

Reproducción: La temporada de cría es estacional, y la mayoría de los nacimientos ocurren al final de la estación seca. Las hembras generalmente dan a luz a una sola cría después de un período de gestación de aproximadamente 135 días (Gould & Sauther, 2007).

Estado de conservación: Clasificado como 'En Peligro' por la UICN debido a la destrucción de hábitat por la tala y la agricultura, así como por la caza para el comercio de mascotas y consumo local (Sussman et al., 2006).

Importancia en educación y conservación: Emblemático de la biodiversidad de Madagascar, es fundamental para los esfuerzos de conservación de la isla y para educar al público sobre los desafíos de conservación en hábitats únicos (Sussman et al., 2006).

FIG.176
Lemur cola anillada en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2023.
Fotografía digital



22- Suricata (Suricata suricatta)

Distribución geográfica: Nativa del sur de África, específicamente encontrada en el desierto de Kalahari en Botsuana, partes de Namibia y Sudáfrica (Doolan & Macdonald, 1996).

Hábitat: Prefiere áreas abiertas y semiáridas como sabanas y llanuras con suelo arenoso, donde puede cavar sus sistemas de madrigueras (Young et al., 2005).

Alimentación: Omnívora, su dieta incluye insectos, arañas, escorpiones, pequeños mamíferos, aves, huevos y, ocasionalmente, plantas y frutos (Doolan & Macdonald, 1996).

Comportamiento: Altamente social, vive en grupos llamados "clanes", que típicamente incluyen de 20 a 30 individuos. Los clanes mantienen y defienden territorios activamente y se basan en una estructura social cooperativa para el cuidado de las crías y la vigilancia contra depredadores (Young et al., 2005).

Reproducción: La reproducción puede ocurrir a lo largo del año, aunque tiende a concentrarse en las estaciones más cálidas. Las hembras pueden dar a luz a hasta cinco crías por camada después de un período de gestación de aproximadamente 11 semanas (Doolan & Macdonald, 1996).

Estado de conservación: No se considera actualmente en peligro de extinción. Sin embargo, están amenazadas por la pérdida de hábitat debido a la expansión agrícola y el desarrollo urbano (Young et al., 2005).

Importancia en educación y conservación: Son populares en programas educativos debido a su comportamiento intrigante y social, y son un ejemplo destacado de cooperación y estructura social en el reino animal (Young et al., 2005).

FIG.177
Suricatas en Zoo de Morelia.
Boletín de prensa, MiMorelia, 2023.
Fotografía digital



24- Capibara (Hydrochoerus hydrochaeris)

Distribución geográfica: El capibara es nativa de América del Sur, encontrada en todos los países excepto Chile. Tiene una presencia particularmente fuerte en las cuencas del Amazonas y del Orinoco (Moreira et al., 2013).

Hábitat: Prefiere áreas húmedas como riberas de ríos, estanques, pantanos y humedales, donde la vegetación acuática es abundante. Estos ambientes les permiten escapar de los depredadores mediante la inmersión en agua (Herrera & Macdonald, 1989).

Alimentación: Herbívoro, se alimenta principalmente de hierbas y plantas acuáticas, aunque también puede consumir frutas y cultivos agrícolas cuando están disponibles (Barreto & Herrera, 1998).

Comportamiento: Son animales altamente sociales que viven en grupos que pueden variar de 10 a 20 individuos, pero algunas agrupaciones pueden incluir hasta 100 capibaras. Su estructura social incluye tanto machos como hembras, y su comunicación involucra una variedad de vocalizaciones (Moreira et al., 2013).

Reproducción: El capibara puede reproducirse durante todo el año, con un pico que coincide con la temporada de lluvias. La hembra tiene un período de gestación de aproximadamente 150 días y puede dar a luz de 1 a 8 crías, aunque lo más común son 4 crías por camada (Barreto & Herrera, 1998).

Estado de conservación: No se considera amenazada a nivel global, pero la destrucción de hábitat y la caza para obtener carne y piel son problemas locales significativos (Herrera & Macdonald, 1989).

Importancia en educación y conservación: Debido a su papel como especie clave en los ecosistemas de humedales y su impacto en la vegetación acuática, el capibara es importante para la educación sobre la conservación de los humedales (Moreira et al., 2013).

FIG.178
Manada de capibaras en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2023.
Fotografía digital



SAVES

25- Águila Real (*Aquila chrysaetos*)

Distribución geográfica: Ampliamente distribuida en el hemisferio norte, se encuentra en América del Norte, Europa, Asia y partes del norte de África. Las poblaciones varían considerablemente en tamaño y estabilidad a lo largo de su rango (Watson, 2010).

Hábitat: Prefiere paisajes abiertos que ofrecen áreas adecuadas para cazar, como montañas, acantilados y otros terrenos accidentados. También se encuentra en tundras, zonas boscosas y desiertos (Watson, 2010).

Alimentación: Predador versátil, su dieta incluye mamíferos medianos a grandes, como liebres, conejos y marmotas, así como aves y ocasionalmente peces. La habilidad para cazar una variedad de presas es clave para su éxito en diferentes ambientes (Kochert et al., 2002).

Comportamiento: Son aves solitarias, excepto durante la temporada de reproducción o cuando los jóvenes están siendo entrenados en técnicas de caza. Son conocidas por su vuelo poderoso y habilidades de caza excepcionales, utilizando tanto la velocidad como la sorpresa para capturar presas (Watson, 2010).

Reproducción: Nidifican en lugares altos, como acantilados o árboles grandes, y generalmente vuelven al mismo nido cada año. Ponen de 1 a 4 huevos, y ambos padres participan en la incubación y la crianza de los polluelos (Kochert et al., 2002).

Estado de conservación: Considerada de 'Preocupación Menor' por la UICN, pero algunas subpoblaciones están en declive debido a la destrucción del hábitat, la contaminación y las colisiones con infraestructuras creadas por el hombre (BirdLife International, 2015).

Importancia en educación y conservación: El águila real es un símbolo de poder y libertad, utilizada frecuentemente en esfuerzos de conservación para educar al público sobre la importancia de la biodiversidad y los depredadores en los ecosistemas (Watson, 2010).

26- Tucán (*Ramphastos spp.*)

Distribución geográfica: Los tucanes se encuentran principalmente en América Central y del Sur, desde el sur de México hasta Colombia y Venezuela, y en la cuenca del Amazonas (Short & Horne, 2001).

Hábitat: Prefieren los bosques húmedos tropicales y subtropicales, tanto de tierras bajas como montañosas. Son frecuentes en las copas de los árboles de los bosques densos, aunque también pueden encontrarse en bosques más abiertos y áreas de plantaciones (Short & Horne, 2001).

Alimentación: Su dieta es predominantemente frugívora, consumiendo una amplia variedad de frutas tropicales, pero también se alimentan de insectos, pequeños reptiles y aves, y huevos de otras aves, lo que les confiere un papel importante en la dispersión de semillas (Restall et al., 2006).

Comportamiento: Los tucanes son aves sociales que a menudo se ven en grupos pequeños y son conocidos por su comportamiento ruidoso y sus vocalizaciones distintivas. Utilizan su gran pico de manera efectiva para alcanzar frutas en ramas finas que no soportarían su peso (Restall et al., 2006).

Reproducción: Anidan en cavidades de árboles, generalmente huecos previamente hechos por otros animales como pájaros carpinteros. La puesta consiste generalmente de 2 a 4 huevos, que son incubados por ambos padres (Short & Horne, 2001).

Estado de conservación: Algunas especies de tucán están bajo amenaza debido a la pérdida de hábitat y la captura para el comercio de mascotas. Las medidas de conservación son cruciales para mantener sus poblaciones estables (IUCN, 2020).

Importancia en educación y conservación: Los tucanes son importantes para los esfuerzos de educación ambiental debido a su atractivo visual y su rol en la ecología del bosque, como dispersores de semillas y como indicadores de la salud del hábitat (Restall et al., 2006).

FIG.179
Águila Real en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2022.
Fotografía digital



FIG.180
Tucán
César Alejo, 2023.
Fotografía digital



27- Halcón Cara Cara (*Caracara plancus*)

Distribución geográfica: Se encuentra en América del Sur, desde Colombia y Venezuela hasta Tierra del Fuego en Argentina. Es particularmente común en las llanuras abiertas de la Patagonia y otras áreas de pastizales (Bierregaard, 2020).

Hábitat: Prefiere ambientes abiertos como pastizales, sabanas y áreas agrícolas, aunque también se encuentra en zonas urbanas y suburbanas. Se adapta bien a distintos tipos de hábitats modificados por humanos (Ferguson-Lees & Christie, 2001).

Alimentación: Es omnívoro y oportunista, su dieta incluye carroña, pequeños mamíferos, aves, reptiles, anfibios, insectos y material vegetal. También es conocido por robar presas de otras aves rapaces y por buscar alimentos en basureros humanos (White et al., 1994).

Comportamiento: Son aves territoriales y a menudo se ven solas o en parejas. Exhiben un vuelo poderoso y son muy hábiles para caminar y correr en el suelo. Aunque son carroñeros, también son cazadores efectivos (Ferguson-Lees & Christie, 2001).

Reproducción: Anidan en árboles, acantilados o incluso en estructuras hechas por el hombre. La puesta usualmente consiste en 2 a 3 huevos, y ambos padres participan en la incubación y el cuidado de los polluelos (White et al., 1994).

Estado de conservación: Clasificado como de 'Preocupación Menor' por la UICN. Aunque no está actualmente en peligro, la destrucción de hábitats y la persecución en algunas áreas son preocupaciones potenciales (Bierregaard, 2020).

Importancia en educación y conservación: Su capacidad para adaptarse a ambientes alterados por humanos lo convierte en un modelo interesante para estudiar la interacción entre aves rapaces y ecosistemas urbanos y agrícolas (Ferguson-Lees & Christie, 2001).

FIG.181
Halcón cara cara en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2023.
Fotografía digital



28- Avestruz (*Struthio camelus*)

Distribución geográfica: Originaria de África, específicamente en áreas que van desde el Sahel hasta el sur del continente. Existen poblaciones silvestres y domesticadas (Bertram, 1992).

Hábitat: Prefiere las sabanas abiertas, las áreas de pastizales y los semidesiertos, donde hay espacio suficiente para su alta velocidad de carrera y comportamiento de vigilancia (Folch, 1992).

Alimentación: Omnívoro, consume una variedad de plantas, semillas, insectos, y otros pequeños animales. Su dieta es adaptable según la disponibilidad de alimentos en su entorno (Cooper, 2005).

Comportamiento: Los avestruces son conocidas por su comportamiento social en grupos que pueden variar de 5 a 50 individuos. Utilizan la velocidad y su potente patada como defensa contra los depredadores. Son famosas por su capacidad de correr a velocidades de hasta 70 km/h (Bertram, 1992).

Reproducción: Tienen un sistema de apareamiento polígamo o "leks", donde los machos defienden territorios y atraen a varias hembras para poner en nidos comunes. Cada hembra puede depositar de 2 a 20 huevos en un solo nido comunal (Folch, 1992).

Estado de conservación: No se considera en peligro a nivel global, pero algunas subespecies están amenazadas por la caza y la pérdida de hábitat. La domesticación ha ayudado a mantener altos números de población en general (Cooper, 2005).

Importancia en educación y conservación: Los avestruces son importantes para estudios sobre comportamiento animal y conservación de hábitats de sabana. También son un recurso económico en muchos países africanos, tanto para la carne como para el cuero (Bertram, 1992).

FIG.182
Avestruz en Zoo de Morelia.
Parque Zoológico Benito Juárez, 2023.
Fotografía digital



29- Guacamaya Roja (*Ara macao*)

Distribución geográfica: El Guacamayo Rojo se encuentra en las selvas tropicales de América Central y del Sur, desde el sur de México hasta el Amazonas en Brasil (Renton, 2004).

Hábitat: Prefiere los bosques húmedos de tierras bajas y áreas donde los bosques se encuentran con claros o riberas de ríos, los cuales proporcionan fuentes ricas y diversas de alimento (Renton, 2004).

Alimentación: Su dieta incluye una variedad de frutas, nueces, semillas y flores. Los guacamayos rojos utilizan su fuerte pico para romper nueces y semillas duras (Cantú-Guzmán et al., 2001).

Comportamiento: Son aves altamente sociales y vistosas, conocidas por sus vuelos ruidosos y actividades en grupo. Forman parejas monógamas que duran toda la vida y suelen volar en parejas o grupos familiares (Renton, 2004).

Reproducción: Nidifican en huecos de árboles altos, donde la pareja trabaja junta para incubar los huevos y alimentar a los polluelos. Generalmente crían de 1 a 2 polluelos por temporada de cría (Cantú-Guzmán et al., 2001).

Estado de conservación: Clasificado como 'Preocupación Menor' por la UICN, aunque en algunas áreas su número está en declive debido a la pérdida de hábitat y la captura para el comercio ilegal de mascotas (BirdLife International, 2020).

Importancia en educación y conservación: Los guacamayos rojos son emblemas importantes de las selvas tropicales y son utilizados frecuentemente en programas de educación y conservación para promover la protección de los ecosistemas y la biodiversidad (Cantú-Guzmán et al., 2001).

FIG.183
Guacamaya Roja
Tim Mossholder, 2018
Fotografía digital



30- Flamenco (*Phoenicopterus roseus*)

Distribución geográfica: El Flamenco se encuentra en regiones que abarcan desde el Mediterráneo hasta el noroeste de India y África. Las áreas más notables incluyen las costas y lagos salinos en África, el sur de Europa y el Medio Oriente (Childress et al., 2008).

Hábitat: Prefiere ambientes de lagunas salinas, estuarios y lagos alcalinos donde la salinidad es alta y los depredadores son escasos. Estos hábitats son ideales para su alimentación y nidificación (Johnson & Cézilly, 2007).

Alimentación: Se alimenta principalmente de algas, pequeños invertebrados y crustáceos que filtra del agua con su pico especializado. Este método de alimentación les permite aprovechar los recursos alimenticios en sus hábitats únicos (Johnson & Cézilly, 2007).

Comportamiento: Son aves altamente sociales que viven en grandes colonias. Su comportamiento de nidificación, alimentación y migración se realiza en grupos, lo que ayuda a reducir la depredación y aumentar la eficiencia en la alimentación (Childress et al., 2008).

Reproducción: Nidifican en montículos de lodo que construyen en zonas poco profundas de agua. Cada pareja pone un solo huevo, y ambos padres participan en la incubación y el cuidado del polluelo una vez que eclosiona (Johnson & Cézilly, 2007).

Estado de conservación: Clasificado como 'Casi Amenazado' por la UICN debido a la pérdida de hábitat, la perturbación humana en las áreas de nidificación y los cambios en los niveles de salinidad de sus hábitats debido a la gestión del agua (Childress et al., 2008).

Importancia en educación y conservación: Los flamencos son importantes para los estudios sobre adaptaciones ecológicas y comportamiento animal. Además, son un foco popular en los esfuerzos de conservación debido a su atractivo y carisma (Childress et al., 2008).

31- Faisán Dorado (*Chrysolophus pictus*)

Distribución geográfica: Originario de las montañas de China central, aunque ha sido introducido en otras partes del mundo como mascota y para cotos de caza (McGowan & Kirwan, 2020).

Hábitat: Prefiere los bosques densos y los matorrales en altitudes elevadas, donde hay abundante vegetación para ocultarse de los depredadores (Fuller & Garson, 2000).

Alimentación: Omnívoro, su dieta incluye una variedad de alimentos como bayas, semillas, hojas, y pequeños insectos, complementando con pequeños vertebrados cuando están disponibles (Fuller & Garson, 2000).

Comportamiento: Son aves tímidas y elusivas. Los machos son especialmente conocidos por su plumaje vibrante y sus exhibiciones de cortejo espectaculares, que utilizan para atraer a las hembras durante la temporada de reproducción (McGowan & Kirwan, 2020).

Reproducción: La nidificación ocurre generalmente en el suelo donde la hembra pone entre 5 y 12 huevos. Ella incuba los huevos sola, y los polluelos son precoces y capaces de seguir a la madre poco después de la eclosión (Fuller & Garson, 2000).

Estado de conservación: No se considera en peligro a nivel global según la UICN, pero sus poblaciones en estado silvestre están disminuyendo debido a la pérdida de hábitat y la caza furtiva para el comercio de mascotas y plumas (McGowan & Kirwan, 2020).

Importancia en educación y conservación: El Faisán Dorado es un ejemplo popular en los programas de educación sobre biodiversidad, destacando la necesidad de proteger los hábitats forestales y controlar el comercio de especies silvestres (Fuller & Garson, 2000).

FIG.184

Flamencos en Zoo de Morelia.

Parque Zoológico Benito Juárez, 2023.

Fotografía digital



FIG.185

Faisán Dorado

Jeffrey Surianto, 2022

Fotografía digital



32- Cacatúa Sulfúrea (*Cacatua galerita*)

Distribución geográfica: Nativa de Australia, Indonesia y Nueva Guinea. Es común en el norte y este de Australia, así como en algunas islas de Indonesia y áreas de Nueva Guinea (Rowley, 1997).

Hábitat: Prefiere una variedad de ambientes forestales, incluyendo bosques de eucalipto y zonas urbanas donde se han adaptado a vivir con humanos. También habitan en manglares y bosques tropicales (Cameron, 2007).

Alimentación: Omnívora, consume una variedad de semillas, frutos, insectos y, ocasionalmente, pequeños vertebrados. A menudo se alimenta en el suelo y puede formar grandes bandadas en áreas de alimentación (Cameron, 2007).

Comportamiento: Son aves sociales y ruidosas, conocidas por su comportamiento gregario. Forman grandes bandadas, especialmente fuera de la temporada de cría, y pueden ser muy destructivas para los cultivos y la vegetación debido a su búsqueda de alimento (Rowley, 1997).

Reproducción: Nidifican en huecos de árboles, donde la hembra pone de 2 a 3 huevos. Ambos padres participan en la incubación que dura alrededor de 30 días y en el cuidado de los polluelos (Cameron, 2007).

Estado de conservación: A pesar de ser abundante en muchas áreas, algunas subpoblaciones están en declive debido a la pérdida de hábitat y el comercio ilegal de mascotas. En algunas regiones, son consideradas plagas y controladas bajo regulaciones específicas (Rowley, 1997).

Importancia en educación y conservación: La cacatúa sulfúrea es un ícono en los esfuerzos de conservación debido a su interacción con los ecosistemas y los desafíos que enfrenta por la urbanización y la agricultura (Cameron, 2007).

33- Conuro del Sol (*Aratinga solstitialis*)

Distribución geográfica: Originario del noreste de Sudamérica, incluyendo áreas en Guyana, Surinam, Venezuela, y el norte de Brasil (Juniper & Parr, 1998). **Hábitat:** Prefiere los bosques tropicales húmedos, bordes de bosques y áreas de sabana arbolada. A menudo se encuentra en regiones donde los bosques se encuentran con áreas abiertas y claros (Forshaw, 2006).

Alimentación: Omnívoro, se alimenta principalmente de frutas, nueces, semillas y flores. También consume insectos y otros pequeños invertebrados, especialmente durante la temporada de cría para incrementar su ingesta de proteínas (Forshaw, 2006).

Comportamiento: Es una especie muy social y ruidosa, conocida por formar grandes bandadas, especialmente fuera de la temporada de reproducción. Estos grupos a menudo realizan vuelos bulliciosos y son muy activos durante el día (Juniper & Parr, 1998).

Reproducción: Nidifica en huecos de árboles, donde la hembra pone entre 3 y 4 huevos. Ambos padres participan en la incubación de los huevos y el cuidado de los polluelos, que son alimentados con una dieta rica en frutas y semillas (Forshaw, 2006).

Estado de conservación: Clasificado como 'En Peligro' por la UICN, enfrenta serias amenazas debido a la pérdida de hábitat y la captura excesiva para el comercio de aves exóticas. Los esfuerzos de conservación son cruciales para su supervivencia (BirdLife International, 2020).

Importancia en educación y conservación: El Conuro del Sol es importante para los esfuerzos de educación ambiental debido a su atractivo visual y comportamiento carismático. Destaca la necesidad de regulaciones más estrictas en el comercio de aves exóticas y la conservación de hábitats (Juniper & Parr, 1998).

FIG.186
Cacatúa Sulfúrea
Anthony's Images, 2023
Fotografía digital



FIG.187
Conuro Solar.
Bernard DUPONG, México Inaturalist, s.f.
Fotografía digital



34- Cacatúa Galah (*Eolophus roseicapilla*)

Distribución geográfica: Es endémica de Australia, donde se encuentra en casi todo el territorio, desde las áreas costeras hasta el interior (Rowley, 1990).

Hábitat: Prefiere una variedad de hábitats que incluyen bosques de eucaliptos, áreas de matorrales, sabanas y también áreas urbanas y suburbanas donde se adapta bien a la presencia humana (Rowley, 1990).

Alimentación: Omnívora, se alimenta principalmente de semillas, nueces, frutas, insectos y brotes. Las cacatúas galah a menudo se alimentan en el suelo en grandes bandadas, especialmente en áreas agrícolas donde pueden ser vistas como plagas (Rowley, 1990).

Comportamiento: Son aves altamente sociales y gregarias. Durante la temporada de reproducción, forman parejas monógamas que suelen permanecer juntas durante varios años. Son conocidas por sus acrobacias aéreas y su comportamiento juguetón (Rowley, 1990).

Reproducción: Anidan en huecos de árboles, donde ambos sexos preparan el nido y cuidan a los polluelos. La puesta usualmente consta de 2 a 5 huevos, que son incubados por ambos padres (Rowley, 1990).

Estado de conservación: No se considera amenazada a nivel global. Su población es abundante y estable, aunque en algunas áreas enfrenta la pérdida de sitios de anidación debido a la remoción de árboles viejos (Rowley, 1990).

Importancia en educación y conservación: La Cacatúa Galah es un ícono australiano y se utiliza frecuentemente en programas de educación ambiental para ilustrar la biodiversidad y la ecología de las aves australianas (Rowley, 1990).

FIG.188
Cacatúa Galah
Andrew Allen, Ebird.org, s.f.
Fotografía digital



35- Pinzón Cebra (*Taeniopygia guttata*)

Distribución geográfica: Nativo de Australia, pero ha sido introducido en otras áreas como Portugal, Puerto Rico y Estados Unidos debido a su popularidad como ave de jaula (Zann, 1996).

Hábitat: En su hábitat natural, prefiere los bordes de bosques y áreas con arbustos densos, así como ambientes urbanos y suburbanos donde hay acceso a agua y alimento (Zann, 1996).

Alimentación: Omnívoro, consume una variedad de semillas, hierbas y algunos insectos. En cautiverio, su dieta puede ser suplementada con una variedad de alimentos especializados para aves pequeñas (Zann, 1996).

Comportamiento: Son aves extremadamente sociales y activas, conocidas por sus vocalizaciones complejas y comportamientos de cortejo distintivos, que incluyen cantos, movimientos de cabeza y bailes (Zann, 1996).

Reproducción: Conocidos por su reproducción prolífica, los pinzones cebra pueden criar en cualquier época del año si las condiciones son adecuadas. El nido es construido por ambos sexos y los huevos son incubados por ambos padres. Típicamente ponen entre 3 y 6 huevos por nidada (Zann, 1996).

Estado de conservación: No se considera en peligro. Su capacidad para vivir en una variedad de hábitats y su popularidad en el comercio de mascotas han ayudado a mantener su población estable en todo el mundo (Zann, 1996).

Importancia en educación y conservación: A menudo se utiliza en investigaciones científicas debido a su facilidad de cría en cautiverio y su comportamiento social complejo. Esto lo convierte en un modelo importante para estudios de comportamiento animal y genética (Zann, 1996).

FIG.189
Par de pinzones cebra.
Anónimo, Diyct, s.f.
Fotografía digital



Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	MAESTRÍA EN DISEÑO AVANZADO	
Título del trabajo	INNOVACIÓN BIOMIMÉTICA PARA LA COEXISTENCIA, REDISEÑO DEL ALBERGUE DE EXHIBICIÓN DEL LÉMUR COLA ANILLADA (Lémur catta) DEL PARQUE ZOOLOGICO BENITO JUÁREZ	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Máximo Basilio Marroquin Pompa	1422082x@umich.mx
Director	Dra. Erika Elizabeth Pérez Muzquiz	erika.muzquiz@umich.mx
Codirector		
Coordinador del programa	Dr. Habid Becerra Santacruz	mae.dis.avanzado@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	Si	Organización de estructura de textos

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	Si	Traducción de textos en inglés y alemán al español
Traducción a otra lengua	No	
Revisión y corrección de estilo	Si	Revisión gramatical
Análisis de datos	Si	Análisis de datos meteorológicos
Búsqueda y organización de información	Si	Búsqueda de información relevante de fuentes Confiables
Formateo de las referencias bibliográficas	Si	Revisión de APA7
Generación de contenido multimedia	No	
Otro	No	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán 26 de Junio de 2025

Máximo Basilio Marroquín Pompa

INNOVACIÓN BIOMIMÉTICA PARA LA COEXISTENCIA REDISEÑO DEL ALBERGUE DE EXHIBICIÓN DEL LÉMUR COL...

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:470224387

Fecha de entrega

27 jun 2025, 11:28 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

27 jun 2025, 11:35 a.m. GMT-6

Nombre de archivo

INNOVACIÓN BIOMIMÉTICA PARA LA COEXISTENCIA REDISEÑO DEL ALBERGUE DE EXHIBICIÓN D....pdf

Tamaño de archivo

15.5 MB

213 Páginas

64.704 Palabras

361.837 Caracteres

17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 9%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.