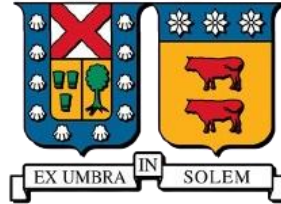


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA
VALPARAISO – CHILE



**HERRAMIENTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO BIOMIMÉTICO:
ANÁLISIS DE PATRONES ESPACIALES EN LOS MICROMUNDOS
COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO**

SEBASTIÁN ALEJANDRO SÁNCHEZ JEREZ

MEMORIA DE TÍTULACIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE ARQUITECTO
TESIS DE ARQUITECTURA

PROFESOR REFERENTE

MASSIMO PALME

DICIEMBRE 2025

Material de referencia, su uso no involucra responsabilidad del autor o de la Institución



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☐ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: HERRAMIENTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO BIOMIMÉTICO: ANÁLISIS DE PATRONES ESPACIALES EN LOS MICROMUNDOS COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Nombre del candidato(a): SEBASTIAN ALEJANDRO SANCHEZ JEREZ

Carrera / Grado: ARQUITECTURA

Campus: CASA CENTRAL, VALPARAISO **Departamento:** ARQUITECTURA

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Massimo Palme, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 7/7/2026 Firma: Massimo Palme

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 7/7/2026 Firma: Sanchez

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA
VALPARAISO – CHILE



HERRAMIENTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO BIOMIMÉTICO: ANÁLISIS DE PATRONES ESPACIALES EN MICROMUNDO COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

SEBASTIAN ALEJANDRO SÁNCHEZ JEREZ

MEMORIA DE TÍTULACIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE ARQUITECTO
TESIS DE ARQUITECTURA

PROFESOR REFERENTE

MASSIMO PALME

DICIEMBRE 2025

Material de referencia, su uso no involucra responsabilidad del autor o de la Institución

DEDICATORIA

Tengo que admitir que fue mientras mas tiempo pasa desde que escribí esta memoria, mas cariño le agarré a sentirla parte de mi y de mi esencia.

Es raro sentir que algo por lo que te esforzaste tanto tiene tantas posibilidades de salir mal, pero creo que la vida me ha enseñado que cada derrota es un paso mas cerca a conseguir el éxito, escribo esta dedicatoria desde la plenitud de saber que lo logré, cumplí mis metas y lo hice a mi manera.

Agradezco a mi familia por el apoyo continuo desde el día uno y hasta aquí, sabiendo que en cada paso tengo el peso de que salgamos delante de las adversidades.

Mis amigos, pieza fundamental en que consiguiera mantenerme en pies cuando todo parecía acabado, quienes siempre me hicieron sentir valioso. Tanto los de mi región como los que hice en el camino, Giuseppe mi verdadero hermano en la carrera, Damián increíblemente el primer amigo que hice en la universidad, Carlos quien me acogió y tendió la mano cuando más lo necesitaba, Junaisy la mejor amiga que me pudo dar la vida y alguien a quien adoro con el corazón y por quien haría lo que fuera y ella lo sabe y otros que lograron sacarme a flote en los peores momentos, no saben cuánto los quiero.

Otros grandes fueron los profesores que realmente me motivaron a seguir con la carrera en algunos puntos muy bajos de mi vida, quizá no todos, pero los que si los llevo como ejemplos para ejercer esta carrera tan bonita.

A veces no me doy cuenta cuanto he recorrido para llegar hasta aquí, pero si puedo notarlo cuando miro a mi lado y están ellos. Nunca fue un camino en solitario el que recorrí hasta acá y eso en definitiva es mi suerte.

Realmente les debo la vida, porque sin ellos no habría jamás llegado a donde es estoy, espero se mantengan en mi vida no solo como un recuerdo sino como una realidad.

Indispensables e irremplazables, eso se volvieron y este trabajo es en honor a ese respeto y confianza que siempre demostraron por mí. Ahora vean lo que el tiempo y el esfuerzo hizo. Los amo.

1. RESUMEN

Esta tesis exploratoria propone el desarrollo de una herramienta metodológica diseñada para que arquitectos investiguen contextos naturales en busca de inspiración bajo el marco de la biomímesis.

La propuesta sistematiza las interacciones ecosistémicas mediante un entorno de estudio denominado 'micromundo', el cual integra diversas escalas de análisis. Cada nivel cuenta con una metodología y resultados específicos que facilitan una investigación transversal y paralela entre el sistema biológico y el arquitectónico.

Mediante un método comparativo, la herramienta define espacios de investigación pertinentes y guías de diseño que no solo asisten al arquitecto en su labor creativa, sino que posicionan a la biomímesis como un mecanismo riguroso de investigación para la disciplina.

ABSTRACT

This exploratory thesis proposes the development of a methodological tool designed for architects to investigate natural contexts in search of inspiration within the framework of biomimicry.

The proposal systematizes ecosystem interactions through a study environment called a ‘microworld’, which integrates various scales of analysis. Each level has a specific methodology and results that facilitate cross-sectional and parallel research between the biological and architectural systems.

Using a comparative method, the tool defines relevant research areas and design guidelines that not only assist architects in their creative work, but also position biomimicry as a rigorous research mechanism for the discipline.

2. GLOSARIO

- **Ecosistema:** Conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico, mediante procesos como la depredación, competencia, y simbiosis, volviendo a ser parte del ciclo de energía y nutrientes.
- **Biosfera:** Capa del planeta Tierra en donde se desarrolla la vida, incluyendo alturas utilizadas por algunas aves y las profundidades marinas.
- **Hábitat:** Ambiente cuyas condiciones resultan apropiadas para que una comunidad de organismos y especies crezca, se desarrolle y se reproduzca.
- **Biodiversidad:** Está conformada por la variedad de seres vivos que existen en el planeta, las relaciones que establecen entre sí y con el medio que los rodea.
- **Micromundos:** Es el espacio de investigación acotado que reduce la complejidad y el flujo de información para el análisis biomimético. Representa la concepción espacial imaginaria del investigador sobre un ecosistema.
- **Referente Natural:** Es el organismo, patrón o sistema de la naturaleza del cual se toma inspiración para la toma de decisiones en el diseño arquitectónico.

- **Antropocentrismo:** es la doctrina o cosmovisión que sitúa al ser humano en el centro de todo, considerándolo el fin último y el punto de referencia para todas las cosas. Esta perspectiva implica que el valor de otros seres o elementos de la naturaleza se mide en función de su utilidad o beneficio para las necesidades humanas.
- **Patrones:** Elementos representativos de un organismo y que definen su inserción en el medio a través de acciones espaciales o estructurales.
En Ecología: Regularidades o repeticiones observables en la estructura, comportamiento, desarrollo o distribución de los seres vivos, determinados por la genética, el ambiente o las interacciones entre organismos.
En Arquitectura: Soluciones probadas para problemas recurrentes en el diseño de edificaciones y espacios urbanos.
- **Pertinencia:** Se refiere a la idoneidad y relevancia de un referente elegido en relación con las necesidades del diseño arquitectónico.
- **Homologación:** Es la comparación o equiparación de características y necesidades entre el dos o más cosas.
- **Sensible:** Define el tipo de investigación (observacional y presencial). Implica el uso de los sentidos.

3. INDICE

1. RESUMEN	3
2. GLOSARIO	5
3. INDICE	7
4. INTRODUCCIÓN.....	13
4.1 BIODIVERSIDAD INVISIBLE Y SUS CAUSALES.....	13
4.2 ARQUITECTURA INSPIRADA EN LA NATURALEZA	17
<i>Estadio Nacional/ Herzog & de Meuron</i>	<i>21</i>
<i>Esplanade / DP Architects</i>	<i>22</i>
<i>Rascacielos la Llam / Luis de Garrido</i>	<i>23</i>
<i>ICD/ITKE Research Pavilion 2014-15</i>	<i>25</i>
<i>Proyecto Edén / Nicholas Grimshaw</i>	<i>26</i>
<i>Eastgate Center / Mick Pearce</i>	<i>27</i>
<i>XiXi Hotel / Javier Pioz</i>	<i>28</i>
4.3 BIOMÍMESIS COMO HERRAMIENTA EN LA ARQUITECTURA	29
<i>Problema de inconsistencia analítica</i>	<i>30</i>
4.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	33
<i>¿Cómo sistematizar el proceso de recolección de información?</i>	<i>33</i>
<i>¿Cuál es el entorno de estudio propuesto?.....</i>	<i>35</i>
<i>¿De cuantas etapas consta el proceso y que analiza cada una?</i>	<i>37</i>

<i>¿A qué información apuntamos en una investigación arquitectónica?</i>	40
<i>¿Qué se observa en cada etapa y como se relaciona con las otras etapas?</i>	41
<i>¿Por qué optar por una investigación de campo y cómo influye en la recolección de datos a diferentes escalas?</i>	43
5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	49
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	49
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	49
6. JUSTIFICACIÓN	51
7. ESTADO DEL ARTE	54
7.1 FUNDACIÓN TEÓRICA	55
7.2 METODOLOGÍA	56
7.3 ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA	61
7.4 EL ENFOQUE CIENTÍFICO-TÉCNICO	63
8. MARCO TEÓRICO	67
8.1 ECOLOGÍA DEL PAISAJE	68
<i>El deber ser de la Arquitectura Biomimética</i>	73
9. HERRAMIENTA METODOLÓGICA	79
PROPUESTA EPISTEMOLÓGICA	79
9.1 MICROMUNDOS	84
9.2 ETAPA MACRO: ANÁLISIS CONTEXTO Y SUS VARIABLES	89

9.2.1 <i>Clima (temperatura y viento)</i>	91
9.2.2 <i>Insolación</i>	96
9.2.3 <i>Abundancia Relativa (biomasa y diversidad ecosistémica)</i>	98
9.2.4 <i>Heterogeneidad (contraste y distribución)</i>	102
9.2.5 <i>Suelo (cobertura y relieve)</i>	105
<i>Análisis grafico de la información</i>	110
9.3 ETAPA MESO: ANÁLISIS DE LOS REFERENTES Y SUS ACCIONES EN EL ESPACIO	113
9.3.1 <i>Análisis de composición y configuración del paisaje</i>	113
9.3.2 <i>Funciones Operativas</i>	118
9.4 ETAPA MICRO: ANÁLISIS Y TRADUCCIÓN DEL LENGUAJE DEL MICROMUNDO	128
9.5 EJEMPLO PRÁCTICO	133
10. CONCLUSIÓN	149
11. BIBLIOGRAFIA	153





4. INTRODUCCIÓN

4.1 Biodiversidad Invisible y sus causales

Nuestro planeta es una fuente inagotable de información, diferentes lugares y especies con sus dinámicas se desarrollan en él, cada cual con características y cualidades únicas. Existen reconocidos más de 110 ecosistemas diferentes y a su vez cada uno presenta hábitats en los cuales coexisten los organismos de la biosfera.

Los seres vivos, actores principales en el habitar de los ecosistemas, son aproximadamente 1.8 millones de especies diferentes. En proporción la mayor parte son del reino animal (69%), seguidos con diferencia de las plantas (15%) y en menor medida especies del reino Fungí, Protista y Bacteria (hongos, organismos unicelulares y bacterias).

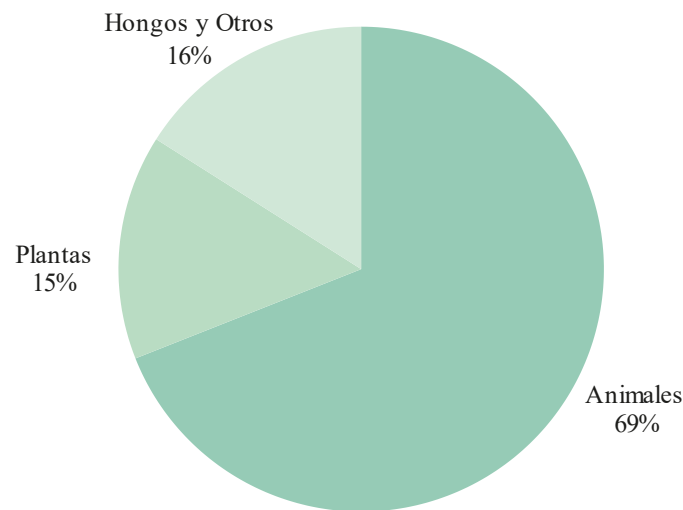


Fig. 1 Proporción de hongos, animales y plantas en el entorno. Elaboración propia natural

La gran variedad de ecosistemas presentes en nuestro planeta otorga a cada lugar características únicas. Cada espacio en la naturaleza presenta ventajas y desventajas para el habitar de los organismos y su permanencia en el medio, como respuesta a esto las especies tienen la capacidad de evolucionar.

La evolución como mecanismo de adaptación permite a los organismos, a través de la experiencia, aprovechar las ventajas y responder a las desventajas presentes en el medio con el fin último de asegurar la supervivencia de las especies. Es así como en todo contexto natural las especies se alzan como habitantes ideales del medio.

Cada especie ha evolucionado a lo largo de millones de años para adaptarse y sobrevivir en el espacio natural. Tanto los mecanismos físicos como de comportamiento de los organismos en un entorno están moldeados por este mismo. Un ecosistema sano es aquel dentro del cual las piezas (especies) cumplen sus roles ecológicos de manera eficaz y eficiente, mientras realizan las actividades fundamentales para su supervivencia.

La variedad de formas en que las especies se adaptan al entorno es en gran medida el foco de fascinación de esta tesis, el cómo a través del tiempo las especies han encontrado respuestas espaciales que están altamente especializadas en resolver sus problemas y necesidades evolutivas. Sin embargo, al contrario de lo esperado estas estrategias pasan muy desapercibidas.

El ser humano ha desarrollado una desconexión generalizada con la naturaleza. El desarrollo de nuestra especie no es transversal, sino paralelo al del resto de seres vivos y, por tanto, observar y aprender de los organismos con los que coexistimos ha dejado de ser lo convencional para ser una excepción.

Sin considerar motivos filosóficos, esto se debe a dos principales motivos:

En el sentido evolutivo hemos desarrollado mecanismos de defensa que nos hacen rehaceos a interactuar con las especies que nos resultan amenazantes o extrañas, desde la infancia se enseña que existe un peligro latente en el entorno natural y en el encuentro directo con muchas de las especies presentes a nuestro alrededor.

Por otro lado, la urbanización cada vez más acelerada hace evidente la lejanía que sufre un individuo con el medio que lo rodea y por tanto con las especies que comparten los espacios físicos y recursos del mismo.

Sobre este tema Richard Louv (2018) en su obra *Los últimos niños del Bosque* define el “Trastorno por Déficit de Naturaleza”, este a su vez refiere al como la desconexión con la naturaleza afecta al desarrollo de las personas, generando en los individuos preferencia por realizar actividades interiores lo que conduce a la pérdida de oportunidades de exploración y a preocupaciones sobre la seguridad al momento de realizar actividades al aire libre.

Subestimar la importancia de las especies y el valor de los mecanismos que utilizan para adaptarse al medio es perjudicial para la investigación. La naturaleza y su potencial latente como inspiración para el desarrollo de las actividades humanas a lo largo de la historia ha sido uno de las fuentes más grandes de conocimiento, por lo que la falta de interés por culpa de la desconexión atenta contra nuestro propio avance como especie.

Esto es aún más notorio si consideramos que existen organismos que por escala están muy alejados de nuestra percepción y por tanto este factor físico nos limita en las experiencias sensoriales de

cohabitar con los mismos. Organismos como insectos, arácnidos, moluscos, plantas u hongos en comparación con mamíferos, aves, reptiles o peces son raros de encontrar como inspiración de ejemplos artísticos o tecnológicos.

La posibilidad de saltarnos miles de años de evolución con la simple acción de observar el cómo las soluciones naturales resuelven una gran variedad de problemas no es una consigna nueva.

Janine M. Benyus (1998) en su texto *Biomimicry innovation inspired by Nature* denomina como “biomímesis” a esta filosofía que busca comprender de manera funcional los mecanismos naturales para así encontrar soluciones útiles a nuestros problemas humanos. Sin embargo, la realidad es que el texto es más una forma de dar rigurosidad a un concepto científico que ya se conocía hace años, generando así las bases en torno a lo que hoy en día es una pieza fundamental en el desarrollo y la investigación científica.

A través de la biomímesis es posible adoptar el conocimiento evolutivo y traducirlo a través de herramientas, mecanismos o patrones que nos permitan avanzar en nuestro propio desarrollo tecnológico, a la vez de darle un enfoque mucho más sustentable a los futuros avances que tengamos como especie.

Estas problemáticas y filosofías también han impactado en la arquitectura, la naturaleza desde los inicios hasta la actualidad es una de las grandes fuentes de inspiración para todos los arquitectos y por tanto no ha estado exenta de ejemplos de corrientes arquitectónicas enfocadas en representar espacial y sensorialmente el medio natural.

4.2 Arquitectura inspirada en la naturaleza

El siglo XX y XXI se han caracterizado por el desarrollo de corrientes arquitectónicas que buscan enfatizar nuestra conexión con la naturaleza. Ejemplos reconocidos son los siguientes.

La Arquitectura Metabólica (metabolismo) que desarrolla una visión de las ciudades como procesos biológicos dinámicos (crecimiento, cambio y regeneración).

“Les Orgues de Flandre”

Paris, Francia

1970

Martin Schulz Van
Treec



“Nakagin Capsule Tower”

Tokio, Japón

1972

Kisho Kurokawa



El Modernismo (Art Nouveau) que rompe la rigidez industrial usando líneas sinuosas y asimétricas inspiradas en las estructuras naturales.

“Casa Batlló”

Barcelona, España

1906

Antoni Gaudí



“Museo Horta”

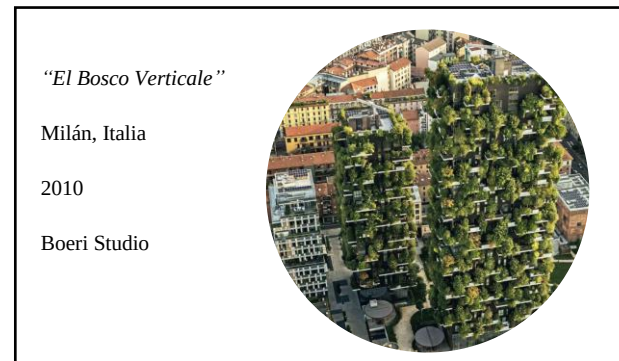
Bruselas, Bélgica

1903

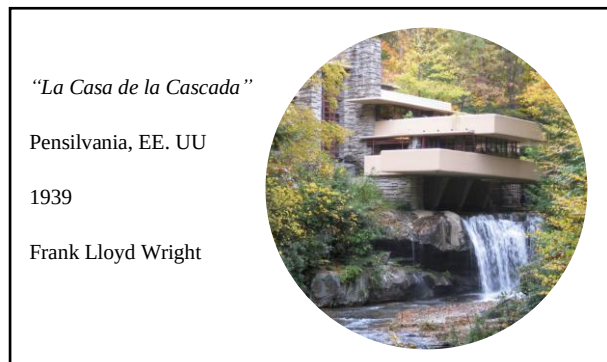
Víctor Horta



La Arquitectura Biofílica, más contemporánea, la cual busca enfatizar el reconectar a las personas con la naturaleza en entornos urbanos.



La Arquitectura Orgánica que busca la integración total de las construcciones humanas con el entorno natural.



Este último es el más exitoso, si consideramos su impacto en la arquitectura moderna y su influencia en el desarrollo de la misma. Su filosofía es clara, no solo se trata de emular la naturaleza, sino emular su funcionamiento.

Esta descripción está muy ligada a los principios del funcionalismo, este a su vez es otra corriente que entrega mayor relevancia a la función que a la forma de las construcciones. Es decir, la arquitectura orgánica es una unión entre conceptos ligados entre el entorno natural y sus características a nivel de funcionamiento y dinámicas.

Pier Luigi Nervi (2013) en su libro *El arte o la ciencia de construir* afirma que “la corrección estructural es condición suficiente para obtener resultados estéticos satisfactorios, pues equivale a la veracidad funcional, técnica y económica de una obra” y esta misma idea es abordada por exponentes como Frank Lloyd Wright, Antoni Gaudí, Bruno Zevi, Hugi Häring o John Lautner, entre otros.

Las especies en la naturaleza representan la respuesta física más eficiente que ha desarrollado la evolución para a los diferentes escenarios que conlleva el habitar. Las formas que encontramos en el medio natural son el resultado de una supervivencia técnica. A través de patrones, estructuras y comportamientos se demuestra no solo un desarrollo físico, sino un verdadero conocimiento espacial.

La arquitectura como disciplina humana busca constantemente evolucionar hacia resultados más eficientes y sustentables, es por ello que estas filosofías se adhieren a las aspiraciones de la escena arquitectónica actual.

Las biomímesis también forma parte de estas nuevas filosofías de diseño, a través de ella es posible generar proyectos basados totalmente en la naturaleza, las especies y sus mecanismos de

adaptación al medio. La “Arquitectura Biomimética” buscar unir el concepto de la biomímesis con los ideales y metas actuales de arquitectura. Sin embargo, el origen científico de este concepto genera una gran variedad de resultados que terminan siendo los proyectos representativos.

Por un lado, encontramos ejemplos y referentes que, de manera muy visual, imitan y replican patrones y/o estructuras presentes en la naturaleza, a estos proyectos se les denominara como “Formativos” por la estrecha relación del objeto arquitectónico con la forma más explícita del referente en el que basa su diseño. Algunos ejemplos son los siguientes:

Estadio Nacional/ Herzog & de Meuron

Proyecto inspirado en los nidos de pájaros, toma la forma de ellos y reemplaza los materiales para generar una copia moderna.

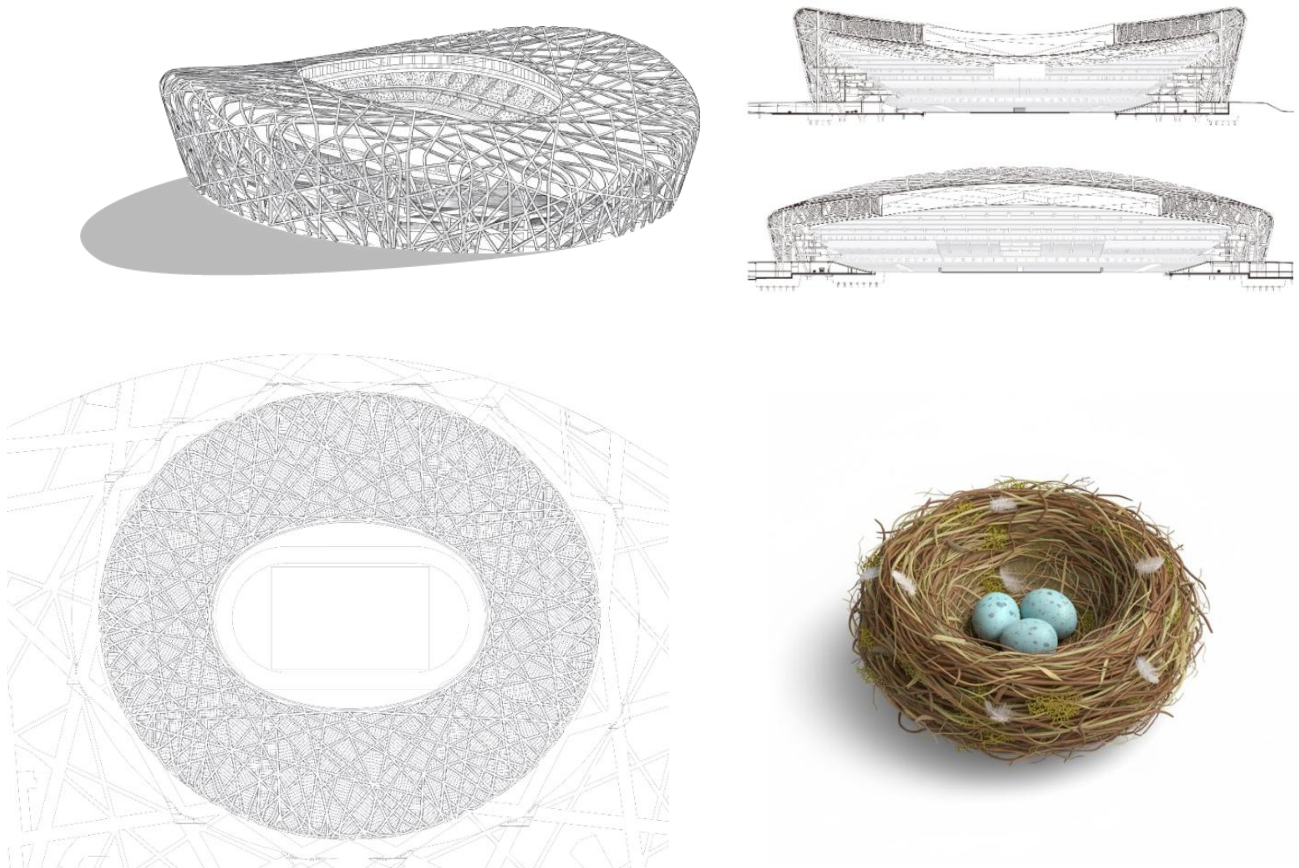


Fig. 2 Estadio Nacional de Pekín (2008), (Izquierda arriba) Isométrica, (Derecha arriba) Corte elevación, (Izquierda abajo) Planta emplazamiento. Elaboración propia. (Derecha abajo) Nido de aves. Internet

Esplanade / DP Architects

Proyecto inspirado en el fruto durian, característico de Asia y con una peculiar forma que se replica a través de paneles que permiten al edificio controlar la entrada de luz.

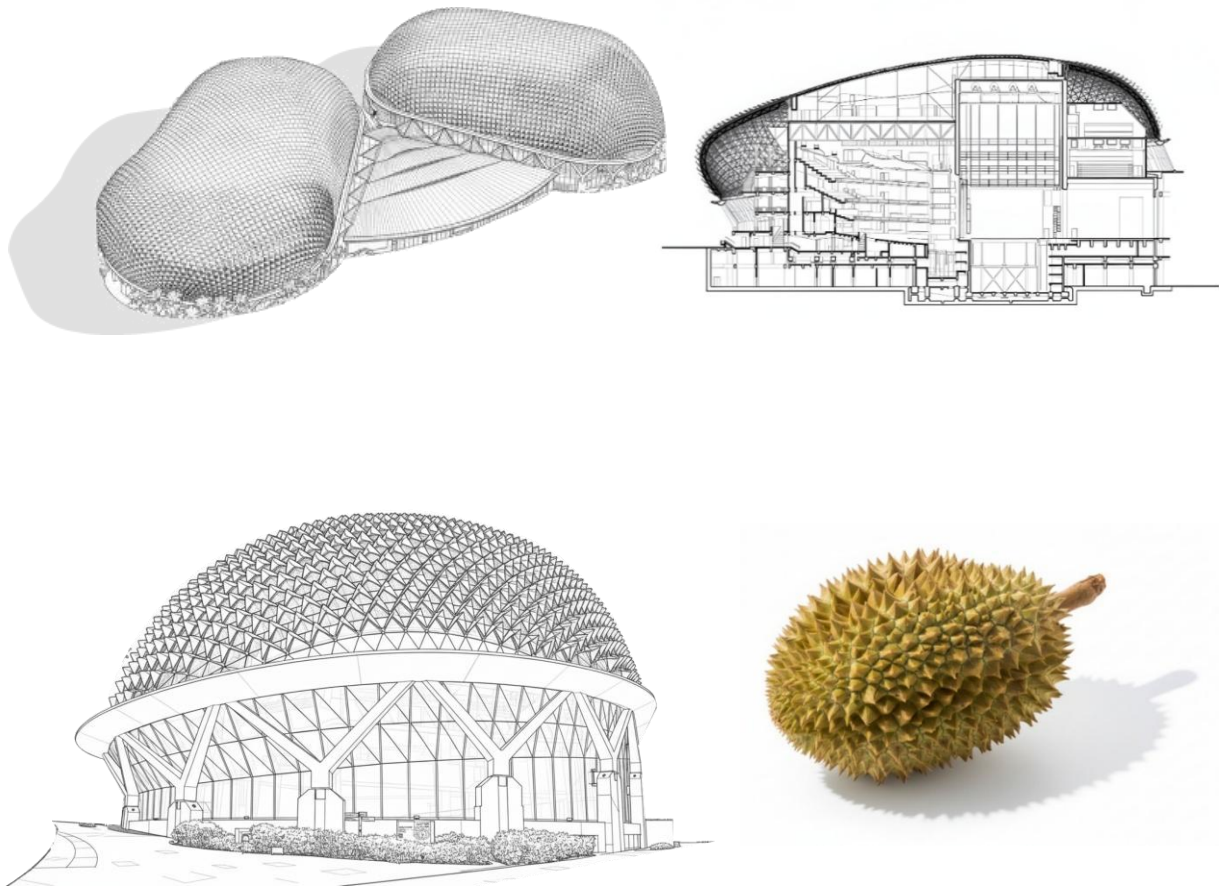


Fig. 3 Esplanade Singapur (2002), (Izquierda arriba) Isométrica, (Derecha arriba) Corte elevación, (Izquierda abajo) Vista en perspectiva. Elaboración propia. (Derecha abajo) Durian. Internet

Rascacielos la Llam / Luis de Garrido

Proyecto inspirado en la llama de una vela, el conjunto busca imitar la forma de esta misma. Asimila diversos mecanismos para generar un edificio con una ventilación natural única.



Fig. 4 Rascacielos la Llam (2014), (Izquierda) Modelo 3D, (Derecha arriba) Corte elevación, (Izquierda abajo). Elaboración propia. (Derecha abajo) Velas. Internet

Por otro lado, están los referentes que trascienden la representación sensible o formal del objeto. Estos proyectos prescinden de la apariencia estética inmediata para otorgar una preponderancia absoluta a la función.

Bajo este enfoque, el interés se desplaza hacia la comprensión profunda de la acción del organismo dentro del medio en el cual se desarrolla, analizando cómo los procesos evolutivos han perfeccionado dicha respuesta adaptativa a lo largo del tiempo. Por consiguiente, y dada la prioridad de la lógica de funcionamiento sobre la morfología, se denominará como “Funcional”. Algunos ejemplos son:

ICD/ITKE Research Pavilion 2014-15

Todos los pabellones de ICD/ITKE presentan arquitecturas parametrizadas, en este caso basada en las arañas acuáticas y el cómo se protegen sus cuerpos para habitar bajo el agua.

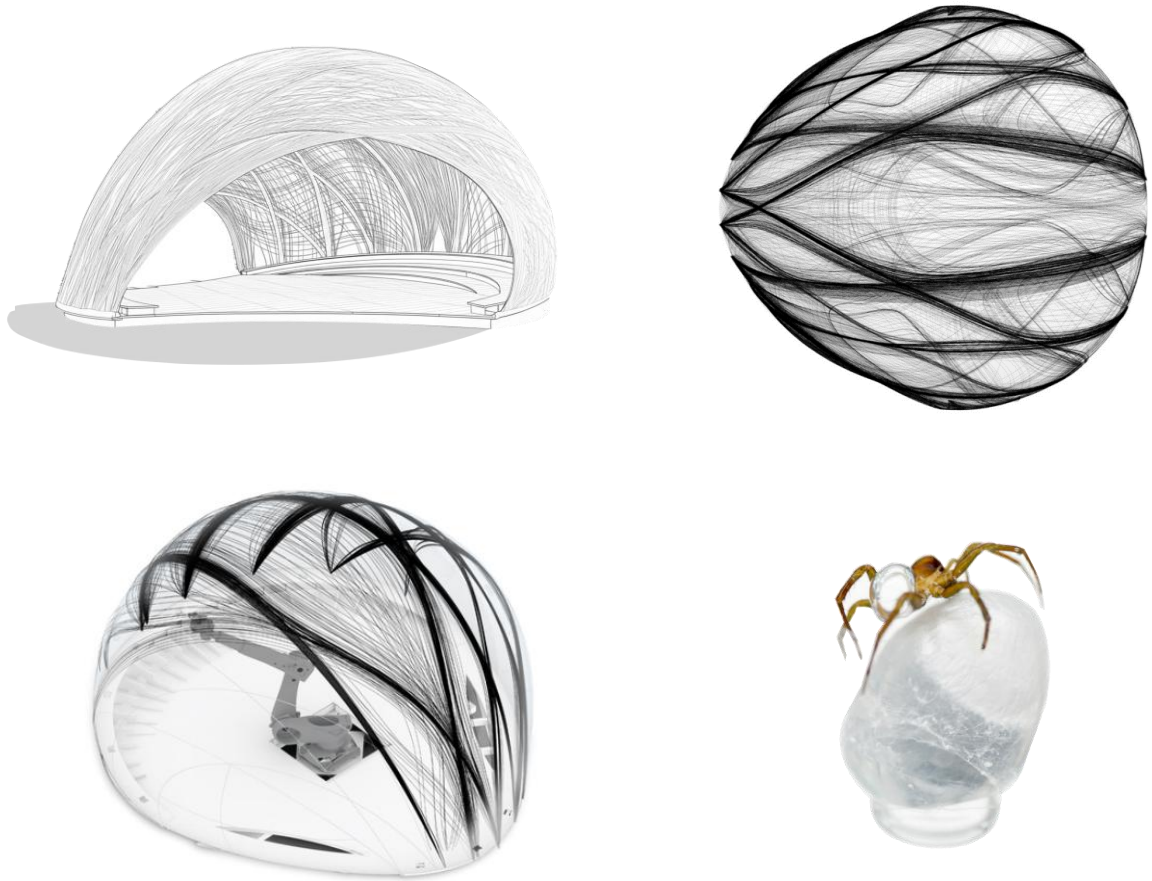


Fig. 5 ICD/ITKE Research Pavilion (2015), (Izquierda arriba) Perspectiva elevación, (Derecha arriba) Planta, (Izquierda abajo) Isométrica con robot. Elaboración propia. (Derecha abajo) Argyroneta aquatica. Internet

Proyecto Edén / Nicholas Grimshaw

Proyecto ecológico que basa su estructura en el panal de abeja, aprovechando la mayor cantidad de espacio posible con el menor material, gracias a las formas hexagonales.

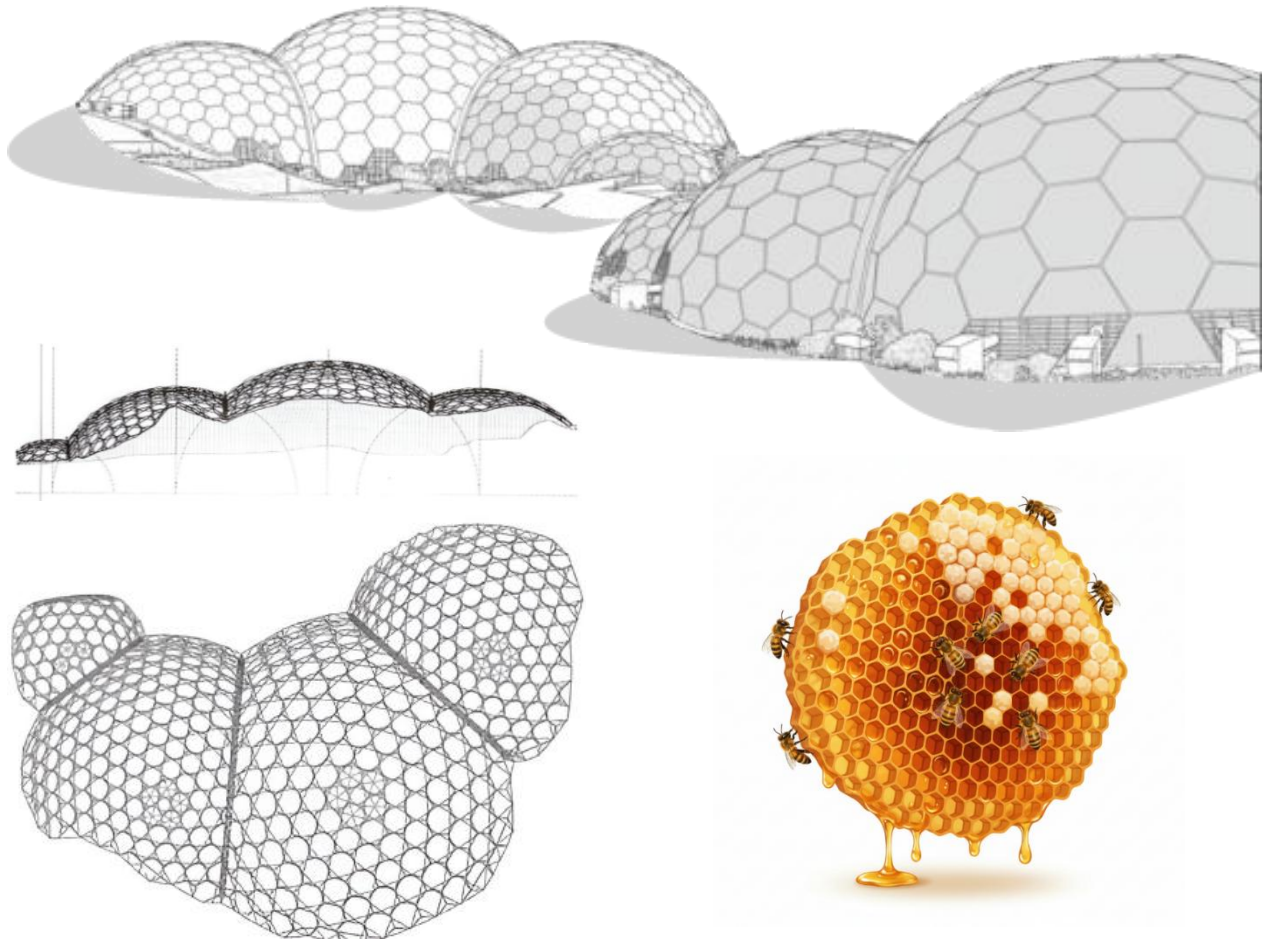


Fig. 6 Proyecto Edén (2000), (Arriba) Perspectiva elevación, (Centro izquierda) Corte elevación, (Izquierda abajo) Planta de emplazamiento. Elaboración propia. (Derecha abajo) Panal de abejas. Internet

Finalmente, también existen proyectos que se encuentran en un espectro intermedio entre lo “Formativo” y lo “Funcional”, dentro de los cuales es posible destacar algunos, tales como:

Eastgate Center / Mick Pearce

Este proyecto utiliza los mecanismos de control de la temperatura presentes en los termiteros y los traduce en una edificación de gran eficiencia energética.

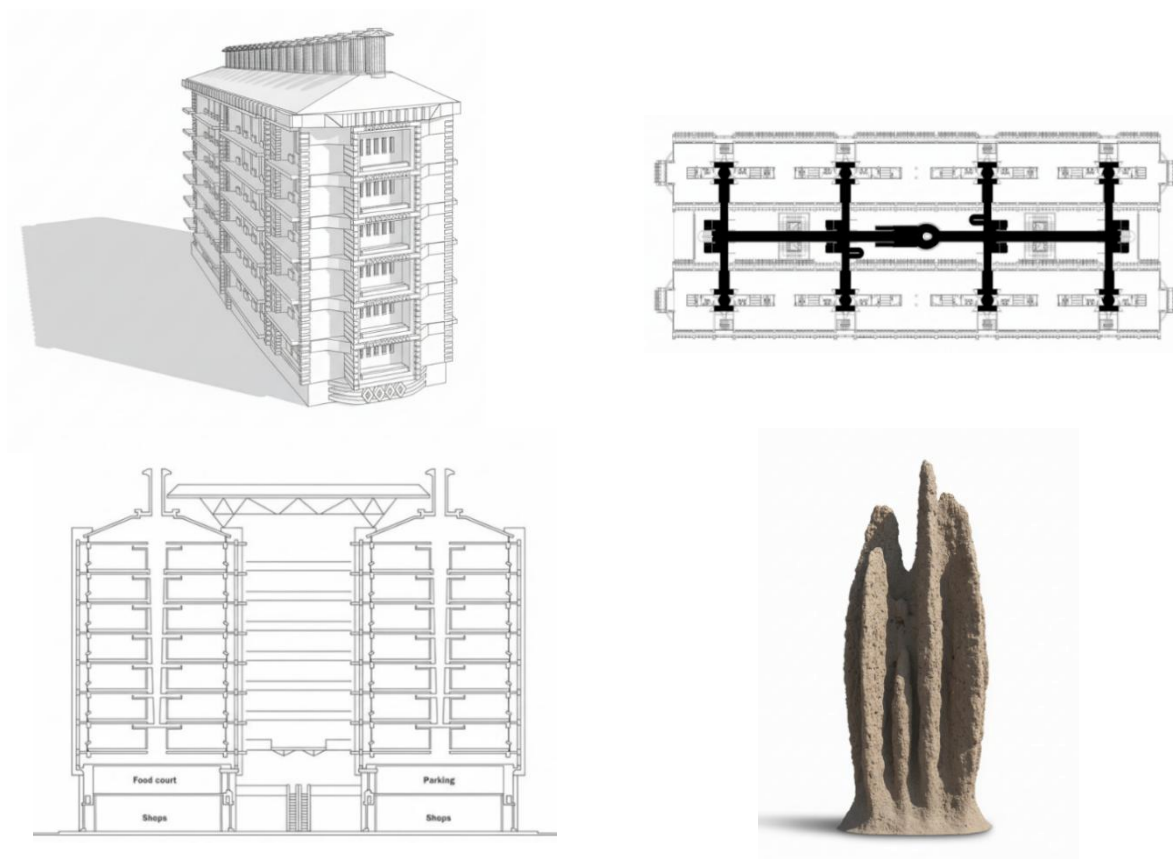


Fig. 7 Eastgate Center (2008), (Izquierda arriba) Isométrica, (Derecha arriba) Planta Nivel 1, (Izquierda abajo) Corte elevación. Elaboración propia. (Derecha abajo) Termitero. Internet

XiXi Hotel / Javier Pioz

El proyecto se inspira en las formas del bambú, para así poder soportar la fuerte radiación de la zona y el intenso calor del lugar. Además de imitar con su estructura exterior los conjuntos de la planta.

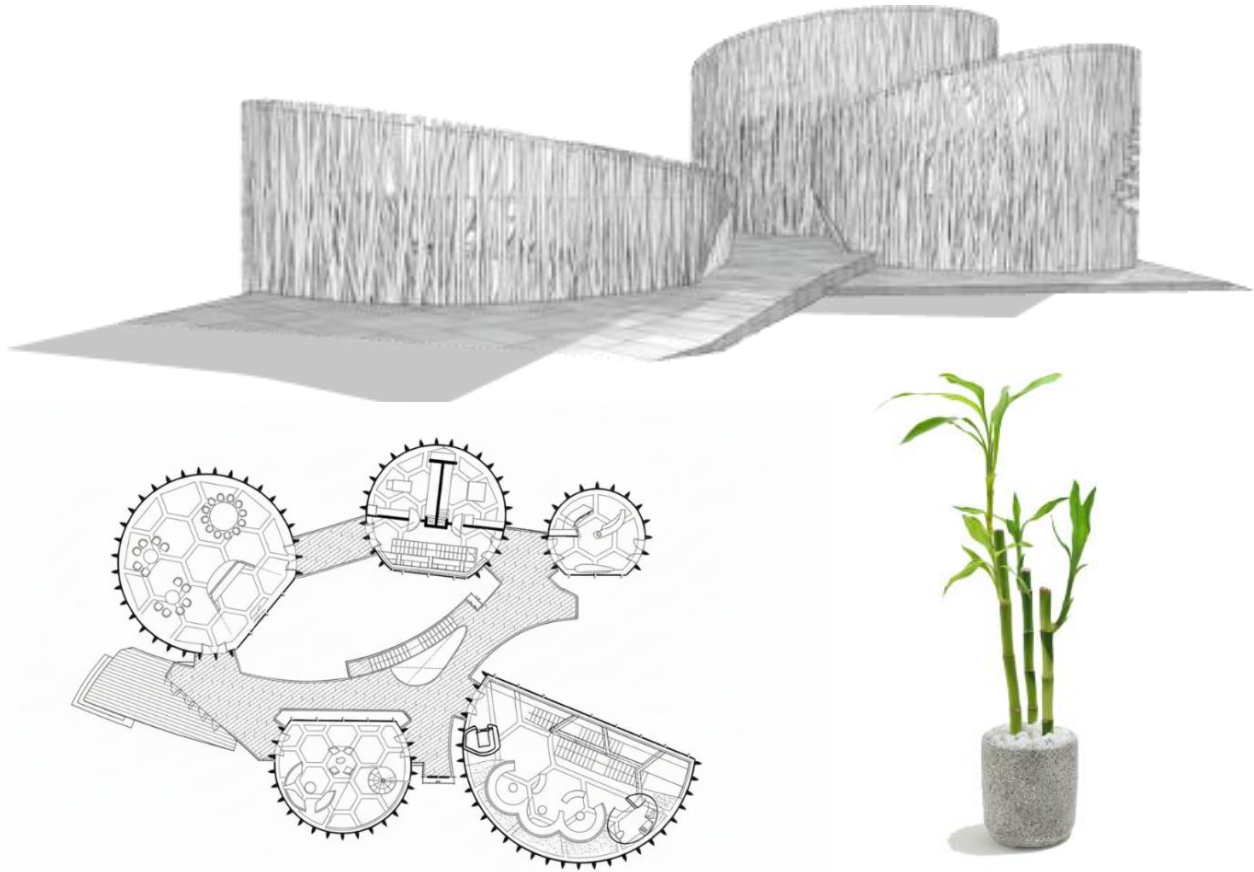


Fig. 8 Proyecto Edén (2013), (Arriba) Elevación, (Izquierda abajo) Planta de emplazamiento. Elaboración propia. (Derecha abajo) Planta de bambú. Internet

4.3 Biomímesis como herramienta en la Arquitectura

Según el Biomimicry Institute. (s.f). *What is Biomimicry*:

“Para los retos que se plantean en todos los campos y sectores, el mundo viviente ofrece innumerables modelos de los que los seres humanos pueden aprender. Al armonizar mejor nuestra especie con el resto de la naturaleza, estas soluciones nos muestran el camino para satisfacer nuestras necesidades y crear nuevas posibilidades.

Al emular estas formas, procesos y ecosistemas probados a lo largo del tiempo, los seres humanos que practican la biomímesis pueden dar rienda suelta a un futuro regenerativo en el que los seres humanos contribuyan a crear condiciones propicias para toda forma de vida.” (Biomimicry Institute, s.f., Parr. 1)

Este párrafo refleja que esta disciplina es más una visión que una metodología a través de la cual desarrollar tecnología, es decir que nos incita a buscar en la naturaleza las respuestas que buscamos para nuestros problemas. Sin embargo, para esta tarea existen diversos caminos sobre los cuales realizar una investigación.

El cómo definir la biomímesis nos da una idea de hacia dónde queremos apuntar con los resultados obtenidos, es por ello que los resultados de la arquitectura biomimética son tan variados y tienen diferentes enfoques.

Problema de inconsistencia analítica

La arquitectura es una disciplina polivalente que permite abarcar diferentes campos científicos y artísticos, es por ello que los resultados de un proyecto permiten clasificarlo dentro de un estilo arquitectónico marcado, generalmente buscando similitudes en forma, estructura o distribución espacial.

Si analizamos la arquitectura biomimética esta no presenta patrones específicos o estructuras repetitivas, no tiene rasgos característicos que permitan separarla del resto de arquitectura. Es entonces que surge la disyuntiva sobre que enfoque debe tomar la biomímesis si se quiere realizar arquitectura a partir de ella.

Una cosa es un enfoque basado en la morfología superficial de un organismo y otra muy distinta observar las razones que lo llevaron a conseguir esa forma. Ambas visiones tienen puntos positivos y negativos.

La visión más formal permite expresar y reflejar la inspiración de manera mucho menos abstracta y por tanto más representativa desde el exterior. Sin embargo, muchas veces este enfoque termina entregando una cascara dentro de la cual se adecua las necesidades humanas, espacios que se acomodan y estructuras que resaltan en un entorno urbano. Además, en muchos casos realmente no se resuelve un problema, porque el copiar no implica entender las razones de una forma o estructura en cualquier medio, por lo que se pierde la sobriedad técnica y estructural a favor de la estética.

Por otro lado, la visión totalmente funcional, en muchos casos, obliga al arquitecto a perder la conexión con el usuario para el que se desarrolla el proyecto, la experiencia sensible y el reconocimiento de la inspiración. Copiar solo la función quita responsabilidades de diseño y por tanto aleja al arquitecto de la obra, no todo en un proyecto de arquitectura es funcional, muchas de las partes del mismo son aporte de la visión sobre lo que queremos entregar en un proyecto.

Por último, existe el espectro intermedio, el cual parece entregar de ambas visiones lo primordial. Una forma que emana la inspiración que se usó como referencia, pero que además cuenta con soluciones arquitectónicas inspiradas en las ya presentes en el medio natural para brindar a los proyectos cualidades espaciales únicas, sin quitarle peso a las decisiones que el arquitecto pueda tener sobre el proyecto.

Sin embargo, este trabajo toma otro enfoque, tomando como punto de partida este abanico de resultados (proyectos) que se denominan como biomímesis. Talvez la razón del porque no existen un consenso en lo que hay que entregar como arquitectura biomimética no es resultado de diferentes ideologías, quizá es tan solo un mal enfoque de lo que resulta para la arquitectura la biomímesis, una herramienta de inspiración.

Es así como cada proyecto bajo la etiqueta de arquitectura biomimética es tan solo una interpretación de información extraída del medio y representada bajo la visión del arquitecto. Esto significa que tanto la morfología, la funcionalidad, o la estructura son la perspectiva del autor y por eso cada proyecto entrega mayor o menor relevancia a un punto u otro.

Los arquitectos, en su mayoría, no son científicos y por tanto al momento de investigar, extraer información y representarla usan las herramientas que la ciencia y la arquitectura les brinda para

poder plasmar sus visiones e ideales. Sin embargo, estas mismas herramientas no presentan un soporte que genere guías de diseño o resultados arquitectónicos.

Esto es la inconsistencia analítica que presenta la arquitectura biomimética actual, un mecanismo de análisis con muchos caminos posibles y con resultados variados. En consecuencia, la biomímesis es un campo difícil de abordar para el arquitecto común o con menos experiencia en los temas de importancia.

Bajo esta problemática se propone una herramienta metodológica que resuelva la inconsistencia a través de sistematizar el proceso, bajo un lenguaje arquitectónico. Es decir, un lenguaje, un entorno de estudio y resultados que apunten a generar guías de diseño pertinentes para la arquitectura, sin modificar la ideología del entorno natural como modelo de inspiración.

4.4 Preguntas de Investigación

Una herramienta metodológica como la que se plantea requiere de ser aplicable en varios casos, por lo que es importante definir las siguientes interrogantes.

¿Cómo sistematizar el proceso de recolección de información?

Como se abordó en puntos anteriores, existen varias problemáticas a resolver si se espera incentivar la ideología de diseño de la biomímesis. Sistematizar el proceso es fundamental para estandarizar los flujos de información, dar el enfoque arquitectónico y entregar mayor rigurosidad y consistencia a los resultados.

Es importante entender que esta herramienta metodológica se implementa previo al proceso de diseño arquitectónico; es decir que guía los pasos de la recolección de referencias y las guías de diseño que utiliza el arquitecto como inspiración para sus proyectos.

No existen referencias sobre metodologías que exploren la biomímesis desde la arquitectura, por ello para la confección de la herramienta se utilizaran 2 textos que abordan la sistematización del análisis tanto en la biología como en la arquitectura.

En biología Thompson D. (1942) en su obra *On Growth and Form* habla sobre la evolución de las especies y cómo muchas de estas provienen de ancestros comunes, los cuales, a través de transformaciones morfológicas, se terminaron diferenciando en especies distintas, aun siendo, en efecto, el mismo modelo morfológico. Esta temática la aborda a través de un análisis gráfico que representan los cambios estructurales que dan como resultado las diferencias de una especie a otra.

En arquitectura Alexander C. (1977) en su obra *A Pattern Language* presenta una estructura bien definida, sobre la cual analiza las escalas en que se puede diseñar arquitectura, a partir de las cuales genera patrones que permiten asignar a cada problema una solución en base a una invariable. Esta misma es posible de replicar sin repetir el mismo patrón una infinidad de veces, además uniendo variables de diferentes escalas es posible solucionar una multitud de problemas a través de decisiones de diseño predefinidas.

A partir de ambos referentes es posible concluir que tanto la biología como la arquitectura son parametrizables de manera cualitativa. Sin embargo, para lograr una sistematización efectiva es necesario asignar al proceso de investigación un entorno de investigación y etapas dentro de las cuales se analicen las diferentes partes que componen el habitar en el medio natural.

En definitiva, entregar a la arquitectura una estructura sobre la cual entender donde buscar información, que se debe observar del medio y como traducirlo a un lenguaje arquitectónico que nos permita diseñar.

¿Cuál es el entorno de estudio propuesto?

Para definir un entorno de estudio hay que tomar en consideración varios puntos. En primer lugar, como respuesta al “Trastorno por Déficit de Naturaleza” junto con la falta de sensibilidad presente en las propuestas científicas sobre el análisis del medio natural, se plantea una investigación de campo.

Una investigación sensorial que nos permita definir un espacio discreto, a partir del cual definir parámetros físicos para así categorizarlo. También un espacio dentro del cual existan interacciones físicas y espaciales a partir de las cuales sea posible inspirar y extraer información útil para el desarrollo de arquitectura.

Este entorno debe estar en una escala accesible para una investigación personal desde la que sea posible extraer datos a través de herramientas gráficas o escritas. Será por tanto muy importante para la investigación la posibilidad del uso de los sentidos, la observación y en análisis minucioso de un lugar específico de interés.

En segundo lugar, es importante tener en consideración cuales son los organismos que se plantean como objeto de investigación. En este caso tomando en consideración la distribución de las especies en los ecosistemas (revisar fig.1), se toma como principales actores del medio natural a los invertebrados, plantas y hongos. Principalmente porque presentan una mayor biodiversidad y arraigo con los ecosistemas que habita.

Por otro lado, todos estos organismos se encuentran de una escala similar a comparación con los seres humanos y por tanto permiten un análisis transversal entre los mismos dentro de un entorno escalar único.

A este entorno de estudio se le denominara “micromundo” y es importante entenderlos como secciones del entorno ecosistémico sobre las cuales tenemos interés y acceso para extraer información con potencial en arquitectura.

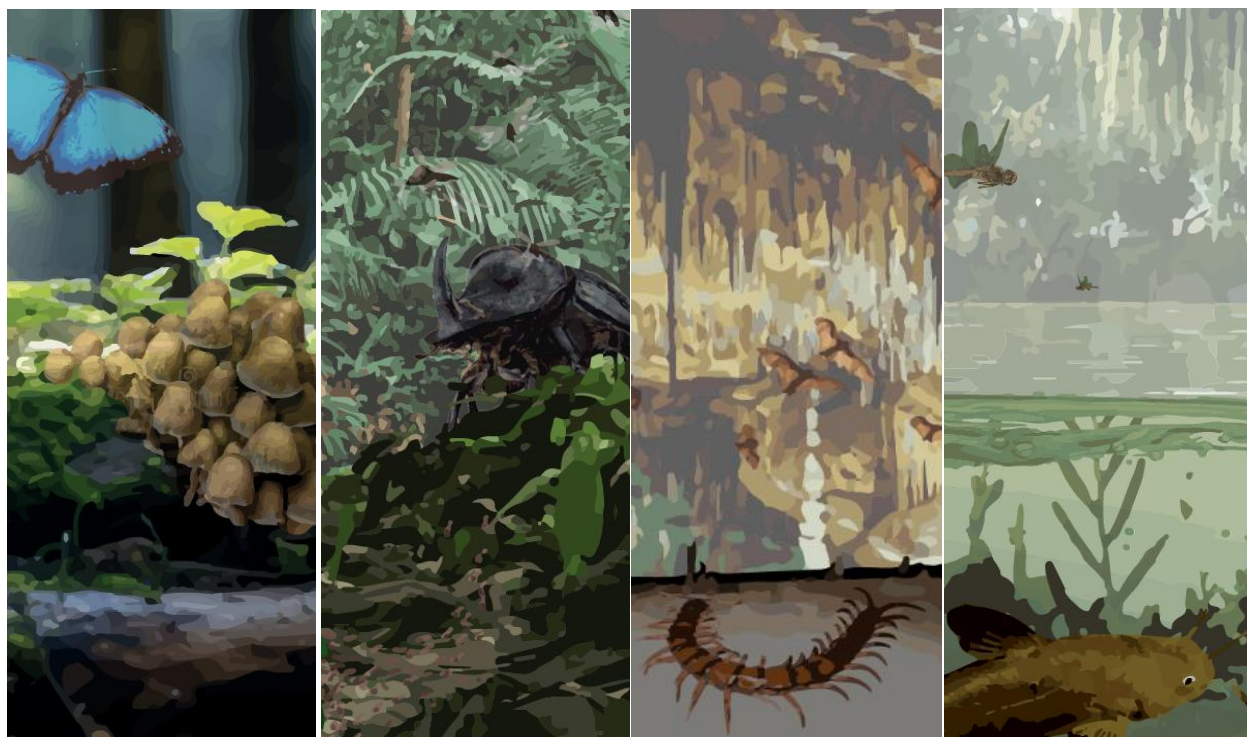


Fig.9 Representación de micromundos. Elaboración propia

¿De cuantas etapas consta el proceso y que analiza cada una?

La herramienta propuesta consta de 3 etapas de análisis, la cuales pretenden abordar diferentes escalas de estudio e información. Estas etapas observan el contexto, los organismos y sus patrones respectivamente para así brindar una forma de discriminar y seleccionar la información más pertinente de nuestro caso de estudio en arquitectura.

Etapas 1 (Macro): Etapa de análisis contextual

Su objetivo es definir los espacios de investigación (micromundos) correlativos a nuestro entorno proyectual. A través de una serie de parámetros de análisis con características medibles se permite al arquitecto discriminar entre los diferentes entornos naturales dentro del catálogo de ecosistemas existente.

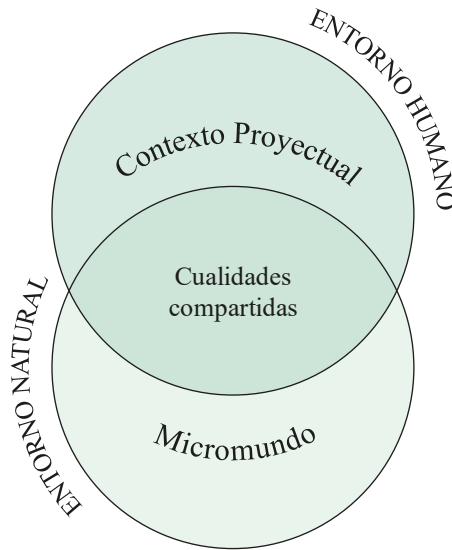


Fig. 10 Diagrama conceptual de entornos homologables. Elaboración propia

Etapas 2 (Meso): Etapa de selección del referente

Se centra en abstraer las funciones espaciales de los organismos dentro del micromundo seleccionado en la Etapa Macro, con el fin de encontrar su símil dentro de las características arquitectónicas que consideramos como problemática a resolver para nuestro proyecto. A través de esta comparación es que podemos definir los actores relevantes en torno a los cuales extraer información útil para definir guías de diseño.

El análisis dentro de esta etapa está enfocado en un lenguaje arquitectónico a través del cual las acciones espaciales no son solo movimientos geométricos definidos, si no también intenciones del organismo que le permiten habitar el medio y desarrollarse en él.

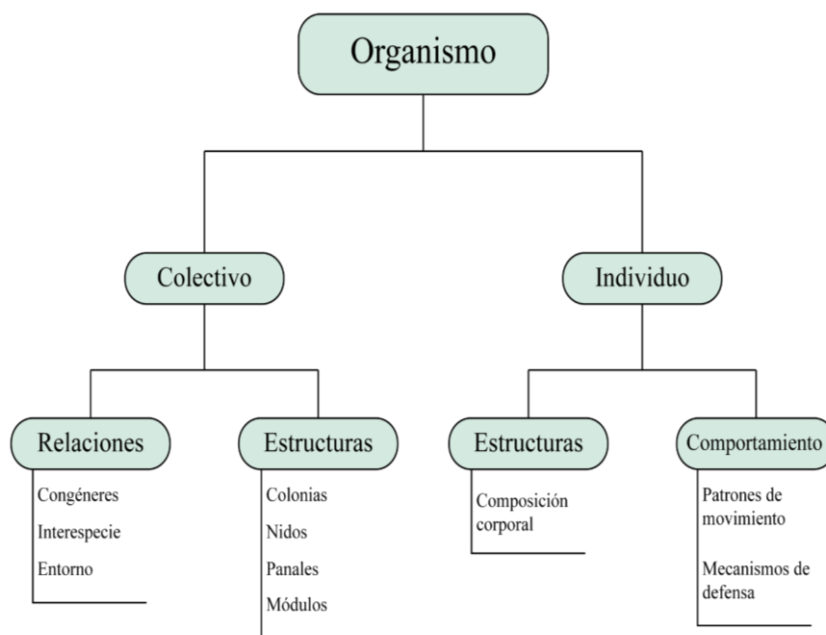


Fig. 11 Mapa conceptual sobre parámetros de análisis. Elaboración propia

Etapas 3 (Micro): Etapa de análisis y traducción del referente

A partir del organismo seleccionado que será la inspiración para nuestro proyecto de arquitectura, se toma en consideración únicamente sus acciones espaciales en el medio. Estas acciones pueden ser tanto físicas como de comportamiento, en torno a estas se genera una abstracción diagramática que revela las características morfológicas y geométricas que permiten al organismo desarrollar esta acción espacial.

Finalmente, estas mismas características espaciales son las que se implementan como guías de diseño en la etapa del desarrollo de un proyecto de arquitectura.

¿A qué información apuntamos en una investigación arquitectónica?

Los arquitectos investigan para obtener guías de diseño, es decir indicadores claros sobre los cuales se toman decisiones espaciales o programáticas al momento de desarrollar un proyecto. En el caso de la herramienta propuesta estas guías son resultado de una investigación basada en la geometría espacial de los organismos.

La “geometría espacial” corresponde a todas aquellas acciones que se relacionan directamente entre el ser vivo y el uso del espacio sobre el cual se desarrolla. Todos los organismos en mayor o menor medida interactúan con su espacio para sobrevivir y esta supervivencia depende de sus mecanismos de adaptación al entorno.

Pier Luigi Nervi (2013) argumenta que la naturaleza siempre construye de forma “correcta”, es decir de forma eficiente, económica y funcional, en ese sentido estudiar su morfología nos permite encontrar los patrones guía claros sobre los cuales definen su habitar en el espacio.

Estas guías de diseño morfológicas deben encontrarse dentro del marco de la herramienta metodológica para darles un argumento que fundamente su uso los proyectos. No se plantea una elección ambigua de referentes, si no una elección basada en la experiencia y en el reconocimiento del entorno y las herramientas utilizadas por los organismos para adaptarse a él.

¿Qué se observa en cada etapa y como se relaciona con las otras etapas?

El resultado de la investigación son guías de diseño, pero estas mismas sin contexto se vuelven expresiones formales del organismo actor en el medio sobre el que nos estamos inspirando. Es por ello que es necesario el análisis contextual y dentro del mismo la selección de un referente coherente con lo que se busca resolver.

En la Etapa Macro se observa el entorno, es decir el “micromundo”, este lugar de estudio esta provisto de características que nos permiten calificarlo y clasificarlo, por tanto, es relevante observar los indicadores físicos que nos permitan obtener la información sobre sus características atmosféricas y espaciales. A través de estas es posible compararlo con el entorno proyectual.

Estos datos se grafican en un soporte visual, para extender la capacidad de análisis a una gran cantidad de casos de estudio y seleccionar el “micromundo” más adecuado para el caso, según los parámetros de clasificación.

La Escala Meso, por otro lado, busca abstraer de manera arquitectónica las acciones en el espacio que realizan los organismos de manera activa o pasiva. Es por ello que es importante observar el funcionamiento de los seres vivos que interactúan con el espacio, acciones como expandir, contraer, rodear, entre otras. Es crucial en este punto ampliar nuestro concepto de acciones espaciales, para poder asignar a nuestra comprensión del actuar evolutivo esta intencionalidad.

Se asume que las acciones en el espacio son respuesta directa a la adaptación al mismo por parte de los organismos. Por tanto, si se toma en consideración lo analizado en la etapa macro, donde determinamos un entorno pertinente en torno a las características físicas y espaciales del entorno,

lo cual significa que las necesidades físicas y espaciales son similares con el entorno proyectual, finalmente se está resolviendo las necesidades que como arquitectos encontraremos en nuestro proceso de diseño.

Esto no necesariamente es un flujo lineal, porque no es necesario tener clara la acción espacial requerida en nuestro proyecto para analizar las presentes en el medio. Incluso puede ocurrir al revés, que seleccionando previamente el referente podamos obtener acciones que previamente no se habían considerado. Es una retroalimentación constante dentro del proceso investigativo.

Por último, en la Etapa Micro se observa directamente las características geométricas que permiten realizar la acción espacial al organismo. Este análisis implica una visión formal de las estructuras presentes, por tanto, es relevante observar considerando la disciplina de la arquitectura.

Se buscan patrones, estructuras, formas o colores que actúan como información valiosa para el desarrollo de un diseño. De manera gráfica se extrae la información y se transforma en su propio lenguaje de patrones arquitectónicos a partir de los cuales se toman las decisiones de diseño.

¿Por qué optar por una investigación de campo y cómo influye en la recolección de datos a diferentes escalas?

Los mecanismos actuales para el desarrollo de biomímesis se enfocan en el lado más técnico del potencial heurístico de la naturaleza, como lo son la extracción de estructuras, mecanismos y materiales, a su vez esto asocia la recolección de datos con investigaciones intrusivas que descomponen o diseccionan a los organismos con el fin de definir todas sus partes y el funcionamiento de las mismas.

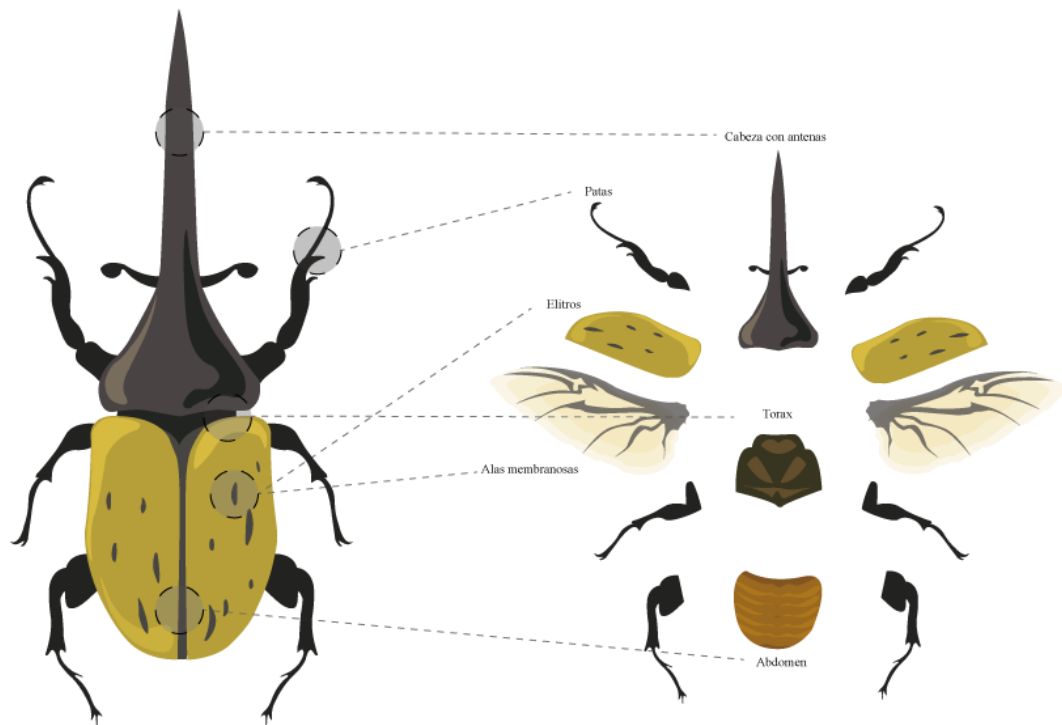


Fig. 12 Diagrama explotado de análisis de un organismo. Elaboración propia

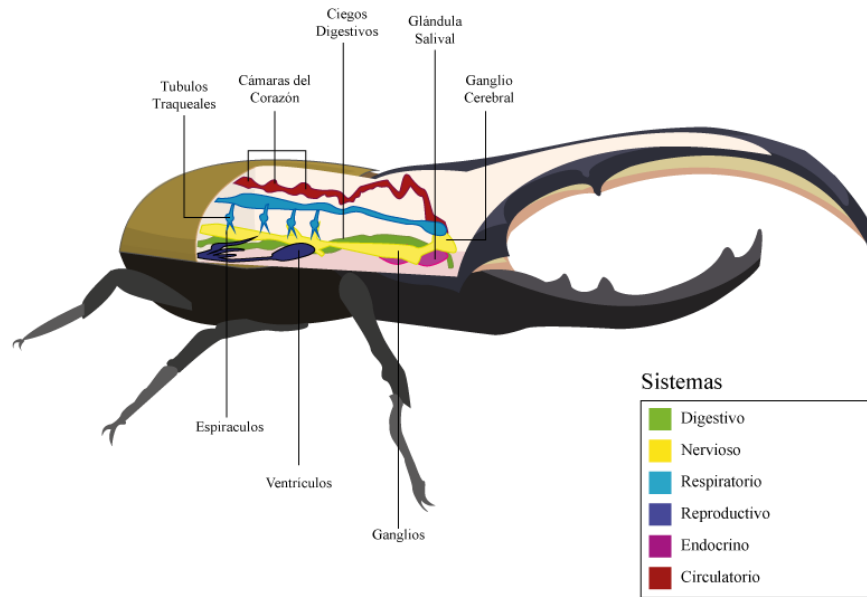


Fig. 13 Diagrama seccionado de análisis de un organismo. Elaboración propia

Estas investigaciones de laboratorio en muchos casos implican separar el objeto de estudio del entorno en el cual se desarrolla. Sin embargo, como los resultados de nuestra investigación dependen de entender el desarrollo de los seres vivos en un medio dinámico, es indispensable observar el funcionamiento y actividades de los mismos en el entorno natural.

Por otro lado, la investigación de campo es más cercana a una investigación sensible y por tanto es ideal para la recolección de datos en una disciplina como la arquitectura. Se busca observar de manera directa las interacciones de los organismos con su medio, evitando lo más posible nuestra propia interacción como intermediarios.

Investigar dentro del medio permite responder al “Trastorno por Déficit de Naturaleza” y a su vez incentivar la exploración física por parte del arquitecto. Buscando con ello responder a ambas problemáticas mientras se analiza la información del medio, entrenando el ojo arquitectónico para posteriores investigaciones.

Es así como se transmite la idea del organismo como parte del medio y pieza fundamental de este mismo. Sin un contexto el ser pierde la lógica funcional y la perfección estructural es ambigua.

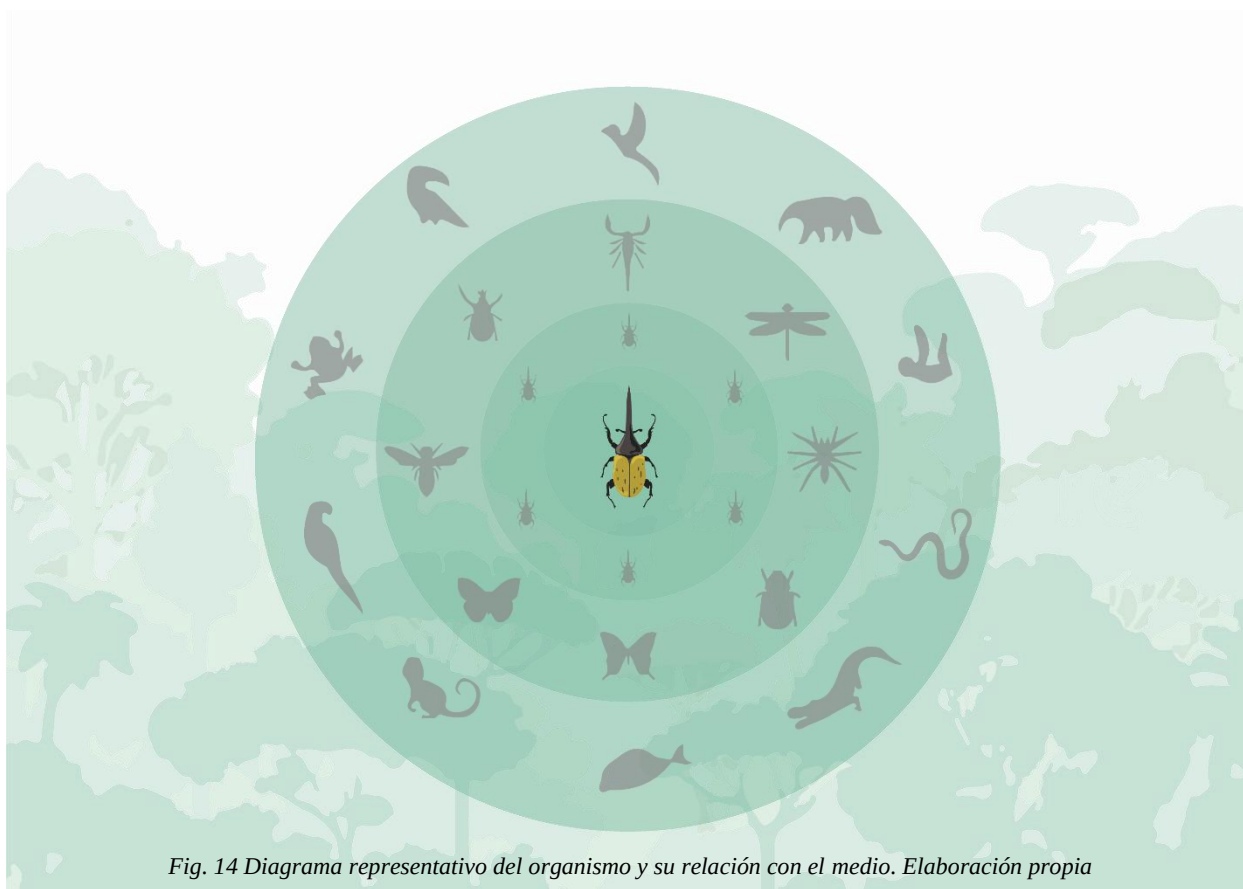


Fig. 14 Diagrama representativo del organismo y su relación con el medio. Elaboración propia

Por último, este tipo de investigaciones son muchos más expeditas que las investigaciones de laboratorio, esto debido a que su análisis es más superficial y no ahonda en el análisis extenso y completo de una investigación clásica.

El tema del tiempo lo aborda Pioz. J. (2024) en su entrevista al *Club del Deportista* “Un arquitecto debería aprender de la naturaleza igual que los seres vivos aprenden de sus propias acciones. Pero la naturaleza, con millones de años de evolución, acierta y fracasa en una escala de tiempo muy grande. Y nosotros tenemos muy poquito tiempo”

El tiempo de desarrollo de un proyecto es variable y muy sensible a las necesidades previas y presentes del mismo. La investigación previa de la biomímesis significa un desarrollo más pausado, el cual complica los plazos ya reducidos del arquitecto.

Por tanto, reducir los plazos de investigación desde la elección del proceso metodológico hace más accesible a la biomímesis como medio de inspiración en cualquier proyecto, sea cual sea su escala y relevancia.





5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

5.1 Objetivo General

Sistematizar la investigación previa al proceso de diseño de un proyecto de arquitectura en el que se implementa la filosofía de la biomímesis. Definiendo un entorno de estudio, etapas de investigación y un mecanismo a través del cual traducir la información recolectada. Con la finalidad de brindar mayor rigurosidad y consistencia a los resultados proyectuales e impulsar el uso de la biomímesis en arquitectura gracias a su estandarización.

5.2 Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo general se plantea lo siguiente:

- **Establecer el "Micromundo" como unidad de estudio valida:** Delimitar la experimentación a espacios acotados de alto potencial heurístico. Dentro de una escala pertinente de estudio, para asegurar una intencionalidad analítica efectiva y manejable dentro de una investigación sensible.
- **Establecer un proceso metodológico funcional que apoye la investigación sensible:** Definir un proceso de recolección y análisis de datos que priorice la experiencia sensorial directa y la interacción con el entorno, minimizando la dependencia de herramientas tecnológicas complejas para fomentar una comprensión analógica del medio.

- **Establecer y definir las etapas de análisis:** Generar criterios de observación para cada etapa propuesta, definir que observar y como observarlo. Con el fin de entregar a la información del medio un análisis enfocado en arquitectura y rescatando de ello los datos útiles para nuestro proceso de diseño.
- **Definir un mecanismo de traducción para información:** Transformar la información recolectada del medio en guías de diseño, a través de un mecanismo aplicable, en cualquier caso, replicable y fácil de asimilar para cualquier arquitecto.

6. JUSTIFICACIÓN

Existe una necesidad real de herramientas que permitan al arquitecto definir sus guías de diseño a partir de la observación del entorno natural (biomímesis). No porque este limitado en cuanto a las posibilidades, sino porque la base sobre la cual se realizan estas investigaciones que después generan el proyecto, tiene una fuerte influencia científica. En consecuencia, al ser implementadas como mecanismo de diseño no se llega a un resultado equilibrado entre características técnicas y arquitectónicas.

Existen además otros 2 puntos a considerar al momento de desarrollar la herramienta:

El primero, que ya fue abarcado anteriormente, es la desconexión social con el medio ambiente por el “Trastorno por Déficit de Naturaleza”, es por este motivo que a una gran cantidad de arquitectos les cuesta relacionarse con su entorno y sobre todo extraer información de él.

La poca conexión genera muchas veces que las investigaciones se realicen en entornos similares a laboratorios o con información extraída de artículos. Esto último no es negativo, ya que utilizar información más rigurosa basada en estudios científicos aporta al conocimiento personal y a descubrir realmente todo sobre un organismo, pero no se puede dejar de lado la parte sensible de una exploración para una labor que requiere de esa misma sensibilidad como lo es la arquitectura.

Los proyectos terminan siendo resultados en conjunto de la técnica y la experiencia, la misma que podemos obtener si analizamos de manera sensible un entorno natural y no desde la lejanía de un laboratorio. Es decir que el entorno de estudio afecta a como relacionamos posteriormente los resultados y esto afecta directamente a lo que un arquitecto entrega a sus clientes y a la población.

También Sandra Valero (2014) en su libro *The Sponge paradigm* afirma que "A lo largo de la historia nos hemos ido alejando cada vez más de nuestro entorno, engrandeciendo nuestro ego sintiéndonos superiores y dueños de todo aquello que nos rodea". Esta idea del ego humano como filtro que nos impide observar de forma efectiva nuestro entorno y su valor, es peligroso para una disciplina que busca la constante evolución.

Es por ello que este punto es dinámico y empeora con el tiempo, es decir que, mientras menos se relacione un individuo con su entorno, mientras menos lo explore, más complejo es aprender a hacerlo y menos interés tendrá. Es por tanto de suma importancia considerar esta conexión como algo fundamental para el desarrollo de un arquitecto que inicia en la arquitectura biomimética.

El segundo punto importante refiere a una característica intrínseca del medio natural, su complejidad. Los ecosistemas están compuestos una multitud de entidades que pueden ser tanto estáticas como dinámicas, los seres vivos y su entorno están en constante roce y evolucionan de forma puntual o progresiva dependiendo del tiempo. Además, cada ecosistema tiene un nivel de complejidad diferente que depende de su densidad de biodiversidad, de su impacto ambiental, de la época del año, entre otros factores. Esto lo vuelve un sistema complejo de analizar y con mucha información disponible.

Esta alta densidad de datos en primera instancia no es algo negativo, ya que es a partir de esta que se puede inspirar de muchas maneras una misma idea. En específico para la biomímesis, existen tantas soluciones disponibles que es casi seguro que se encontrara una solución idónea para un problema específico si buscamos de manera eficaz.

El problema es encontrar una forma de ser eficaces para buscar y a la vez eficientes, porque un proyecto de arquitectura exige cumplir con plazos que muchas veces no dan espacio a una investigación extensa. Esto se agrava si además como arquitectos no tenemos las herramientas ni un enfoque claro sobre lo que hay que buscar.

Bajo esta problemática se puede ver a la naturaleza como una gran malla de información de la cual debemos extraer puntos específicos que nos permitan diseñar y generar ideas a partir de traducir las previamente existentes en el medio natural.

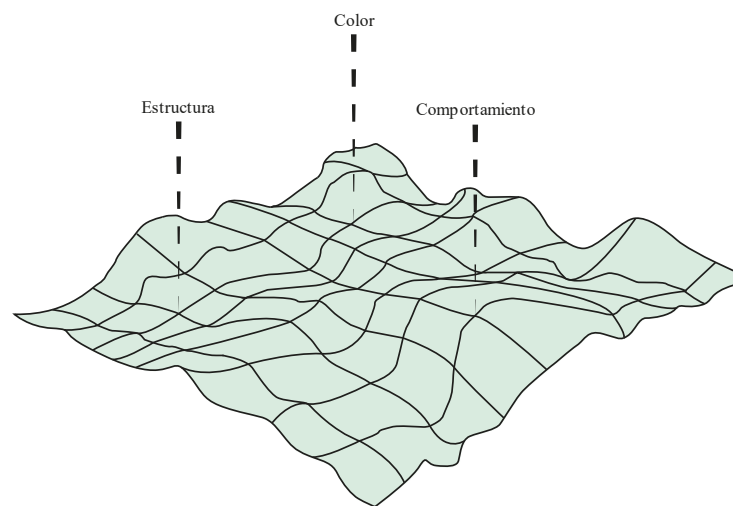


Fig. 15 Malla del micromundo con acupuntura referencial. Elaboración propia

Como solución la idea es proponer una herramienta metodológica que abarque ambos problemas, guiando el proceso de investigación para así generar un estándar a partir del cual comenzar a hacer biomímesis en arquitectura e incentivar a nueva gente en la implementación de esta manera de investigar y ver el mundo.

7. ESTADO DEL ARTE

Existen diversas referencias a partir de las cuales un arquitecto puede abordar un diseño a través de la biomímesis, la mayoría dentro del campo de la ciencia y algunos ejemplos específicos para la arquitectura.

Estas referencias a su vez definen diferentes partes del trabajo a realizar para entender y aplicar la biomímesis, ya que como herramienta ideológica requiere de un entendimiento que tiene más profundidad que tan solo entender la metodología.

Dentro de los textos existentes es posible definir los siguientes enfoques.

- Fundación Teórica
- Metodología y Practica
- Arquitectura y Estructura
- Enfoque Científico-Técnico

7.1 Fundación Teórica

Biomimicry: Innovation Inspired by Nature / Janine M. Benyus (1997)

El texto que acuñó por primera vez el termino biomímesis, establece la idea de la naturaleza como modelo, medida y mentor. Es esencial para entender la ética del diseño regenerativo y sustentable.

En este se encuentran las bases de la visión de la autora sobre el tema y más importante, ejemplos de cada uno de los puntos que defiende. Estos a su vez expresan el valor que existe en la naturaleza y el cómo sus mecanismos (respuestas) tienen un fundamento más profundo que el formal y estético.

Explica de manera eficiente e introspectiva como el entorno natural y los elementos que lo componen siempre llegan al equilibrio y a la sobriedad estructural, a partir de los mecanismos que la evolución definió para su supervivencia.

En resumen, es un texto que aborda desde la perspectiva filosófica la situación sobre la que se implementa la biomímesis en ciencias. Sin embargo, no es un texto útil si se espera una referencia de la implementación de la misma en cualquier área, es como tal un apoyo ideológico mas no una herramienta para obtener resultados empíricos.

7.2 Metodología

Biomimicry Resource Handbook: A Seed Bank of Best Practices / Dayna Baumeister (2012)

Con base en lo descrito en el texto de Janine M. Benyus, es un manual de instrucciones que asigna pasos específicos para definir un desafío de diseño y buscar soluciones en el catálogo biológico.

Detalla a través del “Design Spiral” (espiral de diseño), el paso a paso a través del cual relacionar la información previa de una problemática humana con las soluciones pertinentes en el medio ambiente. Los pasos y el orden son los siguientes:

1. **Definir:** Traducir funciones de diseño a funciones biológicas
2. **Biologizar:** Buscar organismos que vivan en condiciones extremas de esa función.
3. **Descubrir:** Entender el mecanismo físico o químico detrás de esa solución.
4. **Abstraer:** Convertir el mecanismo biológico en un diagrama técnico o principio de diseño.
5. **Emular:** Aplicar ese principio a tu proyecto.

Es un texto corto, que permite de manera rápida y eficiente entender la biomímesis como mecanismo para la investigación. Sin embargo, cuenta con un enfoque altamente científico, por lo que no es aplicable de manera eficiente en otros campos de investigación como la arquitectura, ya que la investigación científica y la arquitectónica, tanto por objetivos como por metodología no son similares.

Como consecuencia, su aplicación en la arquitectura conlleva a resultados ambiguos o enfocados únicamente en los aspectos técnicos de la resolución del problema.

A Pattern Language / Christopher Alexander (1977)

Propone una metodología que desplaza el enfoque de la estética hacia la experiencia humana y los eventos sociales que ocurren en el espacio. Se define un elemento “patrón” como una solución a un problema que ocurre de manera repetitiva en nuestro entorno.

Cada patrón describe:

- **Un Contexto:** Las condiciones bajo las cuales surge el problema.
- **Un Sistema de Fuerzas:** Las tensiones sociales, psicológicas o físicas que chocan.
- **Una solución:** Una configuración espacial que resuelve esas fuerzas.

A su vez, la metodología de Alexander funciona como un lenguaje vivo, a partir del cual se puede traducir una solución arquitectónica que resuelve varios problemas en conjunto. Esto gracias a un sistema de interconectividad que asume que los patrones no funcionan aislados y que a su vez están conformados por otros patrones de menor escala.

El libro organiza 253 patrones desde una escala macro a una escala micro, pasando por escalas intermedias. Cada una de las escalas resuelve distintas dimensiones de un mismo problema y pueden ser utilizadas en conjunto para abarcar todas las decisiones de diseño de un proyecto.

Se busca una resolución total, un lenguaje universal aplicable para cada problema espacial y, por tanto, multifuncional. Basado en patrones que, según el autor, ya forman parte del catálogo de los arquitectos sin que ellos lo noten.

El proceso metodológico es simple pero efectivo.

1. **Identificar el problema:** Se define el tipo de vida y habitar que se quiere fomentar en el espacio a trabajar.
2. **Elegir patrones Clave:** Seleccionar los patrones que mejor responden a las necesidades del sitio y sus habitantes.
3. **Adaptación:** El diseñador debe adaptar la geometría del patrón a las condiciones reales del terreno y la cultura local.

On Growth and Form / D'Arcy Wentworth Thompson 2da edición (1942)

Propone que la forma de los organismos vivos no se debe exclusivamente a la evolución por selección natural, sino principalmente a leyes físicas y principios geométricos. Esta metodología rompió con la tradición de la época en que fue publicado el texto.

Thompson utiliza un sistema de rejilla de coordenadas para demostrar que las formas de diferentes especies están relacionadas matemáticamente. A través del dibujo del organismo sobre la grilla y su posterior deformación se denotaba el cómo las especies cambian su morfología sin perder su esencia inicial, a esto lo denomina como ritmos de crecimiento.

Estos cambios morfológicos son resultado de la interacción del cuerpo físico con las leyes físicas naturales:

- Tensión superficial
- Gravedad y escala
- Hidrodinámica

A su vez el autor compara a las estructuras biológicas con obras de ingeniería humana, encontrando en ellas relaciones directas de la morfología y el funcionamiento como mecanismos de fuerzas. Su metodología buscaba patrones geométricos en la naturaleza, que demostraron como los seres vivos maximizan la eficiencia estructural.

Su obra también permite adaptar esta comparativa y sus referencias a través de la geometría paramétrica, que finalmente es la causal de que los organismos evolucionen morfológicamente.

Shape: Talking about Seeing and Doing / Stiny George (2006)

Propone que el diseño no se basa en objetos fijos, sino en reglas de transformación. Estas mismas se disponen entre adición y sustracción, definiendo que a partir de una misma figura se pueden obtener una basta combinación de otras.

Bajo esta lógica, todas las siluetas estas conectadas mientras vengan de un mismo conjunto de reglas de transformación, explica también como estas siluetas se encuentran presentes en todo lo que observamos y que a través del análisis de su composición y configuración es posible extraerlas.

Stiny explica que, al combinar formas, aparecen nuevas formas que no estaban en el diseño original (formas emergentes) que a su vez son fuertes herramientas de diseño permitiendo iniciar patrones complejos desde formas básicas.

Ejemplifica cómo analizar una imagen, descomponerla en formas básicas y entender las reglas de "reemplazo" o "combinación" que generan esa composición. Es ideal para el análisis de patrones en cualquier escala, ya que simplifica la idea de diseño a un conjunto de reglas básicas que se pueden aplicar, en cualquier caso.

7.3 Arquitectura y Estructura

Biomimicry in Architecture / Michael Pawlyn (2016)

Enfocado en los antecedentes proyectuales y las posibilidades existentes de la implementación de la biomímesis como mecanismo de diseño, este texto está especializado en investigar, desarrollar y guiar los flujos de trabajo de la arquitectura hacia la biomimética.

Explora de manera extendida ejemplos de estructuras que replican o se inspiran de manera directa en estructuras naturales, visualiza tanto la inspiración técnica como la selección del referente en torno al análisis funcional de sus capacidades físicas o estructurales.

Es el texto más completo si se busca una referencia clara de la implementación estructural de la ideología en la arquitectura, permite visualizar las posibilidades del entorno natural en muchas escalas.

Cuenta además con una “guía práctica para arquitectos” que responde una serie de preguntas en torno a la propuesta metodológica y sus peculiaridades en la arquitectura. Sin embargo, esta guía no solo es corta, sino que realmente es redundante en varias respuestas, además no es una referencia completa si se busca una sistematización del proceso, en ese sentido el texto de Dayna Beumeister está más enfocado en esa necesidad de control.

Además, sus conjeturas están muy ligadas a la condición técnica de la obra, es decir a las características estructurales. Es por ello que se enfoca en la importación de la observación formal de los elementos referentes, considerando las estructuras como replicables en nuestro medio a

partir de ampliar el enfoque de diseño y repensar las soluciones en torno a sus limitantes físicas en el medio arquitectónico.

Como tal las soluciones no se abstraen, se expresan de manera completa y se adaptan a las condiciones físicas y constructivas del espacio y de las posibilidades de implementación como mecanismo real a nuestra escala.

Por otro lado, su análisis contextual es débil, porque sostiene que las razones sobre la implementación de un organismo como elemento referente están ligada al entorno en que se desarrolla, pero al momento de entregar el fundamento a esta aseveración, no explica de manera correcta los motivos y se limita a explicar que el funcionamiento estructural es suficiente para entregar pertinencia a un referente en la resolución de un problema.

En definitiva, es un texto que engloba en gran medida la fundación teórica y la factibilidad de su implementación, pero que flaquea en entregar una metodología clara. Aun así, es el texto de arquitectura que mejor representa la biomímesis y sus posibilidades.

7.4 El Enfoque Científico-Técnico

Cats' Paws and Catapults / Steven Vogel (1990)

Analiza y compara la ingeniería humana con la ingeniería natural, es ideal para entender la razón sobre las decisiones de la evolución para brindar a cada organismo un conjunto de herramientas con las cuales interactuar con su entorno.

Visualiza y desarrolla de manera gráfica y escrita las diferentes variantes en torno a las funciones del medio natural y sus usuarios (organismos). Tanto en su lado técnico como en su lado estructural.

Es un texto con mucha densidad de información y por ello tiene dificultades en expresar de manera eficiente la gran cantidad de datos que presenta. Aun así, su autor logra de manera fluida expresar lo funcional y representativo de cada organismo mencionado.

Los ejemplos están muy bien aplicados y comparados con nuestros propios mecanismos, apoyando la existencia de soluciones complejas a simple vista en la naturaleza a problemas que, como especie, nos tomó años de trabajo y avance.

Finalmente resulta útil su lectura, más como apoyo para el entendimiento de los mecanismos físicos y de las especies que los poseen que como un método universal para extraer información de los mismos. Su enfoque es puramente formal, tomándolo menos como una guía introductoria y más como una enciclopedia de mecanismos naturales.





8. MARCO TEÓRICO

La herramienta que se plantea funciona como un modelo metodológico que permite extraer información especializada para la arquitectura en un entorno de estudio natural. Tiene 2 principales marcos de referencia para funcionar, uno ideológico y otro metodológico.

El primero se basa en lo expuesto en 1. INTRODUCCIÓN, tanto por denotar el potencial de la naturaleza para ser objeto de inspiración para un diseño, como todo lo relacionado a la biomímesis y su objetivo como mecanismos de análisis del entorno.

Esto resulta en que la investigación tenga un fuerte componente eco-centrista, es decir que al estudiar la naturaleza no tomamos en consideración la acción humana en el entorno o el cómo interactuamos con las especies, sino que se prioriza un enfoque entre las relaciones directas entre especies y el contexto en el cual se desarrollan, en resumen, observamos el entorno vivo sin considerar al ser humano un actor fundamental. El desarrollo de las especies es independiente de la actividad humana en su entorno, ellas seguirán evolucionando aun cuando no estemos para verlo.

Por otro lado, si observamos los ecosistemas por su potencial investigativo son sistemas complejos, dinámicos e integrados, es decir que la información presente es variada y cambia constantemente.

Esto complica el encontrar la información útil, ya que discriminar en un entorno con tantos datos que cambian constantemente y sin una metodología de investigación es casi imposible. Es necesario reducir la densidad de información visible y enfocar los resultados objetivo a través de

definir que observar y como observarlo. Para ello se plantea simplificar el entorno de estudio con la “Teoría Ecológica del Paisaje”, la cual es un marco de integración para los levantamientos ecológicos y estudios eco-geográficos, esta misma nos permite evaluar los entornos naturales y los organismos que los habitan.

8.1 Ecología del Paisaje

El ecólogo Forman R. (1984) desarrolla en su obra *Landscape Ecology Principles* un método de análisis a través del cual es posible entender los ecosistemas y los procesos ecológicos de forma integrada, con el fin de apoyar la planificación territorial y el manejo ecosistémico.

En el caso específico de esta herramienta metodológica nos compete analizar el mecanismo a través del cual se enfoca el estudio con el fin de recolectar de manera efectiva diversos tipos de información. La investigación se realiza en diferentes entornos escalares para así abarcar todo el ecosistema de manera íntegra. También permite evaluar en torno a criterios de valor, lo que significa un análisis basado en la percepción humana del entorno, similar a la investigación sensible que propone nuestra herramienta.

Dentro de la “Ecología del Paisaje” el concepto de paisaje se refiere a la imagen de un territorio. Sin embargo, para nuestro caso esta imagen es más cercana a una visión del imaginario o encuadre provisto por quien desarrolla la investigación (arquitecto). Se observa y analiza las situaciones como si fuesen una escena en movimiento dentro del entorno de estudio (micromundo).

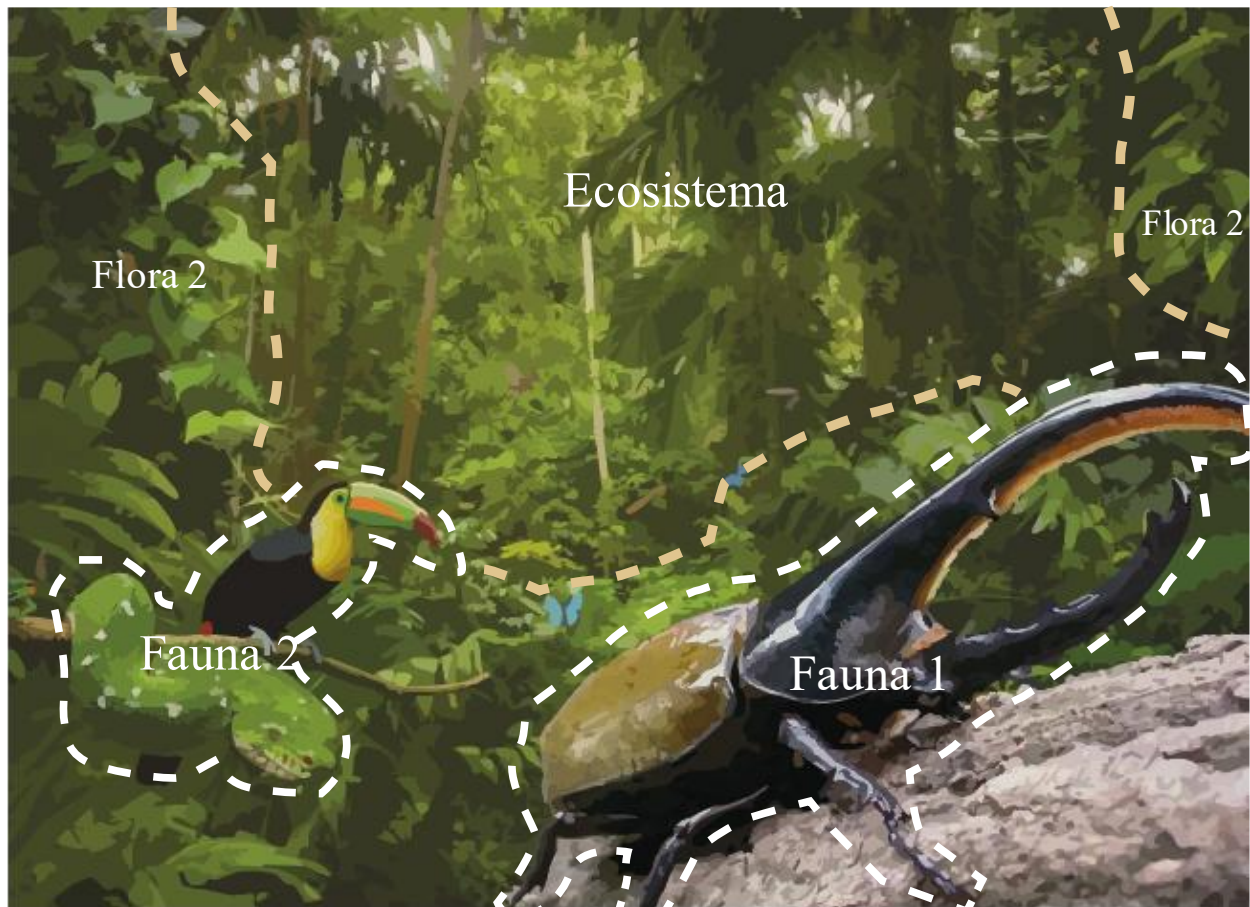


Fig. 16 Representación de un Micromundo selvático y sus partes. Elaboración propia

Es dentro de estas escenas que los diferentes actores (organismos) se desarrollan mientras de manera inconsciente efectúan acciones espaciales en el medio. Se entiende, por tanto, la concepción de un paisaje como la articulación del un territorio a través de su composición (elementos presentes) y su configuración (distribución e interacción de los elementos).

Según el ecosistema la cantidad de interacciones entre especies y entorno varían, pero siempre existen. Estas se desarrollan de manera simultánea y no como sucesos aislados y salvo excepciones son atemporales, es por ello que se entiende a la información en el medio como una red de conexiones constantes, que definen y caracterizan a cualquier entorno.

Es fundamental entender esta red de conexiones como una situación favorable porque representa una gran cantidad de interacciones y por tanto de soluciones presentes en el entorno de estudio. No obstante, todas estas soluciones están inmersas en un complejo conjunto de datos, dentro del cual hay que encontrarlas, definir las y discriminarlas para determinar que sean un aporte a nuestro proceso de diseño.

Para extraer la información se considera un símil a lo realizado por McHarg I. (1969) en su obra *Design with nature*. El autor plantea que la información presente en la naturaleza está dispuesta por capas y para poder discriminar esta información según convenga es necesario estudiar cada capa por separado. Bajo esta lógica es posible extraer solo la información relevante y útil para el diseño estudiando el entorno bajo ciertos parámetros específicos.

Es similar a lo visto en el punto 6. JUSTIFICACIÓN, pero en este caso no es una gran malla irregular, sino más bien un conjunto de capas planas que al superponerse generan la primera malla a través de las interacciones de cada una, porque en la realidad toda la información se cruza y aunque tengan diferente relevancia se ven afectadas entre ellas.

Es así como nuestros datos objetivo se encuentran dentro de la capa de información espacial del entorno de estudio, a través de la herramienta metodológica es que designamos los parámetros que afectan a las diferentes escalas de análisis y que nos permiten discriminar esta información del resto presente en el medio.

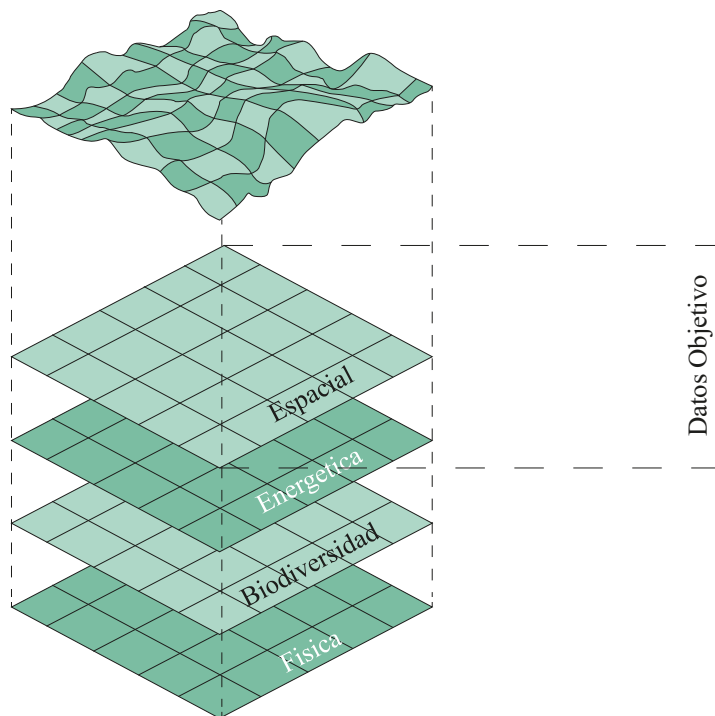


Fig. 17 Simplificación de malla de la figura 15 a través de separar por la referencia de sus datos. Elaboración propia

Para una sistematización efectiva nuestra investigación debe abarcar una cantidad acotada de escalas, que a su vez engloben tanto los factores externos que afectan al desarrollo morfológico y funcional de un organismo, así como las propias acciones espaciales que ejecuta el organismo de

manera intencional (comportamiento, estructuras) o fortuita (modularidad, morfología física). Con el fin de reducir los tiempos de desarrollo y generar una metodología aplicable y replicable en varios casos.

Por último, Gracias a Alexander C. (1977) con su obra *A Pattern Language* y Thompson D. (1942) con su obra *On Growth and Form* se toma la decisión de entender a los entornos naturales y a los entornos proyectuales como símiles de una misma razón arquitectónica, resolver las necesidades espaciales de sus habitantes.

En ese sentido la evolución no es tan solo el mecanismo de adaptación por excelencia de la naturaleza, sino que también el mecanismo a través del cual la arquitectura logra mantenerse vigente sin importar los cambios sociales o culturales y las necesidades del habitar de las personas.

Los patrones de comportamiento y construcción son respuesta de las necesidades físicas del individuo y esto es aplicable a todos organismos que tomen acciones sobre el medio para sobrevivir. Somos parte de un entorno dinámico, inhóspito y hostil sobre el cual tomamos decisiones que lo transforman en el adecuado para nuestra supervivencia.

Esta decisión ideológica nos posibilita comparar de manera efectiva el entorno propuesto, para encontrar datos útiles que no estén sesgados por las previas necesidades humanas. Se propone interpretar de manera arquitectónica el entorno y por tanto observar sin prejuicios lo que ocurre, entendiendo que, sin importar las diferencias, somos parte de lo mismo, seres que intentan sobrevivir en la tierra y adaptarse a su entorno.

El deber ser de la Arquitectura Biomimética

En resumen y tomando en consideración todos los puntos abordados, dentro del presente documento se define a la biomímesis en arquitectura como un mecanismo de análisis a través del cual es posible descubrir e interpretar la información presente en la naturaleza hacia un lenguaje arquitectónico, con el fin de guiar el proceso de diseño de diversos proyectos.

Por tanto, esta herramienta metodológica se enfoca en entregar una sistematización de este mecanismo a través de un proceso definido por un entorno de estudio especial para la arquitectura y etapas que permiten analizar de manera eficiente diferentes escalas del medio natural.

El entorno de estudio se denomina “**Micromundo**” y es un espacio natural sobre el cual podemos realizar una evaluación a través de criterios de análisis concretos, que además permiten al investigador/arquitecto juzgar un entorno en base a valoraciones propias, con el fin de discriminar su nivel de correlación y pertinencia para resolver una problemática.



Fig. 18 Observación detenida de un micromundo. Elaboración propia

Las etapas del proceso tienen como función permitir al arquitecto generar un análisis referenciado de los elementos más relevantes según sus resultados objetivo, es decir le permite a través de un marco estructurado estudiar las características y soluciones espaciales presentes en el entorno y en los organismos que lo conforman.

Cada etapa estudia una escala y elementos diferentes, pero todas tienen como finalidad estudiar las características espaciales más relevantes para la arquitectura.

La **Etapa Macro** corresponde al análisis del contexto, a través de los criterios espaciales y sensoriales del entorno es posible seleccionar un “micromundo” que represente de manera adecuada nuestro entorno proyectual. Con el fin de encontrar organismos que estén adaptados a problemáticas similares a las que afrontara nuestro proyecto.

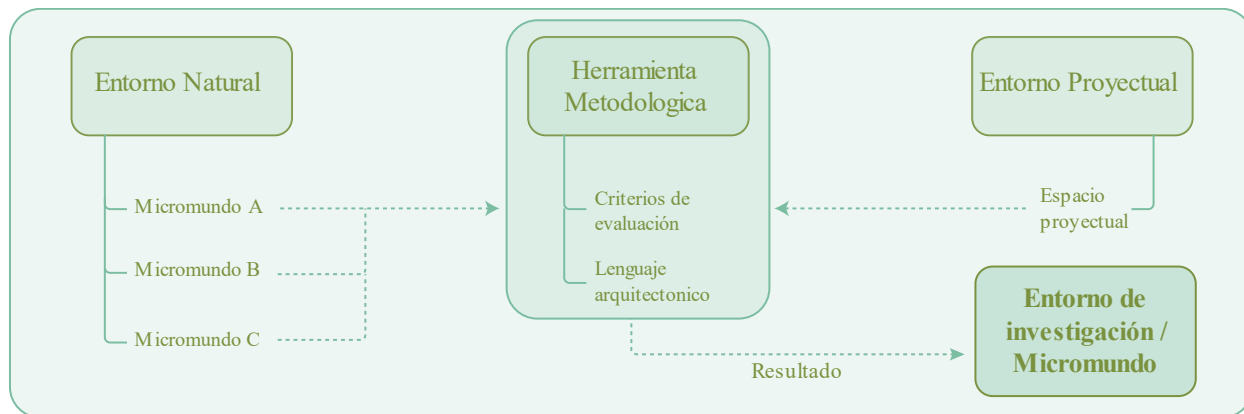


Fig. 19 Mapa conceptual de flujo de información en Etapa Macro. Elaboración propia

La **Etapa Meso** corresponde al análisis y selección de referentes, a través de abstraer las acciones espaciales que necesita realizar nuestro proyecto es posible compararlo con las acciones ya realizadas por los organismos presentes en el entorno seleccionado. Esta tarea nos permite definir una especie u organismo referente que nos sirva como inspiración de diseño, sabiendo que en ella encontraremos patrones que respondan a la acción espacial que requiere el proyecto.

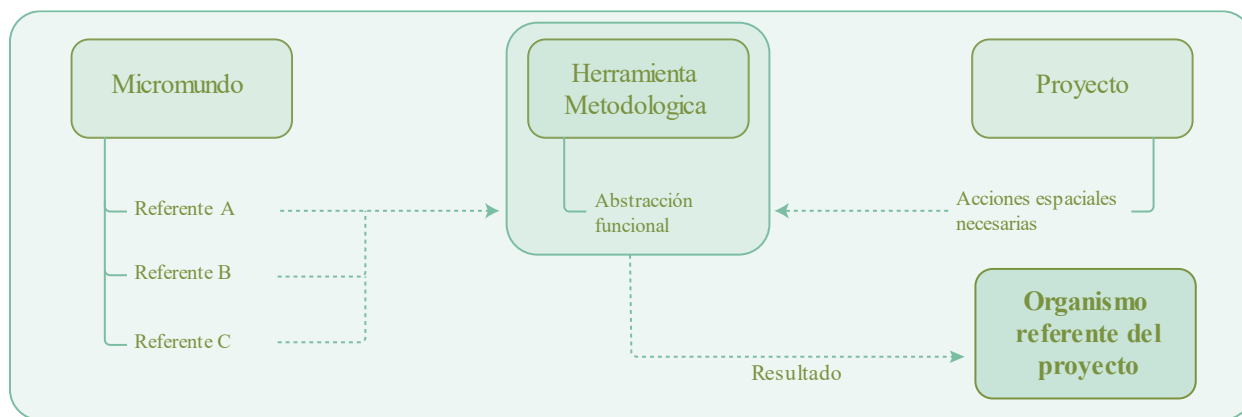


Fig. 20 Mapa conceptual de flujo de información en Etapa Meso. Elaboración propia

Por último, la **Etapa Micro** corresponde al análisis del referente seleccionado, a través de analizar su morfología y comportamiento es posible describir y graficar los patrones que están presentes en los organismos. Tomando la información contextual y funcional de las etapas previas, se asume que estos patrones responden a resolver una situación espacial equiparable a la que presenta nuestro proyecto de arquitectura. La traducción hacia el lenguaje arquitectónico se realiza a través de graficar su “geometría espacial”, la cual representa su perfeccionamiento estructural como resultado evolutivo.

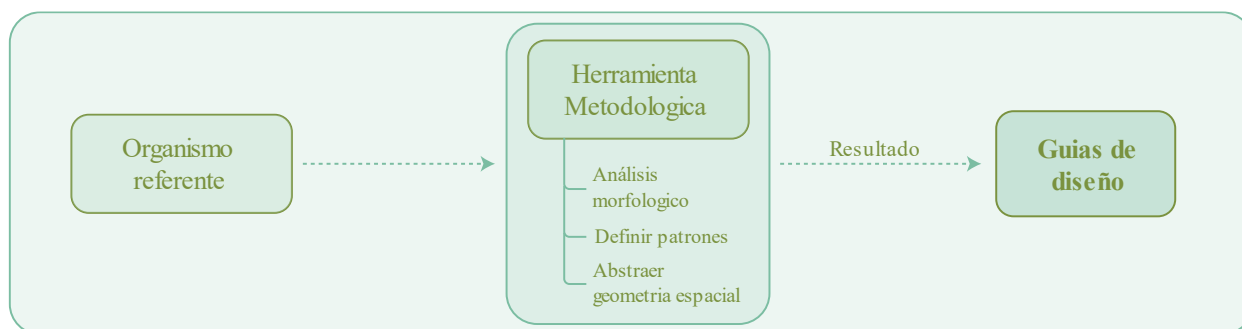
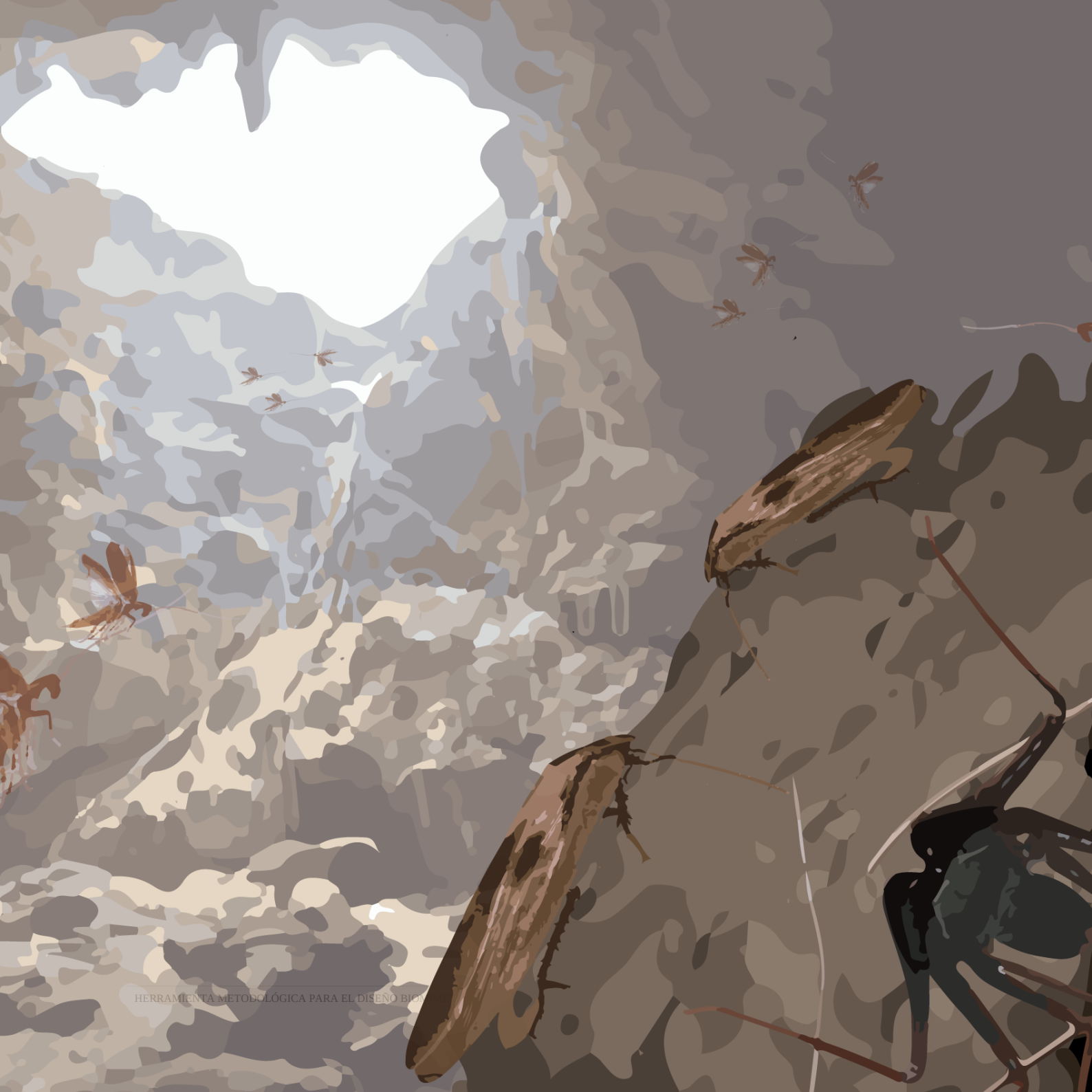


Fig. 21 Mapa conceptual de flujo de información en Etapa Micro. Elaboración propia

Bajo este marco se espera desarrollar una herramienta metodológica que apoye el uso y comprensión de la biomímesis en la arquitectura.



HERRAMIENTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO BIOMIMÉTICO



9. HERRAMIENTA METODOLÓGICA

Propuesta Epistemológica

Los ecosistemas y sus entornos naturales son sistemas complejos, dentro de los cuales existen mucha información útil para muchos ámbitos de la investigación humana. Esta herramienta busca discriminar la información pertinente en torno a la arquitectura y organizarla de manera que sea fácil de analizar y traducir para cualquier arquitecto en sus proyectos.

La naturaleza está compuesta por un entorno y sus individuos, el cómo estos interactúan con el medio y con otras especies dentro del presente texto se denomina “acciones”. Es a partir de estas acciones que los organismos generan patrones, los cuales resultan en estructuras, comportamientos y mecanismos de adaptación.

El mayor desafío para sistematizar la investigación de la naturaleza es organizar los pasos a seguir y su respectivo enfoque como resultados de análisis, al ser un entorno multiescalar con elementos estáticos y dinámicos es necesario enfatizar ¿qué se busca observar? Y ¿cómo se debe observar? para obtener información concreta, pertinente y enfocada en arquitectura.

En el siguiente grafico se observa de manera visual un posible acercamiento al desarrollo ontológico de la información en el medio natural, teniendo en cuenta como cada parte afecta de manera directa o indirecta a las otras, siendo el resultado del conjunto lo que denominamos ecosistema.

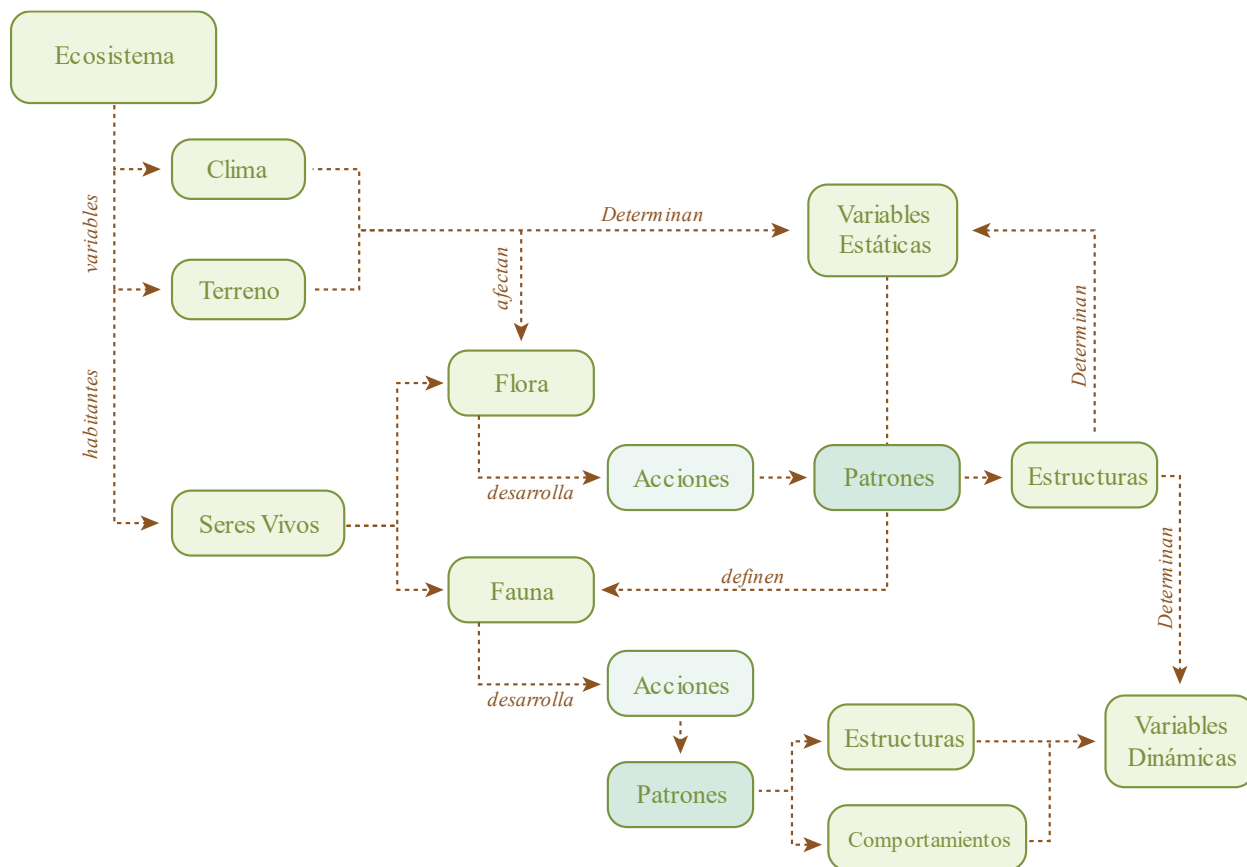


Fig. 22 Mapa conceptual de flujo de información en un Ecosistema. Elaboración propia

Desde esta perspectiva el primer aporte de esta herramienta metodológica es organizar las interacciones de manera lineal. Esto es posible a través de separar las interacciones entre escalas, buscando en cada secuencia la dinámica acción-reacción que existe entre un factor resultante de una escala mayor que afecta a un individuo en otra escala inferior.

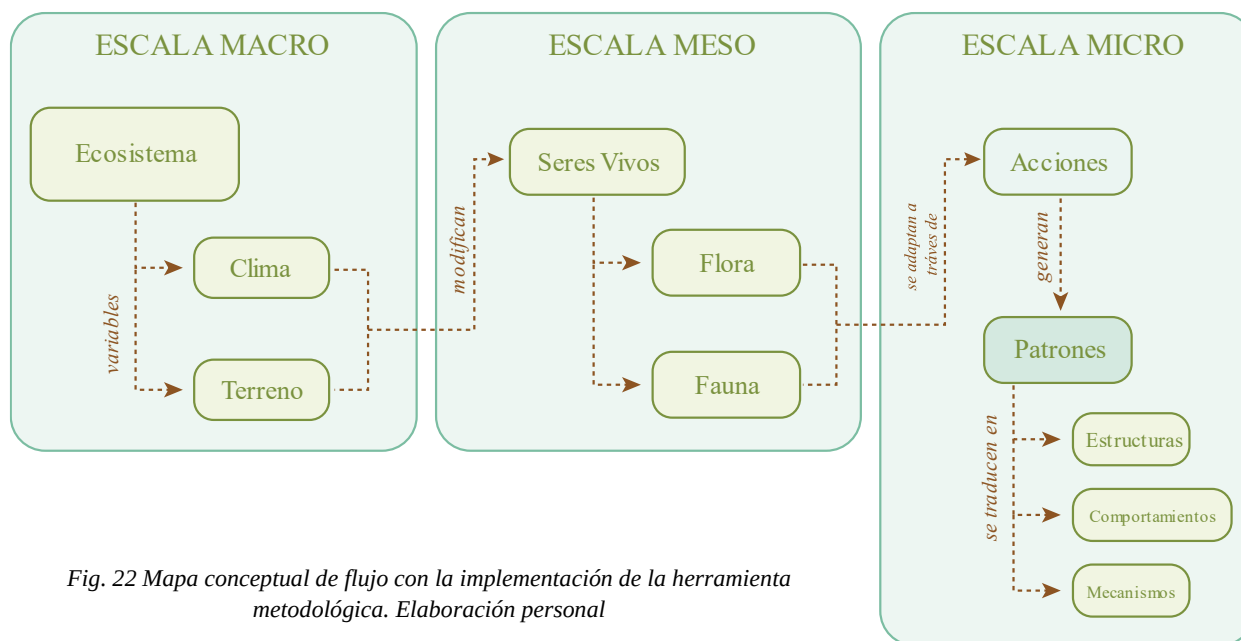


Fig. 22 Mapa conceptual de flujo con la implementación de la herramienta metodológica. Elaboración personal

Este modelo permite abordar el estudio e investigación de los ecosistemas de manera deductiva, es decir generar un análisis desde lo más grande hasta lo más pequeño, en este caso desde los parámetros espaciales de la escala macro hasta los patrones de diseño presentes en la escala micro.

A su vez esta estrategia lineal, permite asignar a cada escala un proceso de análisis diferente y enfocado en buscar resultados que nos permitan seguir desarrollando la investigación en la siguiente escala. Para ello cada escala debe presentar parámetros de investigación únicos, los

cuales nos permitan encontrar resultados específicos, logrando una investigación transversal que cubre de manera eficiente e intuitiva una gran porción del entorno de estudio y nos permite relacionar de manera directa las características del entorno y los resultados de nuestra investigación. También es importante que sea un mecanismo paralelo conectado con el proceso de diseño en ciertas etapas que requiere decisiones tomadas en base a necesidades proyectuales.

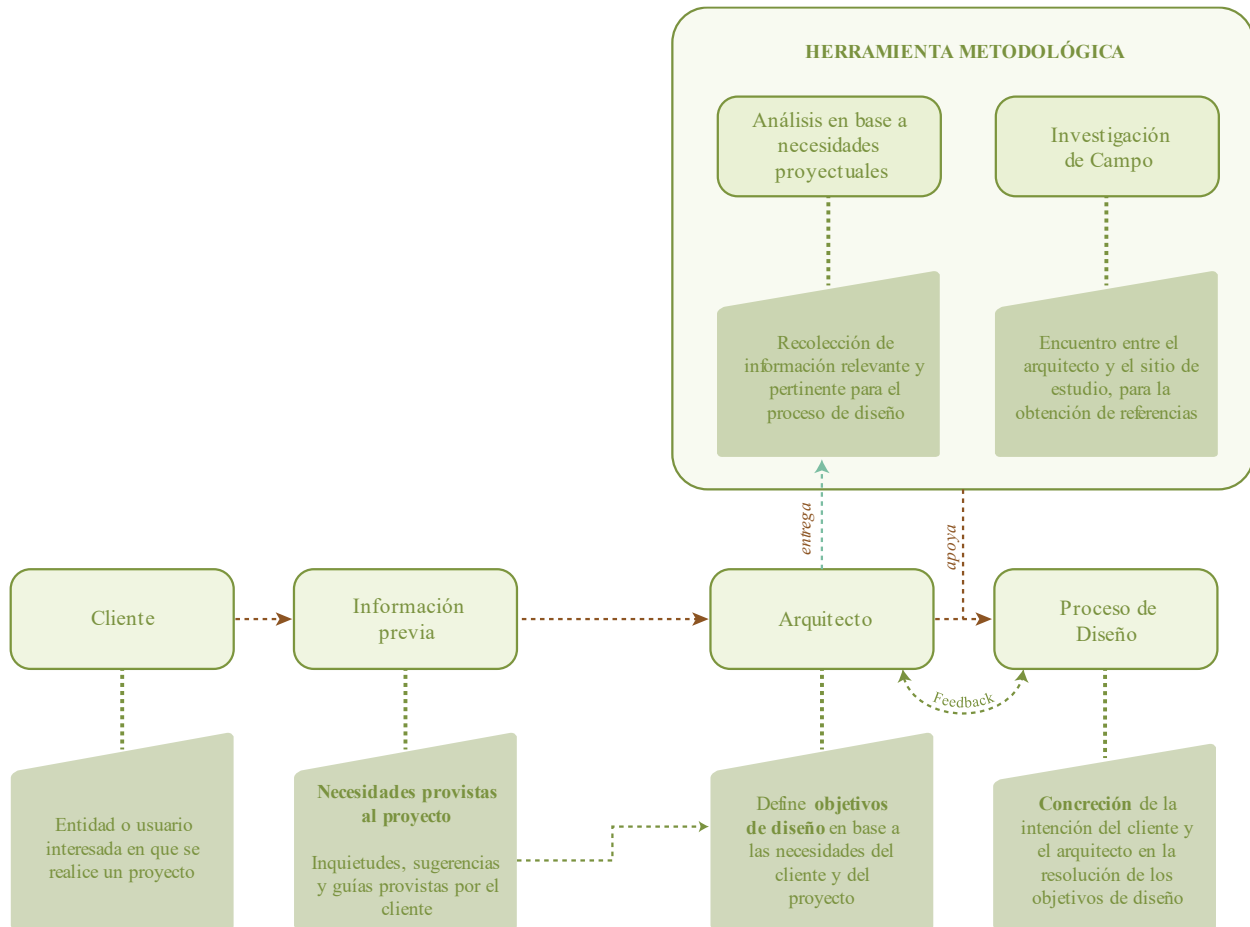


Fig. 22 Flujo de trabajo para un arquitecto con la herramienta metodológica. Elaboración propia

En resumen, se busca dar rigurosidad a los resultados que finalmente serán las guías de diseño de un proyecto, teniendo tanto un sustento espacial como un sustento funcional a través del cual se enriquece el fundamento de una obra arquitectónica, no por su estética sino por cómo actúa en su contexto proyectual.

9.1 MICROMUNDOS

Los ecosistemas tienen diversos tamaños, desde amplios bosques cubiertos de vida hasta pequeños microbiomas en una poza de agua. Además, cada uno presenta diferentes características espaciales y dentro de un mismo ecosistema pueden existir diferentes hábitats con sus propias características y cualidades.

Esta diversidad de formas, tamaños y características hacen más compleja la tarea de investigarlos, sobre todo si se quiere una investigación completa, que permita obtener toda la información presente en el medio. Es por ello por lo que esta investigación tiene un entorno de estudio característico que resuelve la inconsistencia de escalas y simplifica la extracción de información.

Los “micromundos” son la unidad de estudio mayor sobre la cual realizamos el reconocimiento de nuestro entorno. Este espacio conceptual va más allá de delimitaciones métricas o escalares convencionales y no presenta requisitos específicos de densidad de interacciones biológicas; es decir, no es un espacio medible con los parámetros comunes que definen un sitio.

Su definición se fundamenta en un criterio de intencionalidad analítica, determinado los siguientes factores:

- 1. La selección deliberada de un espacio ecosistémico:** El espacio debe ser propuesto bajo nuestro propio interés de investigación, reconocible y comparable con otros “micromundos”. Y preferiblemente, debe ser un espacio de posible acceso físico y reconocimiento experiencial/sensorial.

2. **El interés explícito en documentar las características y acciones del medio:** Debe ser un espacio natural sobre el que, como investigador, se presente un interés intrínseco. Esto busca incentivar la curiosidad, el descubrimiento y la intencionalidad al momento de encontrar la información precisa que nos permita reconocer el “micromundo” en sí, los organismos que lo habitan y las interacciones que se presentan en él.
3. **Evaluable dentro del marco de investigación:** El micromundo como entorno de investigación, representa una sección de un ecosistema y por tanto debe tener dentro todas las características a analizar por el proceso metodológico, es decir los elementos propuestos en la fig. (x)

En esencia, un “micromundo” constituye cualquier porción de un ecosistema que sea objeto de atención sistemática para la recolección de datos sobre dinámicas biológicas, donde la relevancia se establece por su potencial heurístico antes que por parámetros físicos predefinidos.

A diferencia de las clasificaciones actuales de los ecosistemas y sus escalas, estos espacios virtuales son principalmente una representación del imaginario de quien realice la investigación.

Bajo las premisas ideológicas antes vistas (biomimesis), una concepción espacial que represente lo que es un ecosistema en nuestra mente es sumamente nutritiva, ya que permite generar expectativas y conjeturas previas bajo un halo de incertidumbre. Básicamente se aprovecha uno de los comportamientos humanos más primitivos como lo es la investigación analógica de una situación que nos parece interesante.

Los “micromundos” también permiten simplificar el flujo de información y las escalas que inciden en el estudio. Es básicamente un entorno dentro del cual podemos encontrar todo lo fundamental de un ecosistema y que afecta de manera directa a los referentes que existen dentro de él, sin pasar por escalas intermedias.

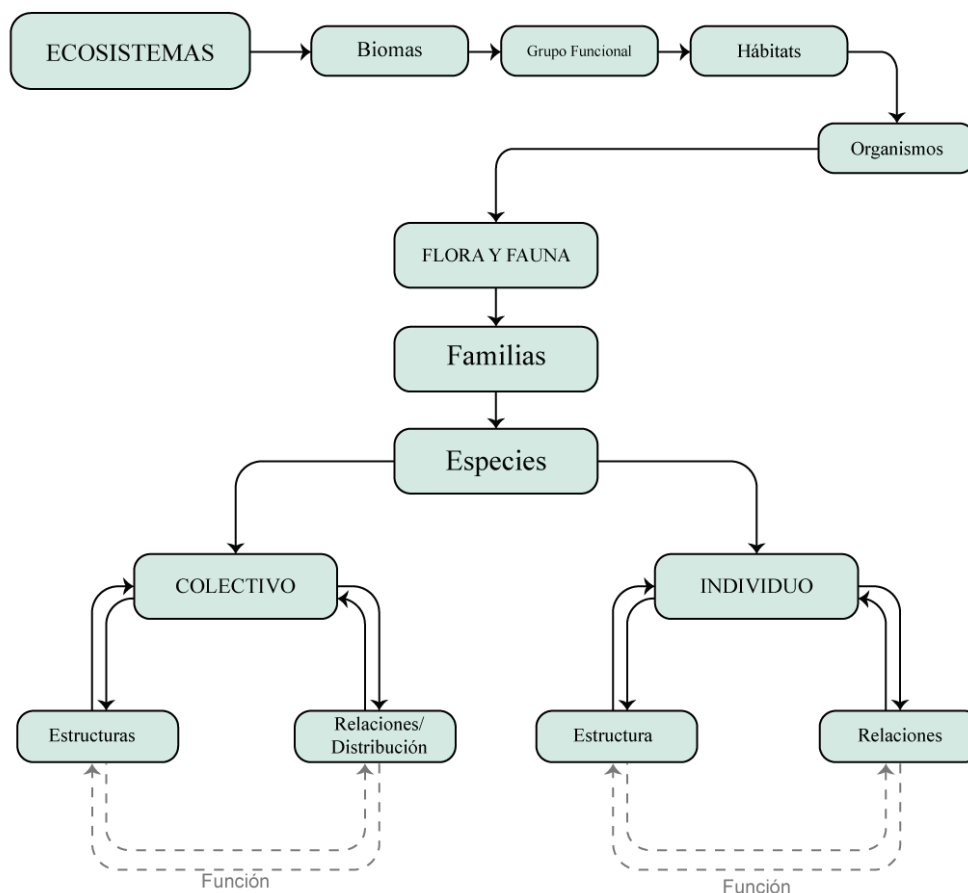


Fig. 23 Mapa conceptual de escalas. Elaboración propia

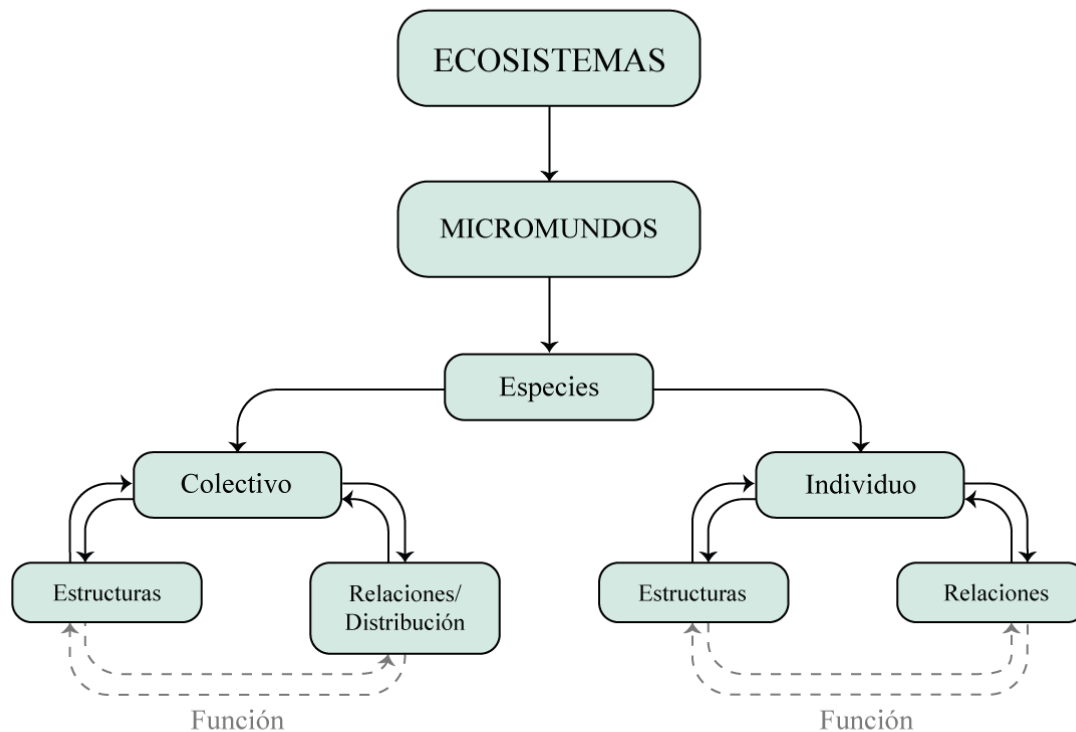


Fig. 24 Mapa conceptual de escalas con inserción del micromundo. Elaboración propia

A partir del micromundo es que se analiza el entorno, los organismos que lo habitan y los mecanismos espaciales que estos presentan. Generando un estudio directo con un flujo que nos entrega tanto las dificultades para habitar el espacio como las soluciones que permiten hacerlo.

El micromundo es una analogía comparativa que permite homologar los entornos proyectuales con los entornos naturales, es una necesidad técnica que permite parametrizar de manera cualitativa o cuantitativa según lo amerite la escala de análisis.

También brinda al estudio una dimensión sólida y específica dentro de la cual tomar decisiones, tanto para la investigación como para el diseño. Es decir, durante todas las etapas el micromundo es parte del proceso de diseño, por lo que, dependiendo de los cambios en las necesidades proyectuales, se modifican a su vez las necesidades de investigación.

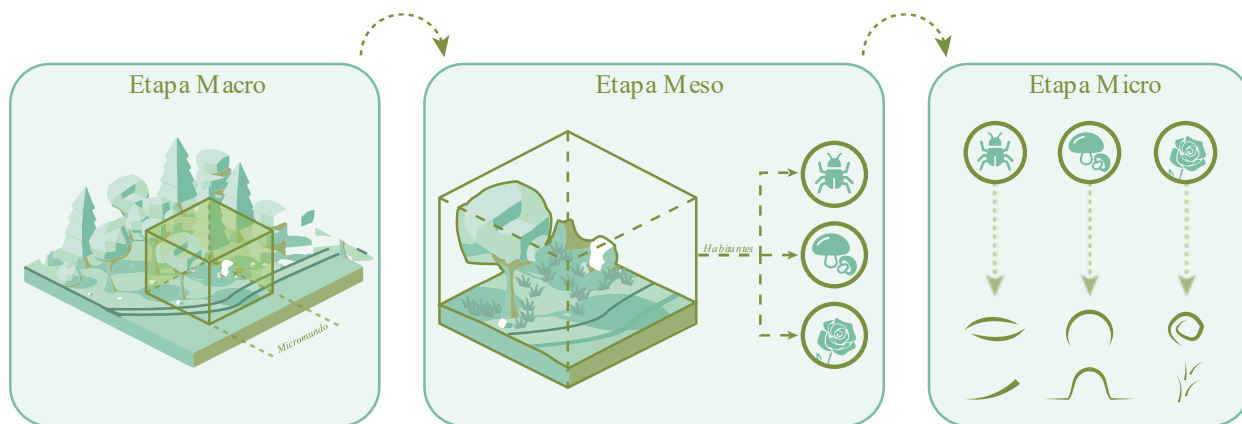


Fig. 25 Esquema de Etapas en sucesión aplicada a un entorno de estudio. Elaboración propia

Y por último permite a esta herramienta metodológica ser sensible, a través de una evaluación cualitativa y en muchos casos subjetiva de los entornos y las acciones en el medio. El arquitecto interactúa de manera directa a través de la selección de los elementos de estudio y las cualidades o necesidades a comparar con las presentes en el micromundo. Mientras más analiza, más descubre y mejor referenciado está con respecto a lo que necesita para resolver su proyecto.

9.2 ETAPA MACRO: Análisis contexto y sus variables

Esta herramienta metodológica al contar con un entorno de estudio que está basado en la intencionalidad analítica, nos permite tener una gran variedad de posibles escenarios sobre los cuales trabajar. Es decir, que existe un abanico extenso de posibles micromundos desde los cuales obtener nuestras guías diseño.

Es por ello pertinente generar un criterio de selección que permita discriminar entre todas las posibilidades, para determinar cuál cumple de manera más acertada con las necesidades físicas de nuestro entorno proyectual.

Para ello se utiliza la “Teoría Ecológica del Paisaje”, de esta se definen una serie de parámetros espaciales y físicos. Estos parámetros son factores formadores (atributos) del paisaje como el clima, la litología, la hidrología, el suelo o la cobertura vegetal, esto permiten hacer una evaluación cualitativa y cuantitativa de un entorno en específico, ya sea natural o proyectual.

En nuestro caso los factores formadores a analizar son los siguiente:

- Clima (temperatura y viento)
- Insolación
- Abundancia Relativa (densidad y diversidad)
- Heterogeneidad (contraste y distribución)
- Suelo (cobertura vegetal y relieve)

A partir del análisis de estas variables es posible evaluar de manera sensible un entorno y determinar sus características, para posteriormente compararlo con el resto de micromundos y con nuestro entorno proyectual.

Es importante entender, que todos estos parámetros son factores formadores del paisaje y por tanto son los principales actores espaciales a los cuales se enfrentan los organismos para habitar un entorno. Algunos factores están compuestos por más de un parámetro y por tanto en esos casos se busca un promedio, el cual se vuelve una métrica que representa el entorno analizado.

Por conveniencia de la herramienta metodológica esta evaluación presenta resultados discretos (1-5), es decir los parámetros se analizan dentro de una escala definida a la cual se le asigna una puntuación. A pesar del carácter sensible de la investigación y el enfoque análogo, dentro de la descripción de algunos factores de estudio se especifican algunas herramientas que pueden ser utilizadas si se busca dar mayor rigurosidad científica a la investigación.

Es necesario el análisis de estos para tener una imagen espacial completa del lugar que estudiamos, para con ello conseguir un entorno que nos brinde organismos que realmente estén adaptados a las necesidades que tenemos en nuestro entorno proyectual.

9.2.1 Clima (*temperatura y viento*)

Están ligados a características físicas relativas a la higrotérmica, son fundamentales para la percepción de la sensación térmica de cualquier lugar. En torno a esta característica espacial los organismos desarrollan sus funciones físicas y mecánicas, obtienen energía o cumplen funciones ambientales (depredar, alimentar).

Muchos organismos son sensibles a los cambios de temperatura y pueden llegar a desaparecer por pequeños cambios de esta. Estos se pueden deber a factores externos y para soportarlos los organismos utilizan mecanismos de adaptación que regulan su temperatura corporal.

Por otro lado, el viento es un factor determinante en la morfología de las especies, no solo modifica el espacio con su fuerza, sino que moldea las estructuras corporales y anatómicas de todos los individuos del entorno. Los mecanismos de adaptación al viento van desde la simple búsqueda de protección hasta los cambios morfológicos que favorecen su uso como medio de transporte.

1. Temperatura

Es la sensación térmica provocada por el ambiente, está directamente relacionada con la cantidad de sol recibida por los espacios. Pero también puede verse afectada por la presencia de grandes masas de agua, vientos fuertes, áreas urbanizadas densas o variar según la época del año.

Es perceptible a través de los termorreceptores presentes en todos los seres vivos. Cada organismo requiere de una temperatura específica para cumplir sus funciones biológicas y en muchos casos la falta de esta puede significar la muerte para un individuo.

En arquitectura la temperatura como factor de diseño es fundamental, el control térmico de los espacios, los mecanismos de calefacción y ventilación son importantes para mantener un espacio confortable y mejorar la habitabilidad de estos.

Se mide en escala de grados, la cual varía dependiendo del país, en el caso de Chile (C°). Es posible medirlo a través de herramientas como termómetros o cámaras termográficas, que nos permiten medir la temperatura ambiental.

Dentro de este parámetro podemos encontrar micromundos cálidos, templados y fríos. Existiendo muchos puntos intermedios entre estos tres, queda sujeto a la percepción del arquitecto/investigador definir en qué clasificación se encuentra el ambiente.

Nivel	Descripción de la Sensación	Indicadores Sensoriales Típicos	Rango Orientativo
1	Muy Frío	Temblores incontrolables, piel pálida o azulada,, dolor en dedos y extremidades. Sensación de peligro por frío prolongado.	Menos de 10 °C
2	Frío	Piel de gallina y escalofríos. Manos y pies se sienten fríos al tacto. Incomodidad notable	10 °C - 18 °C
3	Neutro / Confortable	Sin necesidad de ajustes. El cuerpo se siente relajado y en equilibrio térmico. Temperatura percibida como “justa”	19 °C - 24 °C
4	Cálido	Ligera sudoración, sensación de bochorno o “pegajosidad” (especialmente con humedad). Se desea ropa ligera o ventilación.	25 °C - 30 °C
5	Muy Caliente	Sudoración abundante y constante. Sensación de agotamiento, piel muy caliente. Alto riesgo de golpe de calor o deshidratación si es prolongado	Más de 30 °C

Tabla 1. Indicadores de temperatura. Elaboración propia

2. Viento

Es el flujo de aire, su dirección y su velocidad dentro del entorno de estudio. Es un factor dinámico determinante que no solo modifica la sensación térmica de un espacio, sino que además modifica la morfología de los espacios por los que transita constantemente.

Los organismos y el entorno se ven afectados por la fuerza del viento, los primeros pueden optar por modificar sus estructuras para resistirlo o aprovecharlo, como también pueden simplemente protegerse en el entorno o en estructuras.

Las especies que han logrado manipularlo generan estructuras con un control climático excepcional o presentan modificaciones corporales que le permiten volar y aprovechar las corrientes como medio de transporte.

En arquitectura el control del viento mejora en gran medida el confort de los espacios interiores. En algunos casos también es relevante observar como las cargas de viento afectan a las estructuras y resistencia de estas.

Los entornos van desde calmados hasta vientos fuertes o ráfagas, su percepción es multisensorial (táctil, visual y auditiva). Si se quiere medir con precisión instrumental, se puede utilizar un anemómetro, que nos permite registrar la velocidad del viento en metros por segundo (m/s).

Nivel	Descripción de la Sensación	Indicadores Sensoriales Típicos	Rango Orientativo
1	Calma	Sin movimiento de aire percibido. El humo sube verticalmente. Sensación de aire estancado o pesado (a menos que haya ventilación artificial).	Menos de 0.3 m/s
2	Brisa Muy Ligera	Viento apenas perceptible en la cara. Ligeras hojas o el cabello se mueven suavemente. Generalmente agradable, a menudo ayuda a evaporar el sudor.	0.3 - 1.5 m/s
3	Brisa Suave	El viento se siente claramente en la cara. Mueve hojas pequeñas y banderas ligeras. Ideal para el confort en ambientes cálidos (efecto "ventilador").	1.6 - 3.3 m/s
4	Viento Moderado	Se percibe una fuerza constante. El cabello es visiblemente despeinado. Dificultad para sostener papeles. Efecto de enfriamiento notable, incluso incómodo si hace frío.	3.4 - 5.4 m/s
5	Viento Fuerte / Ráfagas	Se requiere esfuerzo para caminar o mantenerse estable. Silbidos audibles del viento. Molestia e interferencia en actividades. Gran pérdida de calor corporal.	Más de 5.5 m/s

Tabla 2. Indicadores de viento. Elaboración propia

9.2.2 Insolación

Son la cantidad de horas continuas de sol directo que recibe un espacio y su superficie. Este factor depende de la ubicación geográfica y la trayectoria solar con respecto del sitio de estudio, pero además se ve afectado por la densidad de estructuras presentes en el entorno, las cuales pueden bloquear la luz directa y por tanto reducir la cantidad de horas de sol en un espacio.

Es un factor determinante en el diseño arquitectónico, los diseños buscan ser iluminados por la luz natural, pero a su vez evitar el asoleamiento constante que resulta ser opresivo y perjudicial. Es decir que es una característica que en su justa medida es beneficiosa para un proyecto, pero negativa si se supera un umbral.

En las especies también existen mecanismos de resguardo, ya que el sol entrega calor (energía), pero a su vez radiación, por lo que los organismos deben adaptarse para obtener lo que necesitan y evitar sufrir quemaduras o enfermedades por exceso de radiación solar.

Está relacionado con la sensación térmica, pero no necesariamente la temperatura está directamente relacionada con la insolación de un lugar. Por ejemplo, muchas cuevas no reciben luz solar en ningún momento del día, pero aun así tiene una sensación térmica muy alta.

La evaluación se enfoca en contabilizar con la mayor precisión posible la cantidad de horas que el micromundo recibe luz directa en su superficie de análisis.

Nivel	Descripción de la Sensación	Indicadores Sensoriales Típicos	Rango Orientativo
1	Baja	Los rayos nula o casi nula vez inciden de manera directa en la superficie de estudio.	0 a 2 horas
2	Media Baja	Días nublados o cubiertos. La radiación es dispersa; no hay sombras definidas. Se percibe una ligera luminosidad y un calor suave.	2 a 6 horas
3	Media	Sol directo, pero bajo en el horizonte (amanecer/atardecer) o a través de cristales/ventanas. Se siente un calor específico en la piel expuesta.	6 a 8 horas
4	Media Alta	Sol en el cenit (mediodía) en climas templados o cuando la vestimenta se calienta rápidamente. Se siente una necesidad de buscar sombra.	8 a 10 horas
5	Alta	Sol de mediodía en verano o en climas desérticos. La piel se siente "quemada" o muy caliente en segundos. Alto riesgo de quemaduras solares.	10 a 12 horas

Tabla 3. Indicadores de asoleamiento. Elaboración propia

9.2.3 Abundancia Relativa (biomasa y diversidad ecosistémica)

1. Densidad urbana o biomasa

La cantidad de elementos presentes en el medio y cómo esto se representa a través de información visual. Este factor no solo depende de la cantidad de elementos presentes, sino del distanciamiento e interacción entre los mismos, además de las dimensiones.

Es así por ejemplo que una ciudad a pesar de no tener tantos elementos, como un poblado, si se puede percibir como un espacio más denso por las dimensiones de los elementos presentes. Recorrerlo se vuelve más complejo, debido a la poca información visual que podemos distinguir entre todos elementos presentes.

En los micromundos también ocurre esta pérdida de información visual debida a la biomasa, es decir mientras más especies existen más difíciles es enfocarse en una sola o trasladarse dentro del espacio.

Para el análisis de este parámetro se utilizan dos indicadores diferentes, por un lado, la facilidad para desplazarse en el medio y por el otro la cantidad de elementos presentes y sus dimensiones. Con ello se puede hacer una evaluación de la densidad urbana o biomasa del entorno investigado.

Nivel	Descripción de la Sensación	Indicadores Sensoriales Típicos
1	Baja	Es facil recorrer el espacio, la informacion visual es poca. Presencia de elementos pequeños.
2	Media Baja	Sigue siendo facil recorrer el espacio, pero la información visual aumenta. Se pueden observar diversas estructuras y elementos pequeños.
3	Media	Hay que tomarse un tiempo para observar el medio y poder recorrerlo, presencia de bastante informacion visual y elementos grandes.
4	Media Alta	Comienza a ser opresiva la información visual, elementos grandes que dificultan recorrer y distinguir lo que se esta observando.
5	Alta	La información visual es abrumadora, existe demasiada cantidad de elementos grandes y pequeños que dificultan recorrer y observar con claridad.

Tabla 4. Indicadores de densidad. Elaboración propia

2. Diversidad programática y ecosistémica

Cantidad de especies presentes en un espacio definido, en el caso de la arquitectura enfocado en analizar los diferentes elementos arquitectónicos desde una perspectiva programática y morfológica.

Una mayor diversidad puede tener varias razones, por ejemplo, puede que el ecosistema sea rico en recursos y esto favorezca la aparición de muchas especies. Como investigadores esto nos da un mayor abanico de posibilidades en cuanto a referentes para nuestro proyecto de arquitectura.

Sin embargo, un ecosistema rico en diversidad también podría significar un entorno con organismos poco especializados, los cuales se pueden adaptar a las dificultades de manera rápida. Una mayor diversidad también significa una mayor cantidad de organismos que cumplen funciones similares en el entorno. Por lo que este parámetro puede ser tanto negativo como positivo dependiendo del lugar y las condiciones.

Para evaluar la diversidad de un entorno se utiliza un estudio en base a cantidad de especies por metro cuadrado, lo cual nos da una estimación de cuanta variedad de organismos existen en el medio. En el entorno arquitectónico, las especies en si son las diferentes formas y funciones que tienen los proyectos presentes en el medio (vivienda, mercados, hospitales) explorando así su riqueza programática.

Nivel	Descripción de la Sensación	Indicadores Sensoriales Típicos	Rango Orientativo
1	Baja	Se observa poca diversidad de organismos y los presentes suelen ser de la misma especie	0 a 2 especies / m ²
2	Media Baja	Se observan una cantidad acotada de especies diferentes que interactúan entre ellas, dinámicas muy marcadas.	3 a 7 especies / m ²
3	Media	Hay una buena cantidad de especies repartidas por las superficies del micromundo.	7 a 10 especies / m ²
4	Media Alta	Se observan muchas especies diferentes cubriendo la superficie y zureando los aires. Es normal observar nuevas especies en cualquier lado	10 a 14 especies / m ²
5	Alta	Espacio rebosante de vida, levantando una piedra se observan muchas especies distintas que coexisten en el mismo espacio, los organismos se pelean por los recursos.	+15 especies / m ²

Tabla 5. Indicadores de Diversidad Ecosistémica. Elaboración propia

9.2.4 Heterogeneidad (contraste y distribución)

1. Contraste

El nivel de relevancia visual que presenta cada elemento en el medio, el cómo estos resaltan o pasan desapercibidos. Muchas veces es una decisión de diseño tanto natural como arquitectónica el ocultarse a simple vista para desaparecer.

Esta estrategia sirve para ocultarse de posibles peligros o resguardar algo importante, también existen casos totalmente opuestos en que se realiza el contraste para llamar la atención como modo de advertencia para otros.

Esta decisión de diseño se encuentra presente tanto en entornos proyectuales como naturales y está muy ligado a las acciones espaciales y a las funciones de los organismos en el medio, la finalidad siempre es la supervivencia, sea cual sea el mecanismo utilizado para ello.

Para evaluar el nivel de contraste es importante observar las partes del sistema y como estas resaltan o se funden con el resto, todo esto a través de indicadores espaciales referentes a la información visual y como la percibimos. Este parámetro es sensible a la experiencia del investigador/arquitecto, ya que mientras más entrenado el ojo, mayor es el contraste a simple vista.

Nivel	Clasificación	Indicadores Espaciales
1	Bajo	Es difícil distinguir los diferentes elementos del medio, los colores se funden y las estructuras permanecen escondidas.
2	Media Bajo	Es posible distinguir algunos colores diferentes camuflados entre todo el color homogéneo si se observa detalladamente.
3	Medio	Se pueden distinguir las formas, aunque algunas se pierden si no se está prestando atención al medio.
4	Media Alto	Se distinguen bien los colores y formas de cada objeto, a pesar de las similitudes ninguna forma se pierde.
5	Alto	Todas las formas y colores son reconocibles a simple vista, es imposible encontrar similitudes entre los elementos presentes en el ambiente.

Tabla 6. Indicadores de contraste. Elaboración propia

2. Distribución

Los patrones a través de los cuales se distribuyen las especies u organismos coloniales y a su vez la organización urbana de las ciudades o pueblos. Muchas veces en torno a puntos específicos, ya sean programáticos o de recursos que obligan a modificar la organización espacial en que se expanden los elementos.

Están organizados según su grado de entropía, es decir el nivel de orden que presentan como sistema de distribución, mientras más desordenado el patrón de dispersión mayor es el grado de heterogeneidad del sistema.

Para evaluarlo se presentan de manera gráfica los 5 tipos de patrones de dispersión presentes en la naturaleza y los cuales a su vez se replican en la organización urbana. Se les designa un nivel de orden a cada uno y se ordenan de mayor a menor, con el fin de poder compararlos y calificarlos según la escala con la distribución presente en el entorno.

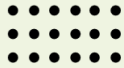
Nivel	Clasificación	Indicadores Espaciales	Diagrama de Distribución
1	Regular	Muestra los elementos distribuidos con un espaciado uniforme y constante.	
2	Paralela	Muestra múltiples elementos dispuestos en líneas rectas y adyacentes que mantienen una orientación similar, como franjas de cultivo o líneas de costa.	
3	Asociada	La presencia de un elemento depende de otro. relación funcional o estructural entre los elementos asociados.	
4	Lineal	Representa elementos que forman una línea continua, como una carretera flanqueada por árboles o un río con su vegetación de ribera.	
5	Agregada / Concentrado	Se agrupan en puntos específicos del paisaje. Organización por conglomerados.	

Tabla 7. Indicadores de Distribución. Elaboración propia

9.2.5 Suelo (cobertura y relieve)

1. Cobertura Vegetal y Urbana

Este factor está relacionado con la cantidad de elementos presentes en un área definida, pero considerando el porcentaje de ocupación que representan dentro la superficie analizada. Es decir, el cómo las especies vegetales o las construcciones representan un espacio ya utilizado.

Es relevante saber cuánto porcentaje de ocupación de suelos representa nuestro proyecto en su contexto o como el resto de proyecto cercanos utilizan el espacio, esto representa un lenguaje arquitectónico que modifica en gran medida las decisiones espaciales que se toman en el proceso de diseño.

Esto se replica en la naturaleza, ya que la masa vegetal utiliza una gran cantidad de espacio útil y por tanto modifica el cómo los organismos más jóvenes deben adaptarse al entorno y habitarlo.

Para evaluar este parámetro es necesario saber las medidas totales de la superficie de nuestro entorno de estudio y las que presentan vegetación/construcciones. Así podemos sacar los porcentajes de ocupación con la siguiente ecuación $\frac{\text{Superficie Ocupada}}{\text{Superficie Total}} * 100$ y después compararlos con la siguiente tabla.

Nivel	Descripción de la Sensación	Indicadores Sensoriales Típicos	Rango Orientativo
1	Baja	Nula o casi nula presencia de vegetación superficial, el terreno esta casi completamente despejado.	0 - 20%
2	Media Baja	Presencia de vegetación superficial, sin presencia de vegetacion alta o media. El terreno se observa con facilidad.	20 - 40%
3	Media	Presencia de vegetación superficial y media. El terreno se observa pero es mayor la presencia de vegetación.	40 - 60%
4	Media Alta	Presencia de vegetación superficial, media y un poco de vegetación alta. El terreno se observa con dificultad por la vegetacion.	60 - 80%
5	Alta	Vegetación densa, presencia de todo tipo de escalas de plantas. El terreno es casi imperceptible por la cantidad tan alta de vegetación.	80 - 100%

Tabla 8. Indicadores de Cobertura Vegetal. Elaboración propia

2. Relieve

Ya sea por el desnivel o por irregularidades del terreno, el relieve es un factor físico y morfológico fundamental en el desarrollo de las especies de un entorno. El apoyo en un terreno muchas veces es complejo y está condicionado por características previas que se resuelven a través de mecanismos diversos.

Generalmente en los proyectos de arquitectura es necesario regularizar el relieve de un terreno con el fin de evitar complicaciones técnicas, pero en muchos casos también se opta por aprovechar la propia morfología del terreno con el fin de potenciar la propuesta arquitectónica.

El grado de relieve es mayor mientras más complejo sea habitar y distribuirse en el entorno por las necesidades físicas que implica su morfología y su composición. Los organismos y proyectos que se emplazan en suelos con mucho relieve generalmente utilizan mecanismos complejos que aprovechan la gravedad a su favor.

Para evaluar el grado de relieve es necesario explorar de manera física y visual el entorno de estudio, para descubrir su complejidad morfológica y las necesidades físicas de habitarlo.

Nivel	Clasificación	Indicadores Sensoriales Típicos
1	Bajo	Terreno regular, prácticamente plano. Fácil de recorrer.
2	Media Bajo	Terreno plano con algunas irregularidades. Fácil de recorrer.
3	Medio	Terreno irregular, pero fácil de recorrer mientras se está atento.
4	Media Alto	Terreno irregular o empinado, hay que tomar precauciones para recorrerlo y se siente cansancio.
5	Alto	Terreno muy irregular o empinado, muchas complicaciones para recorrerlo. Se siente cansancio caminar y explorarlo.

Tabla 9. Indicadores de Relieve. Elaboración propia

Análisis gráfico de la información

Esta exploración simplificada permite evaluar los micromundos bajo una serie de parámetros que se pueden homologar con características arquitectónicas presentes en el entorno proyectual. Sin embargo, es necesario un mecanismo para comparar de manera eficiente y rápida una gran cantidad de casos de estudio, para así efectivamente discriminar entre una serie de micromundos posibles.

Tomando en consideración un micromundo de ejemplo, generamos la siguiente tabla de resultados.

	PARÁMETRO	NIVEL
Clima	Temperatura	4
	Viento	2
	Insolación	3
Abundancia Relativa	Densidad	2
	Diversidad	5
Heterogeneidad	Contraste	1
	Distribución	4
	Cobertura	3
Suelo	Relieve	5

Tabla 9. Parámetros de ejemplo.
 Elaboración propia

Esta tabla se simplifica promediando los parámetros que corresponden a cada variable del micromundo

$$\frac{\text{Parametro 1} + \text{parametro 2}}{2}$$

Si el resultado es decimal se aproxima al número entero superior.

PARÁMETRO	NIVEL
Clima	3
Insolación	2
Abundancia Relativa	4
Heterogeneidad	3
Suelo	4

Tabla 10. Parámetros de ejemplo simplificados.
 Elaboración propia

Para representar el micromundo se utiliza un soporte gráfico conocido como gráfico de radar o de "tela de araña". Este no solo nos permite ubicar toda la información recolectada dentro de un solo espacio visual, sino que además permite generar una silueta única para cada tipo de espacio analizado. Es decir, cada contexto (proyectual y natural) tendrá su propio gráfico y, por ende, su propia forma distintiva.

El desarrollo es simple, se realiza un polígono con tantas puntas como parametros de analisis tengamos propuestos, en este caso 5, se realiza una serie de transformaciones para generar la misma figura 4 veces en escalas cada vez mas pequeñas. Cada punto representa un parametro y dependiendo del nivel de la evaluación, se dibuja un punto en la punta conrrespondiente.

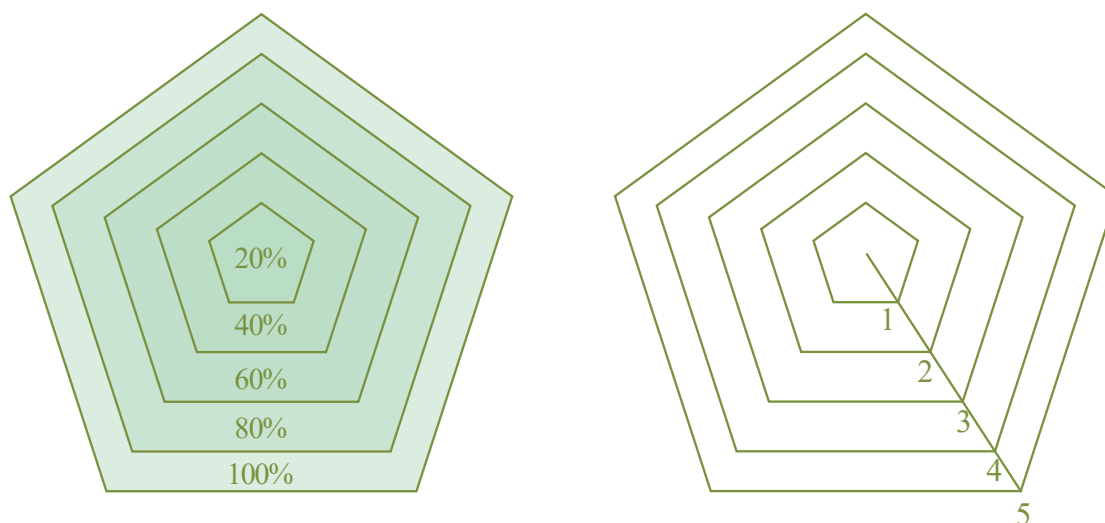


Fig. 26 Gráficos de radar con escalas de representación para el uso de la herramienta . Elaboración propia

Por ultimo se unen los puntos y se rellena el area interior, generando una silueta que representa al micromundo a traves de sus parametros arquitectonico.

PARÁMETRO	NIVEL
Clima	3
Insolación	2
Abundancia Relativa	4
Heterogeneidad	3
Suelo	4

Tabla 10. Parámetros de ejemplo simplificados.
Elaboración propia

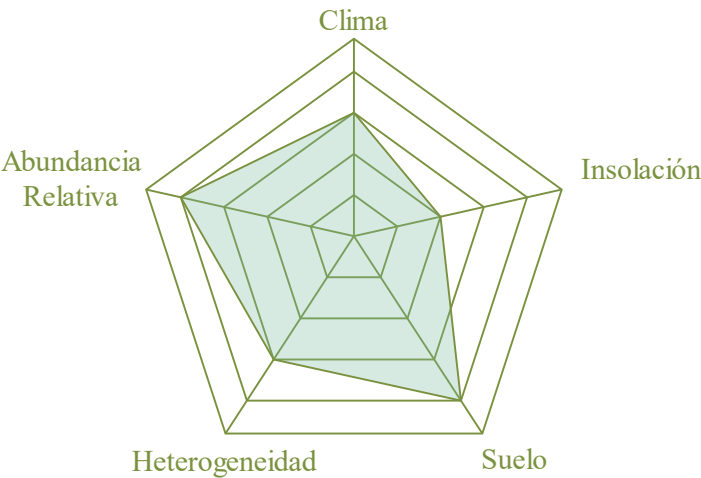


Figura 27. Gráfico de radar para los datos de ejemplo. Elaboración propia

Con este sistema de evaluacion y graficos, es posible extender un análisis sistematico replicable e intuitivo que permite de manera visual comparar varios entornos a la vez, para seleccionar el mas cercano a las necesidades de nuestro entorno proyectual.

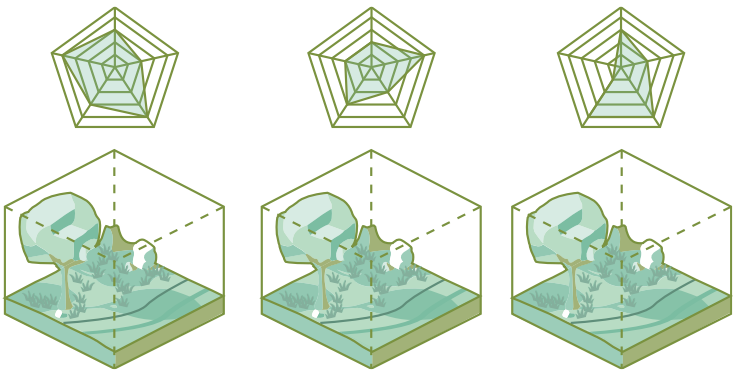


Figura 28. Gráficos de radar para diferentes entornos de estudio. Elaboración propia

9.3 ETAPA MESO: Análisis de los referentes y sus acciones en el espacio

La etapa anterior nos dejó como resultado un entorno de estudio definido, que presenta características físicas y/o espaciales comparables a nuestro entorno de estudio. Estas mismas cualidades del entorno moldean a los habitantes del micromundo, modificando su morfología y su comportamiento para lograr sobrevivir.

La Etapa Meso está enfocada en el análisis de los referentes, pero antes de llegar a los referentes es necesario definir cuáles son los referentes del entorno que compete investigar, para ello es necesario un mecanismo que nos permita discriminar los elementos del micromundo, entre ellos los posibles referentes. Para ello se realiza un análisis de composición y configuración del paisaje.

9.3.1 Análisis de composición y configuración del paisaje

La composición del paisaje se refiere a los tipos y abundancia de elementos. Describe qué hay y cuánto hay, incluye cobertura de suelo, tipo de vegetación, elementos geológicos y organismos.

La configuración del paisaje se refiere a su organización espacial, incluyendo la forma, conectividad y distribución. Describe "cómo" están ordenados los elementos en el espacio.

Este análisis tiene como objetivo designar secciones del micromundo sobre las cuales hacer una investigación más detallada, espacios que nos brinden información espacial y donde se generen la mayor cantidad de relaciones biológicas del entorno.

Es importante analizar primero la configuración, porque así acotamos el espacio de estudio hacia uno más específico que el micromundo y dentro del cual se encuentra la mayor cantidad de interacciones biológicas posibles y por tanto en donde se encuentra la mayor cantidad de acciones espaciales.

Para ello se hace un reconocimiento del micromundo a través del modelo “Matriz-Parche-Corredor” adaptado a la escala de nuestro entorno de estudio. Donde la **matriz** es el elemento más extenso y conectado del paisaje, el que "envuelve" a los parches y corredores; los **parches** son áreas no lineales que difieren de lo que las rodea y los **corredores** son elementos lineales que unen los parches o atraviesan la matriz.

La matriz es demasiado uniforme y extensa en escala, por lo que no es un buen foco de estudio si queremos encontrar información específica. Por otro lado, los corredores son también uniformes, pero además simétricos y por tanto responden a una configuración escalar distinta que genera estructuras regulares. Es por ello por lo que nuestro análisis se enfoca en los parches del micromundo.

Los parches son el foco donde debemos poner nuestra atención, ya que en estos espacios encontraremos vida, interacciones biológicas y mecanismos espaciales que difieren al resto del entorno de estudio. Son la excepción a la uniformidad presente en el ecosistema y en este caso del micromundo.

Para diferenciar un parche de un corredor o matriz se entrega el siguiente diagrama morfológico, a partir del cual basta con observar el entorno para entender que secciones del micromundo son parches, para posteriormente analizar su composición.

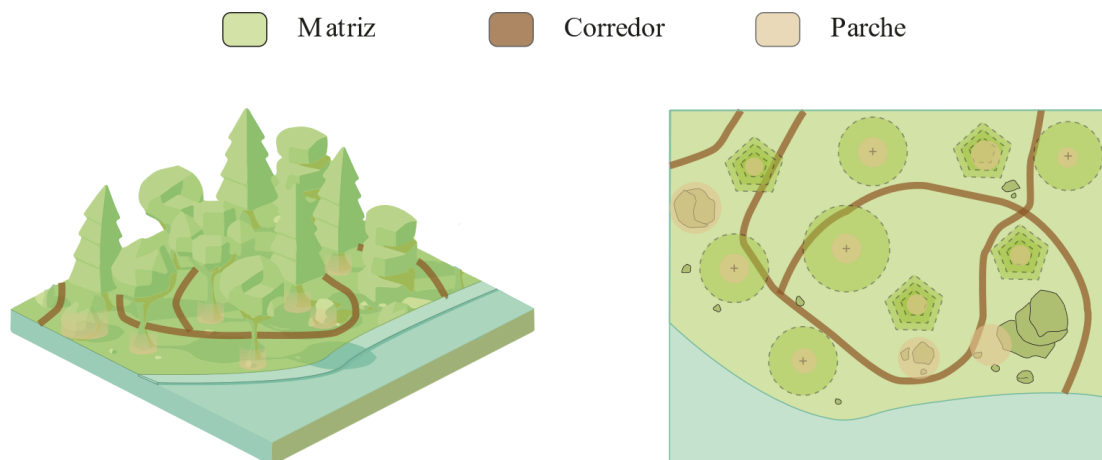


Fig. 29 Esquema del modelo Matriz-Parche-Corredor en un entorno natural. Elaboración propia

La matriz es el entorno general y todas aquellas partes que no forman cúmulos, si no que generan un gran elemento soporte. Es uniforme y homogéneo, por lo que es difícil de destacar dentro de todo el micromundo.

El corredor son las circulaciones naturales, puede estar relacionadas tanto a cualidades del ecosistema (ríos, relieves, conjuntos vegetales) o funcionar como conectores naturales entre los parches.

Los parches son secciones pequeñas del micromundo en las cuales existe mayor movimiento e interacciones que en el resto, tampoco sigue la lógica del resto del entorno porque representan otra escala y es esta misma característica la que los transforma en los espacios ideales para observar si se buscan acciones y características arquitectónicas.



Fig. 30 Observación de Parche en un entorno natural . Elaboración propia

A partir de esta área acotada hay que realizar un análisis de su composición, que es básicamente analizar y describir los organismos que componen el parche. Esto con el fin de tener una lista de posibles referentes de inspiración, no es necesario conocer las especies específicas mientras sean observables en su entorno natural, ya que de ellas nos interesan las características visibles.

Con el abanico de referentes perteneciente al parche seleccionado prosigue la selección del organismo/s referente que será del que obtengamos las guías de diseño. El criterio para seleccionar a un organismo está determinado por sus acciones arquitectónicas y el interés del arquitecto en el desarrollo de estas como mecanismo para tu proyecto.

Para esto se aplica un mecanismo de análisis espacial simple, las funciones operativas, estas son acciones espaciales que definen transformaciones realizadas sobre un volumen. Son utilizadas como método introducción para arquitectos principiantes y en este caso una manera simple de transformar el espacio natural en una fuente de conocimiento arquitectónico.

El proceso consta de una observación detenida de los referentes presentes en nuestro parche seleccionado con el fin de encontrar las similitudes morfológicas entre las formas, movimientos y estructuras presentes. A partir de esta observación se realiza una evaluación en base a la cual colocaremos cada organismo bajo una o más funciones operativas.

Una vez catalogado cada uno de los organismos es posible seleccionar el que cuente con las funciones operativas que se adecuan a las necesidades de nuestro proyecto, esto tomando en consideración que ya tenemos conocimiento previo de lo que queremos proyectar y a través de que transformaciones pensamos hacerlo. Apoyando lo escrito en el punto 9. HERRAMIENTA METODOLÓGICA que la investigación propuesta por esta herramienta es transversal al micromundo y paralela al proceso de diseño.

Para facilitar el reconocimiento de las funciones formativas en la naturaleza se realiza el siguiente apartado explicativo y referencial de forma gráfica y escrita.

9.3.2 Funciones Operativas

Son acciones concretas y observables utilizadas para manipular, transformar y diseñar formas espaciales. Con ellas los arquitectos simplifican el diseño dentro de un lenguaje concreto que permite diseñar de manera volumétrica, a través de añadir, desplazar o sustraer las partes de un objeto base.

Un mismo objeto puede estar compuesto de más de una acción espacial, por lo que es uno de los primeros conceptos a desarrollar como arquitecto y por tanto un mecanismo sencillo a través del cual analizar el mundo y la visión arquitectónica, incluso en el medio natural.

Este concepto está muy ligado a la morfología de los proyectos, ya que la toma de decisiones en base a funciones operativas afecta directamente al desarrollo estructural y formal del proceso de diseño.

En la naturaleza el mecanismo es igual, los cambios morfológicos en cada escala dependen de las funciones operativas que desarrollan los individuos para sobrevivir y es posible distinguirlas entre las diferentes especies. Para ello es fundamental conocer cuántas funciones operativas hay y cómo reconocer cada una por su acción espacial.

El siguiente mapa conceptual presenta la mayoría de funciones operativas, estas se distribuyen entre individuales y múltiples, es decir cuales requieren de un solo elemento y cuales requieren de la coincidencia de 2 o más elementos conjuntos.

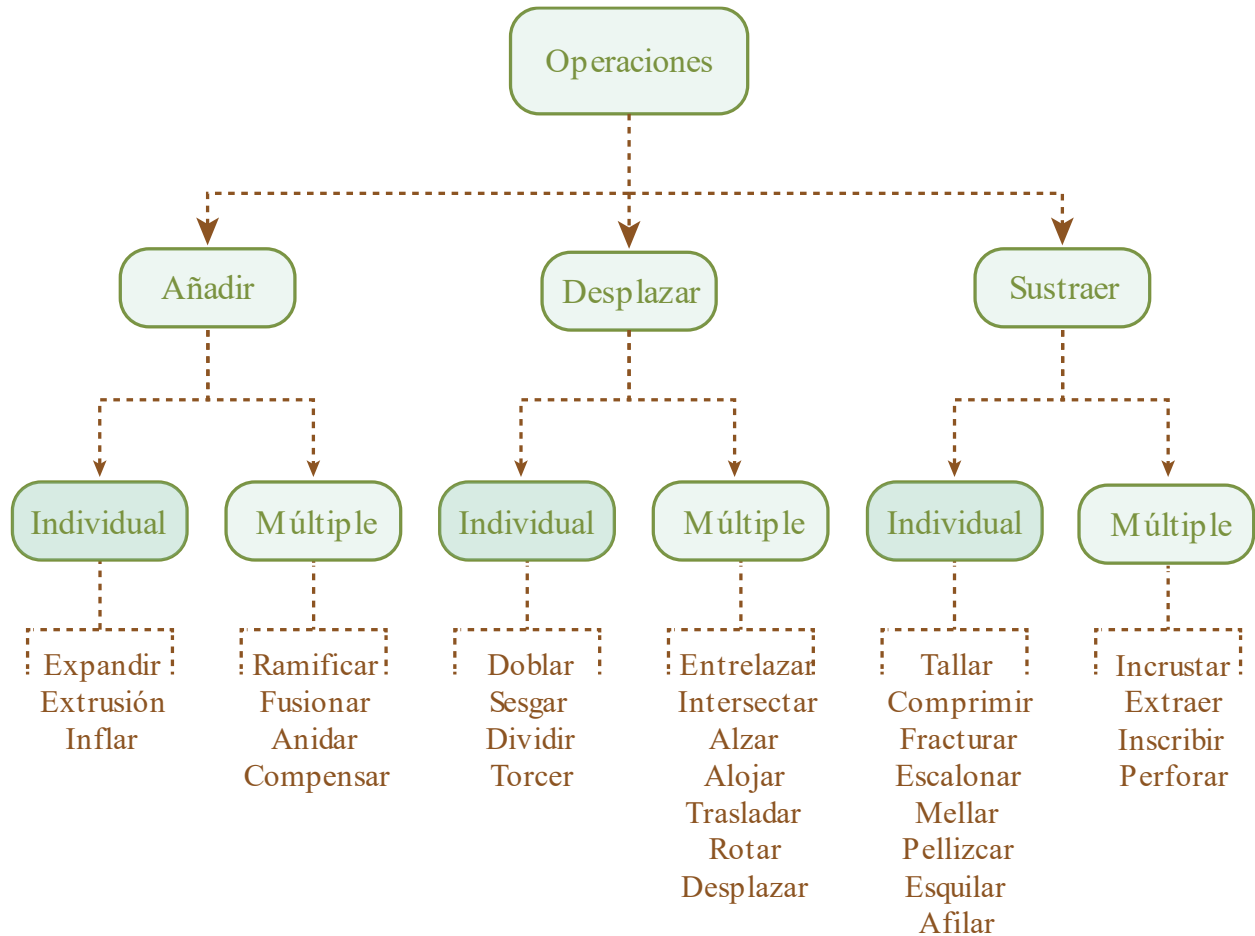


Fig. 31 Mapa conceptual de las funciones operativas . Elaboración propia

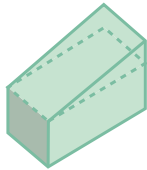
Durante la observación de los parches es importante reconocer las diferentes operaciones que realizan los organismos, para ello se presentan representaciones graficas de cada tipo de función operativa presente en el mapa conceptual. Como modelos de referencia para el análisis.

Añadir

Agregar volumen nuevo como mecanismo para ampliar el espacio utilizado.

Individual

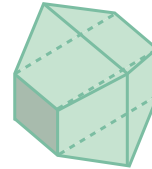
Expandir



Extrusión

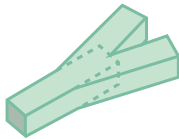


Inflar

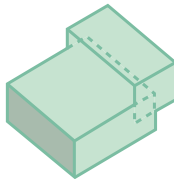


Múltiple

Ramificar



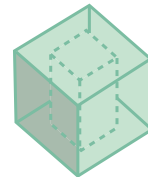
Fusionar



Anidar



Compensar

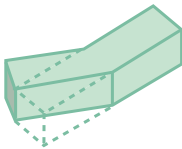


Desplazar

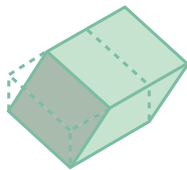
Mantener el volumen alterando la forma.

Individual

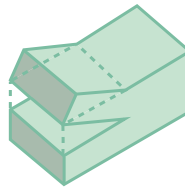
Doblar



Sesgar



Dividir



Torcer

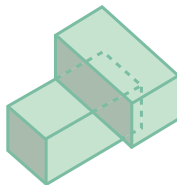


Múltiple

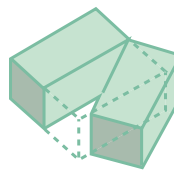
Alojar



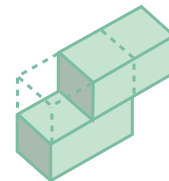
Trasladar



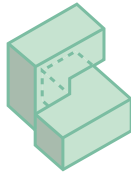
Rotar



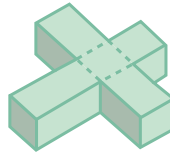
Desplazar



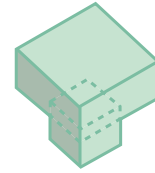
Entrelazar



Intersectar



Alzar

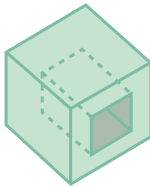


Sustraer

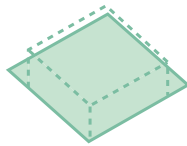
Extraer volumen como mecanismo para reducir el uso de recursos.

Individual

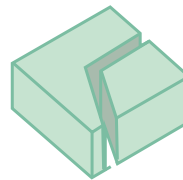
Tallar



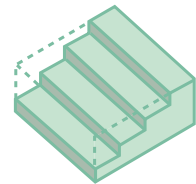
Comprimir

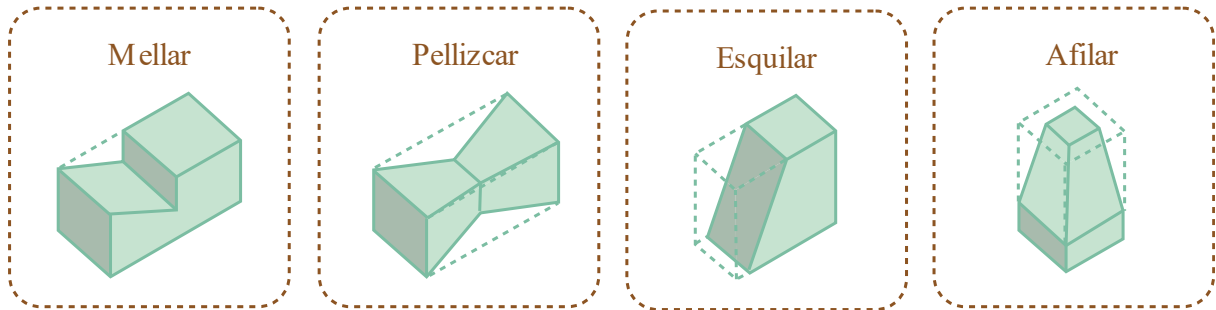


Fracturar

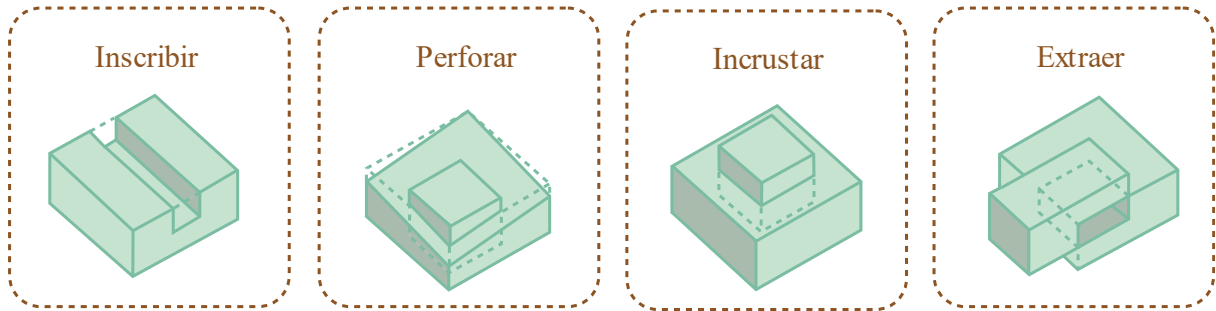


Escalonar





Multiple



Las operaciones múltiples en la naturaleza, en su mayoría, se presentan en organismos coloniales, ya que estos interactúan entre sí de variadas maneras las cuales siguen los patrones de ese tipo de funciones operativas.

Por ese motivo también es relevante analizar las agregaciones, que son funciones operativas que funcionan en conjunto. Están muy relacionadas la distribución de los organismos coloniales y se su composición está representada en el siguiente mapa conceptual.

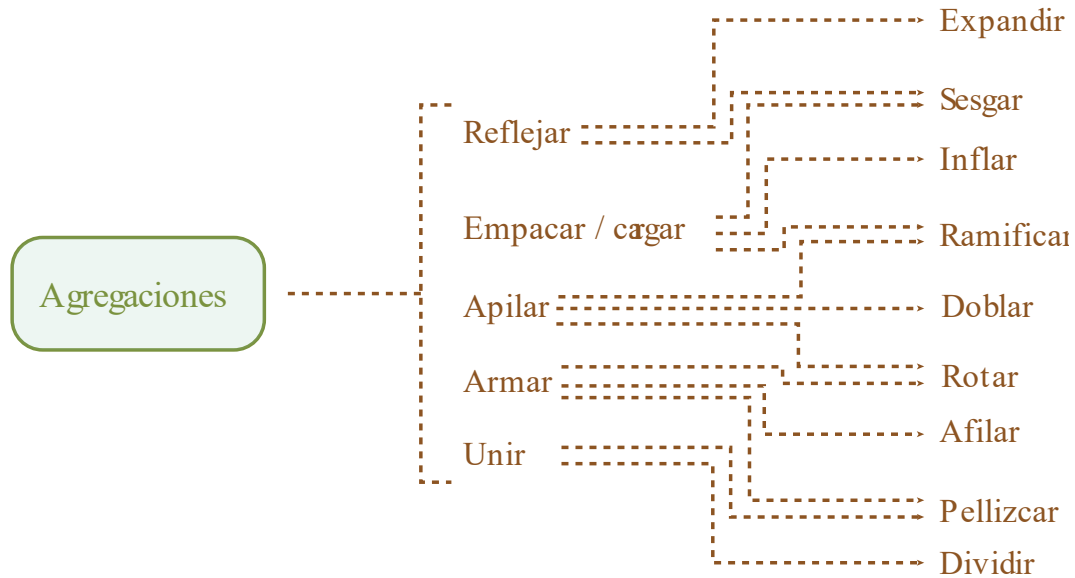
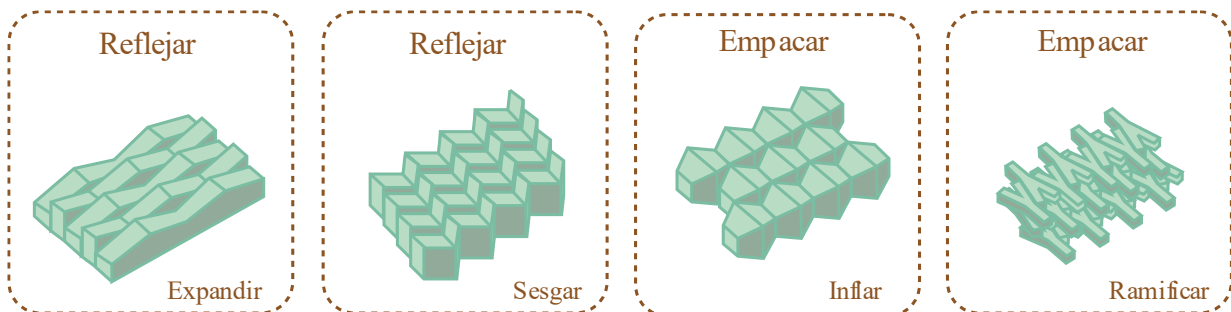
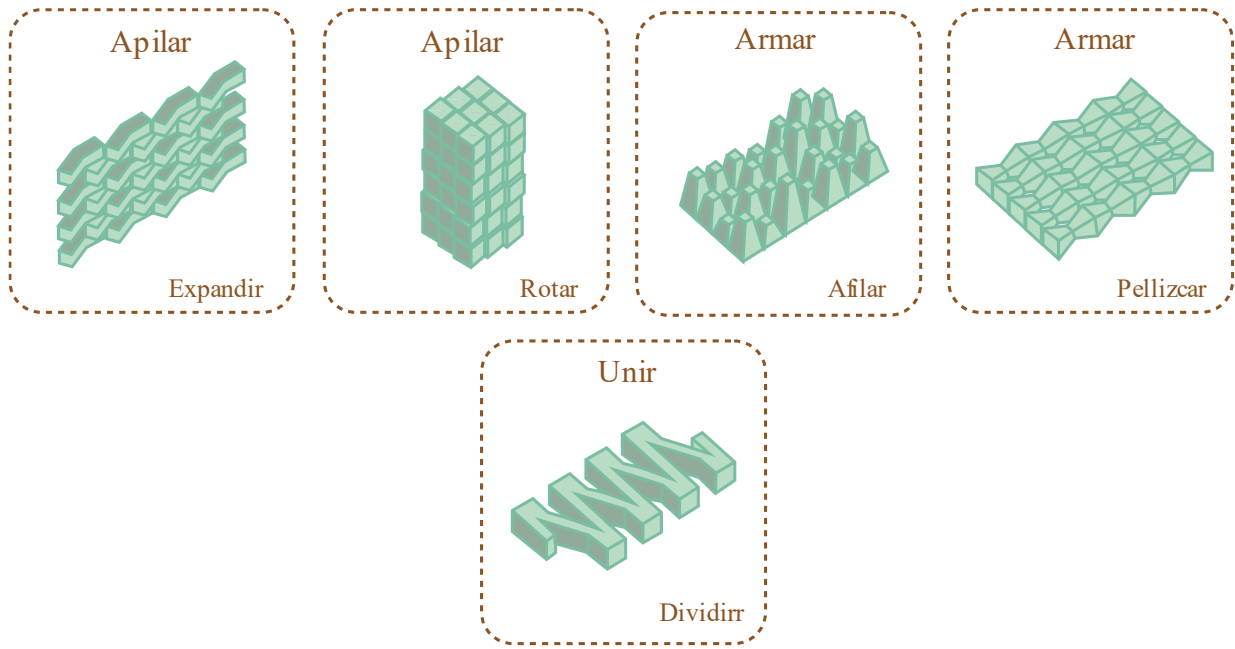


Fig. 31 Mapa conceptual de las funciones operativas (agregaciones) . Elaboración propia

Su representación gráfica es más compleja, ya que al ser conjuntos de otras funciones operativas la predominancia es variada, pero se entregan los siguientes elementos gráficos de referencia.





El proceso de análisis es simple, consta de observar cada uno de los elementos del parche por separado y analizar su estructura a través de las funciones operativas presentes. Como en el siguiente ejemplo de análisis de un hongo.



Tipo de organismo: Hongo

Especie: Desconocida

Dimensiones: 40 cm x 30 cm

Fig. 32 Grupo de hongos . Internet

No necesitamos de información previa, solo observar con detención las formas presentes en la estructura del elemento observado, en el caso presentado estamos frente a un organismo colonial por lo que podemos analizar tanto sus funciones operativas individuales como múltiples.

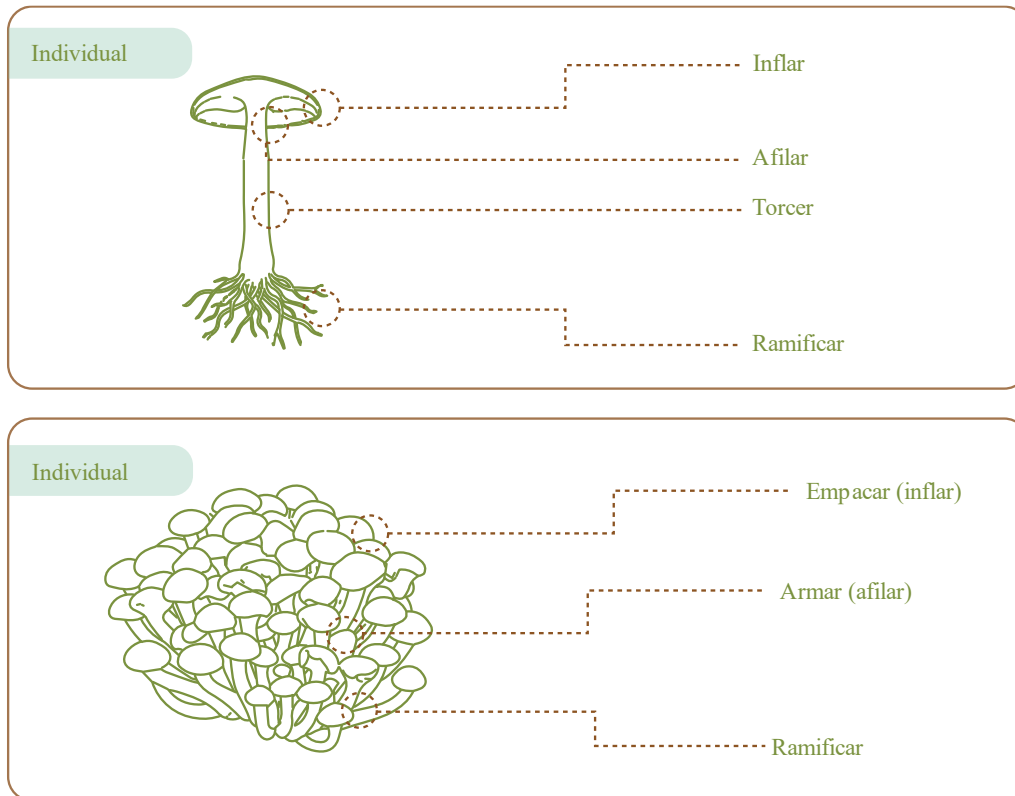


Fig. 33 Análisis de funciones operativas del grupo de hongos . Elaboración propia

A través de este método es posible asignar a cada organismo una o varias funciones operativas que funcionan como su mecanismos principales de adaptación espacial y en base a estos resultados y el propio análisis del proyecto se define el organismo que mejor responde a las necesidades proyectuales.

Se recomienda seleccionar el organismos que mas se acerque a resolver las necesidades espaciales y de diseño que preveemos en el proyecto. Sin embargo esta eleccion puede estar basada puramente en preferencias personales del investigador, la finalidad de esta etapa es definir entre todos los organismos presentes en el micromudno cual sera el que inspire las guias de diseño de nuestro proyecto.

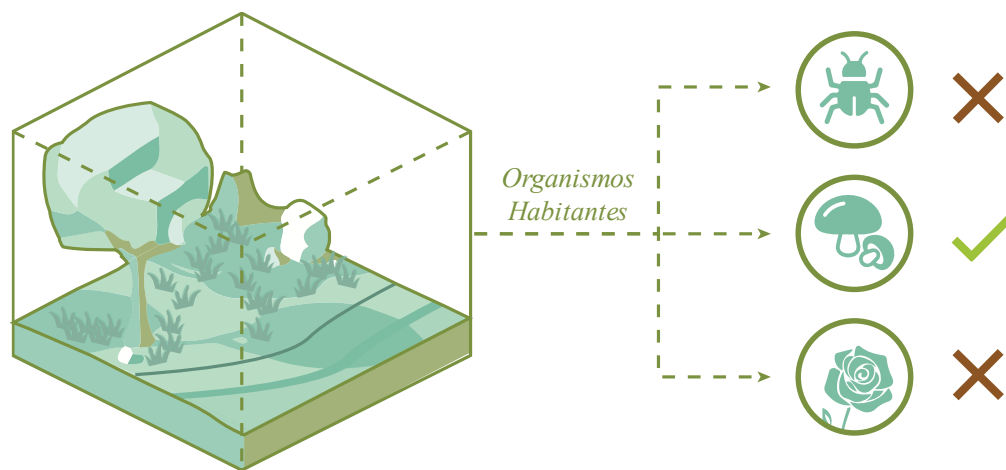


Fig. 34 Análisis y selección de organismos habitantes en un micromundo . Elaboración propia

9.4 ETAPA MICRO: Análisis y traducción del lenguaje del micromundo

Teniendo uno o más referentes seleccionados solo queda obtener las guías de diseño y entender como estas nos ayudan en nuestro proceso de diseño. El análisis es simple pero efectivo, basado en lo explorado por Stiny George (2006) en su obra *Shape: Talking about Seeing and Doing*, es decir un análisis morfológico que explora la silueta de los organismos.

Después de lo analizado en 9.2 ETAPA MACRO y 9.3 ETAPA MESO es posible fundamentar nuestra elección del referente en torno a su contexto y sus acciones en el espacio. Es por ello por lo que en esta etapa se analiza de manera formal y reducida a los organismos.

Se busca simplificar el desarrollo proyectual a través de entregar guías y patrones claros que apoyen nuestro proceso de diseño. Logrando esto a través del análisis de la silueta del organismo u organismos referentes.

El primer paso es obtener información gráfica de los organismos referentes, es decir fotos, videos, dibujos, planos y todo lo que nos permita observarlos a detalle. Para esto es recomendable usar dispositivos análogos como teléfonos o cámaras, de no ser posible, dibujar es también es una opción, pero será menos precisa.



Cualquier imagen permite el análisis morfológico de la silueta de los elementos. Sin embargo, se recomienda que las imágenes de referencia tengan la menor distorsión focal posible, para evitar deformaciones causadas por la naturaleza de los dispositivos con que se capture la escena.

Como ultima recomendación, apoyando el carácter arquitectónico y para evitar las deformaciones anteriormente mencionadas, es preferible que las fotografías sean plantas o elevaciones, es decir imágenes cenitales o laterales del referente. Con esto tendremos una amplia galería de imágenes que nos muestren el elemento real en su medio y nos permite analizar sus características morfológicas con más detalle.



Fig. 35 Simulación de imágenes objetivo para análisis . Elaboración propia

Para extraer las guías de diseño de las imágenes obtenidas, se realiza una simplificación de sus siluetas, este proceso se puede realizar de manera digital o analoga a través de programas o dibujos.

La dinámica es simple, se toma la imagen o imágenes base que son nuestra referencia y se analizan sus formas, sin considerar su color, textura o entorno. El análisis es enfocado en lo morfológico, si es posible redibujar las imágenes quitando todos los elementos mencionados antes.

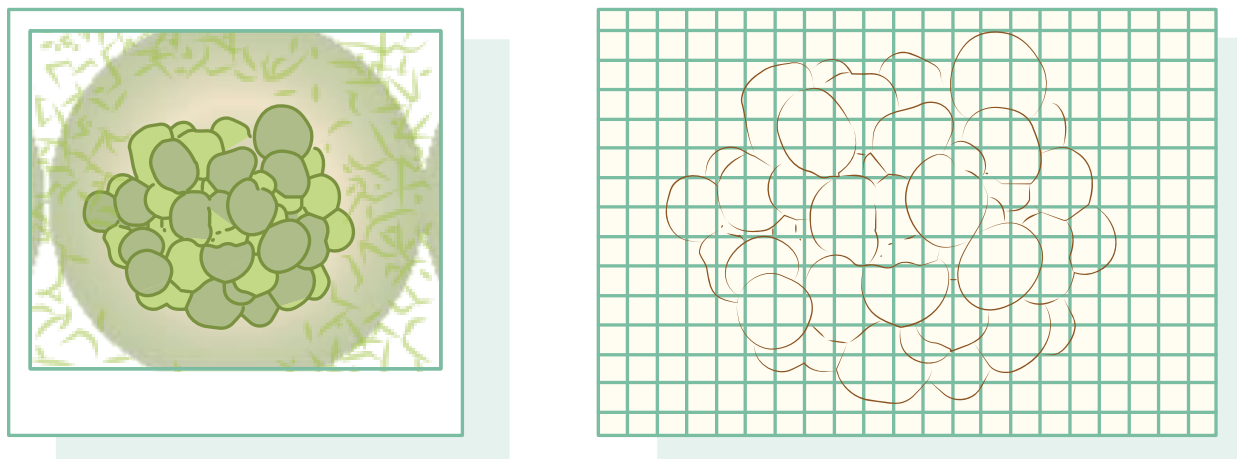


Fig. 36 Simplificación de imágenes objetivo. Elaboración propia

Este proceso se realiza de manera continua hasta conseguir las siluetas base del organismo, es decir aquellas siluetas que no se pueden descomponer o que se comienzan a repetir en la imagen. Dentro de estas siluetas podemos encontrar formas y líneas que permiten traducir el lenguaje natural en un lenguaje planimétrico (arquitectónico).

Estas siluetas base pueden variar entre las diferentes perspectivas de las imágenes trabajadas y es posible extraer una gran cantidad de ellas. Teniendo un conjunto de estas, finalmente estamos frente a las guías de diseño a utilizar en nuestro proyecto.

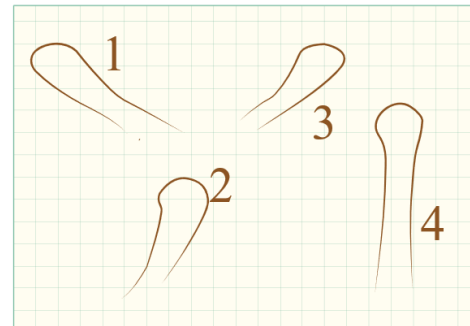
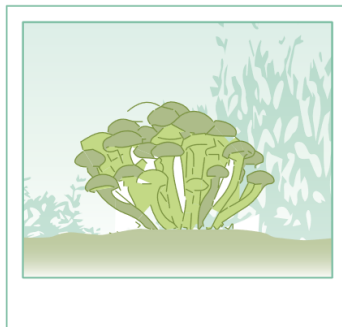
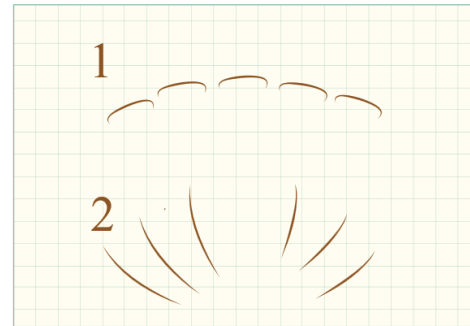
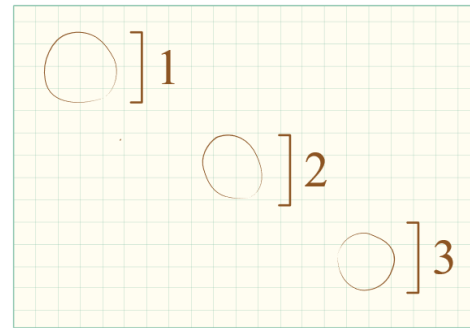
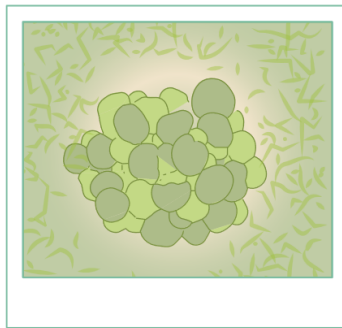


Fig. 37 Proyección de simplificación y extracción de patrones. Elaboración propia

Con estas guías ya contamos con suficiente información suficiente para realizar un diseño, aunque no lo parezca a simple vista a partir de estas líneas y formas es posible crear un lenguaje visual sobre el cual apoyar nuestro diseño arquitectónico.

Se espera con esta información gráfica genera nuevas formas emergentes, en caso de que las base no cumplan con las expectativas. Esto se hace combinando diferentes formas a través de diferentes transformaciones, se pueden juntar, cruzar, cortar, entre muchas otras posibilidades.

Así es como cualquier decisión de diseño en el proyecto puede estar influenciada y guiada por una forma base o emergente que proviene del análisis del entorno. El micromundo no brinda todas las soluciones, nos brinda información y es a partir del análisis de esta que podemos mejorar, potencias y guiar nuestro diseño.

Es importante el trabajo en conjunto y paralelo entre el arquitecto y su entorno para llegar a resultados y proyectos que no solo sean atractivos e interesante, sino con buena resolución, ideas y arquitectura emergente.

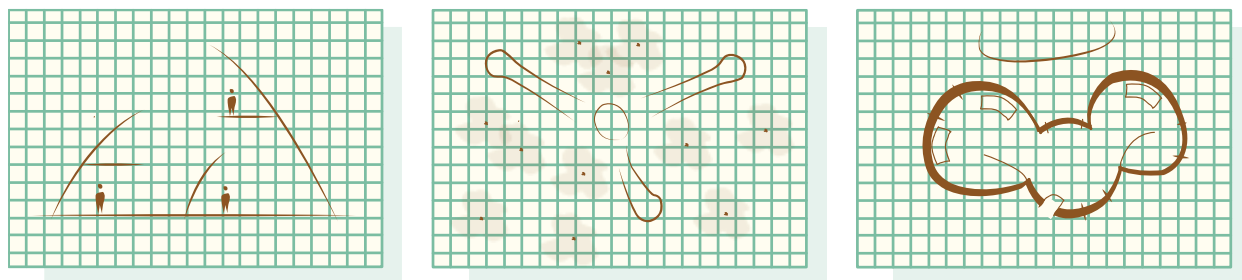


Fig. 38 Proyección de del uso de patrones. Elaboración propia

9.5 EJEMPLO PRÁCTICO

Para aplicar la herramienta metodológica, en primer lugar, se deben definir los dos espacios de trabajo:

1) Entorno Projectual:

Espacio en el cual se desarrolla el proyecto arquitectónico, a partir del cual se determinan los parámetros de análisis y comparación de los diferentes entornos.

2) Entorno Natural:

Espacio relativo a los parámetros definidos en el entorno projectual, a partir del cual se definen el referente natural y se extraen las características arquitectónicas que guiarán el proyecto de arquitectura.

El entorno projectual se ubica en Viña del mar, en la intersección de Pablo Mackenna con Lampa. Esta ubicación es arbitraria en cuanto a la intención del proyecto, el fin es demostrar la factibilidad del desarrollo e implementación de la herramienta en diferentes contextos. Es decir, poner a prueba la idea de una herramienta que fomenta un desarrollo arquitectónico aplicable de manera universal, la biomimesis.



Fig. 39 Imagen satelital del entorno projectual.
Internet

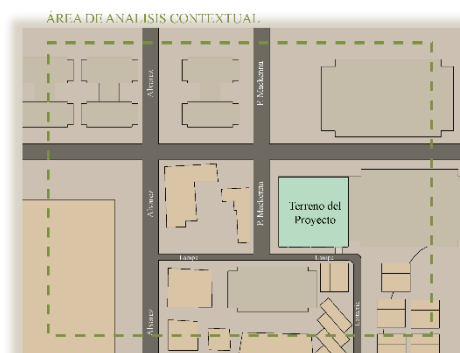


Fig. 40 Plano del entorno projectual.
Elaboración propia



Fig. 41 Espacio de trabajo proyectual. Internet y elaboración propia

A partir de este espacio proyectual y su entorno cercano se realiza el análisis de la Escala Macro, es decir definir sus características dentro de los parámetros entregados.

- Clima (temperatura y viento)
- Insolación
- Abundancia Relativa (biomasa y diversidad)
- Heterogeneidad (contraste y distribución)
- Suelo (cobertura y relieve)

Análisis del Clima

La temperatura es agradable y el viento es una brisa muy ligera.

Los edificios altos colindantes generan corrientes de viento más fuertes que el promedio, a pesar de ello como es un lugar amplio estas mismas se dispersan de manera rápida ventilando el espacio.

Temperatura

3

Viento

2



20 C°

14 km/h



Fig. 42 Representación del análisis del clima.
Elaboración propia

Análisis de Insolación

A pesar de que existen edificios altos, estos no proveen de una protección solar durante la mayor parte del día. El espacio recibe luz en casi todo momento.

Insolación

3



8 horas



Fig. 43 Representación del análisis de la insolación.
Elaboración propia

Análisis de Abundancia Relativa

A pesar de ser un espacio abierto, existen muchos elementos de gran envergadura que vuelven mas pesada la visión del entorno. Tanto los edificios grandes como las viviendas siguen una misma linea arquitectonica entre dimensiones y morfologia.

Densidad

4

Diversidad

2

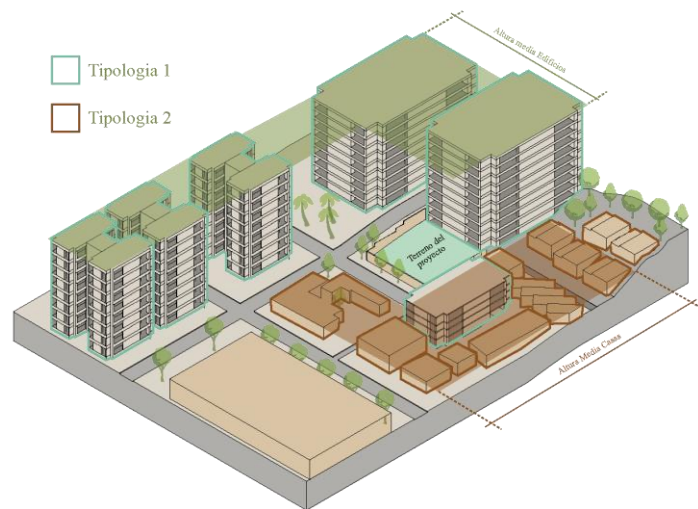


Fig. 44 Representación del análisis de abundancia relativa.
Elaboración propia

Análisis de Heterogeneidad

La composición de los edificios es muy similar, tanto en forma como en tonalidades que además se confunden con las tonalidades de las calles y el suelo, pero las diferencias de altura entre viviendas y edificios ayuda a ubicarse dentro del espacio.

La configuración es ordenada en el área con casa y paralela en el área con edificios.

Contraste

3

Distribución

2

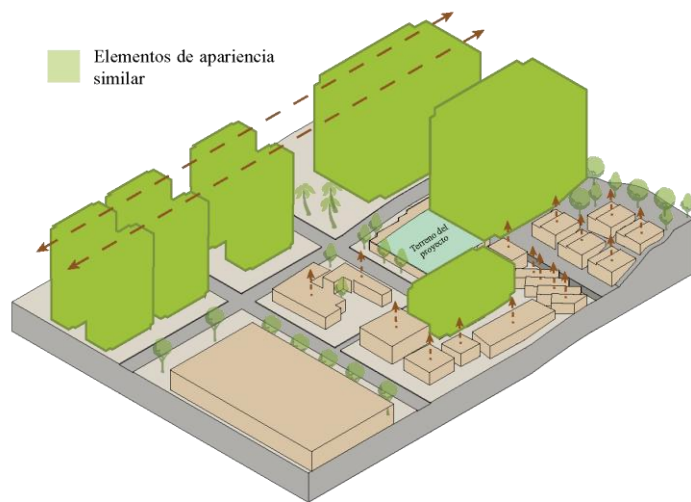


Fig. 45 Representación del análisis de heterogeneidad.
Elaboración propia

Análisis del Suelo

Los edificios como cobertura funcionan (exceptuando el sol) rodeando el terreno y brindándole cierta protección.

El relieve del terreno es pronunciado ya que se encuentra en la ladera de un cerro, casi llegando a la base.

Cobertura

4

Relieve

3



Fig. 45 Representación del análisis del suelo.
Elaboración propia

Teniendo en consideración los datos obtenidos y para agilizar la selección del espacio natural de análisis, se ubican diferentes espacios verdes dentro de Viña del mar, los cuales ya comparten características por cercanía y ubicación geográfica con el espacio proyectual.

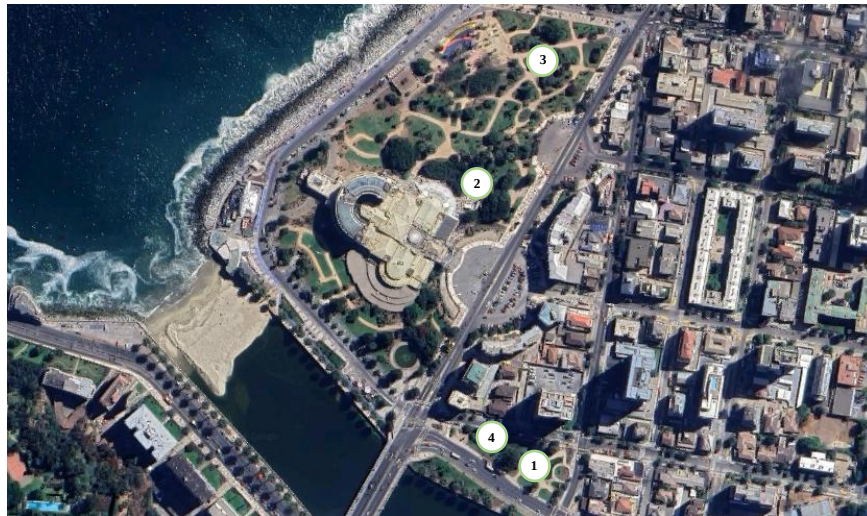


Fig. 46 Puntos de análisis de espacio verdes. Internet



1

PARÁMETRO	NIVEL
Clima	3
Insolación	4
Abundancia Relativa	2
Heterogeneidad	4
Suelo	2

2

PARÁMETRO	NIVEL
Clima	3
Insolación	1
Abundancia Relativa	5
Heterogeneidad	2
Suelo	3

3

PARÁMETRO	NIVEL
Clima	3
Insolación	3
Abundancia Relativa	2
Heterogeneidad	4
Suelo	3

4

PARÁMETRO	NIVEL
Clima	3
Insolación	2
Abundancia Relativa	3
Heterogeneidad	3
Suelo	3

Para cada espacio natural se realiza el análisis de los parámetros de la Escala Macro. Con lo que es posible generar un gráfico de radar que es la representación visual de cada entorno y sus características, tanto el proyectual como los naturales.

A partir de superponer el grafico proyectual y los naturales, se pretende encontrar el entorno mas coincidente con las características y por tanto necesidades del lugar donde se realizará el proyecto de arquitectura.

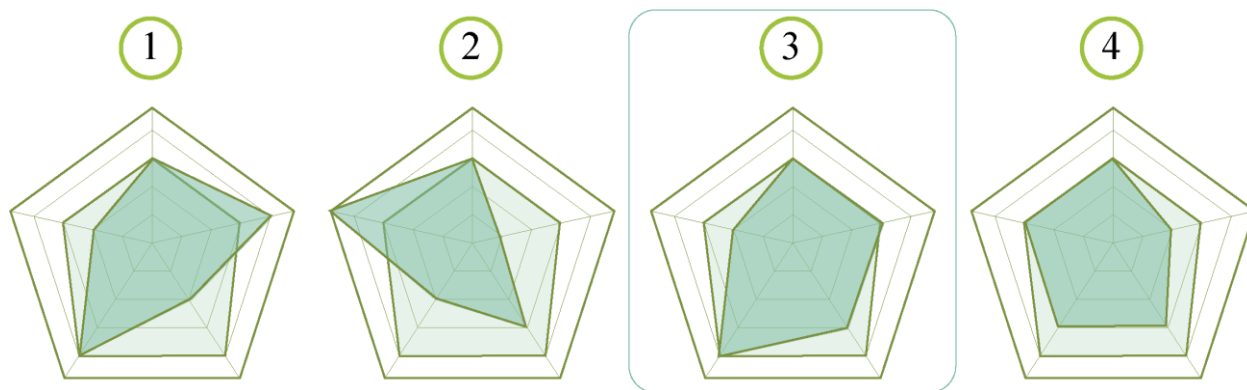
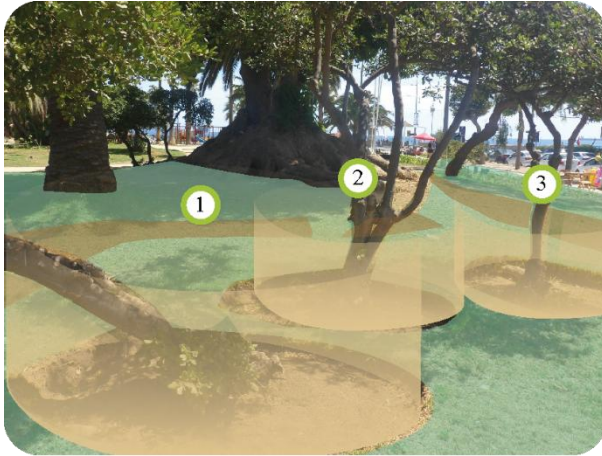


Fig. 47 Superposición de gráficos de radar. Elaboración propia

El entorno natural que mas coincide con las características físicas y espaciales que necesitamos cubrir es el numero 3, por lo que con este mismo vamos a continuar con el análisis de la Etapa Meso.

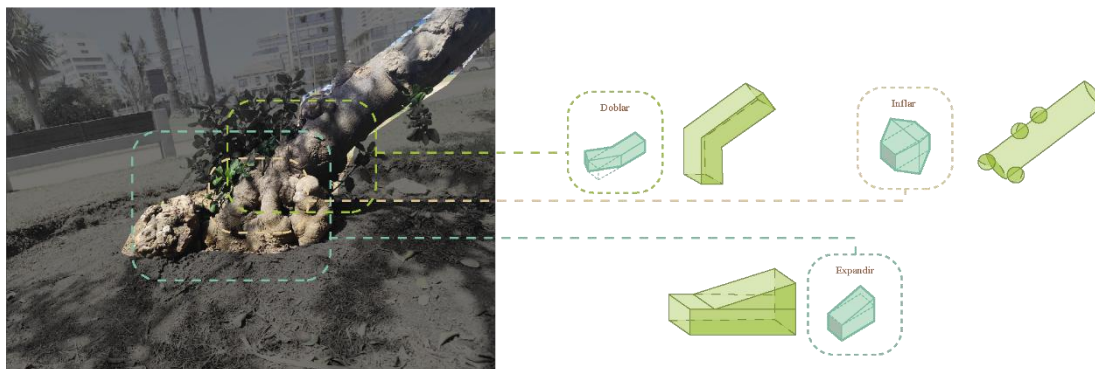
Dentro de este espacio natural hay que aplicar el modelo matriz-parche-corredor , siendo un espacio natural, pero diseñado como lo es un parque, estos espacios están bastante definidos como se puede observar en el siguiente análisis visual.



Se definen 5 parches posibles de análisis, de los cuales se elige el de mayor interés por parte del arquitecto. En este caso se selecciono el parche numero 3. Debido a que es el más llamativo por la composición y configuración entre el tronco y la planta que se adhiere a él, siendo una interesante idea a analizar para el proyecto de arquitectura que se plantea.

Se desarrolla el análisis de la Etapa Micro a través del estudio de las funciones operativas vistas en el sistema. Para ello se debe descomponer, analizar y abstraer lo que observamos y entendemos como funcionamiento singular, múltiple y conjunto de los elementos presentes en el parche.

Elemento 1



Elemento 2

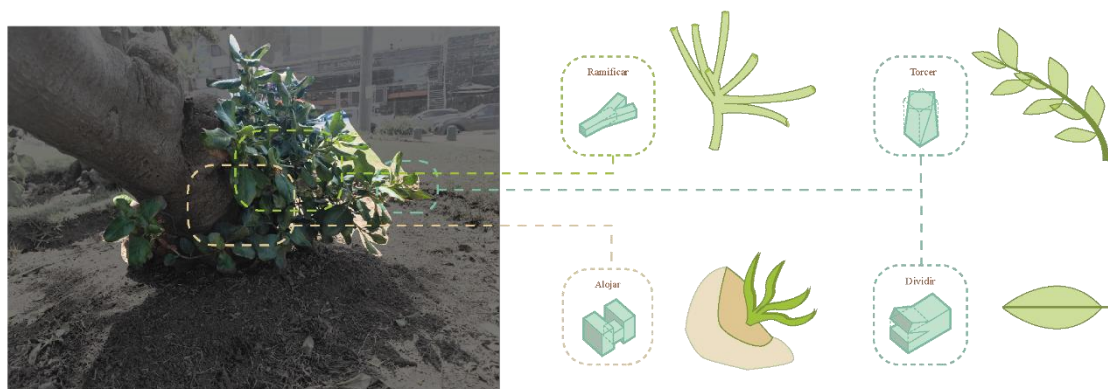


Fig. 48 Análisis de funciones operativas de los elementos del parche. Elaboración propia

Se puede analizar todos los elementos del parche para descomponer sus patrones a través de una simplificación de sus formas en las imágenes objetivo que se presentan en la Etapa Micro. En este caso solo se analizará un elemento para agilizar el desarrollo del proyecto arquitectónico. Sin embargo, es posible analizar múltiples elementos y combinar sus diferentes patrones, lo cual permite una infinidad de tipologías de diseño en base a un solo parche de un micromundo.

El elemento seleccionado es la planta base que se encuentra adosada al tronco del árbol, las imágenes objetivo obtenidas de esta misma son las siguientes:



Fig. 49 Fotografías objetivo del elemento referente. Elaboración propia

Simplificar las fotografías consiste en extraer sus formas características reconocibles, en este caso se transformo es un dibujo técnico del mismo a través del cual fue posible obtener figuras y estructuras relevantes en su análisis formal, que representan en definitiva la expresión de las funciones operativas en el medio por parte del elemento referente.



Fig. 50 Análisis de los patrones del referente. Elaboración propia

Estos patrones son los que nos indican que decisiones de diseño tomar, cuales son las guías a seguir para desarrollar un proyecto basado en un lenguaje natural y un referente que definimos a través de su arquitectura en el medio natural, no necesariamente explicito en el lenguaje arquitectónico del proyecto.

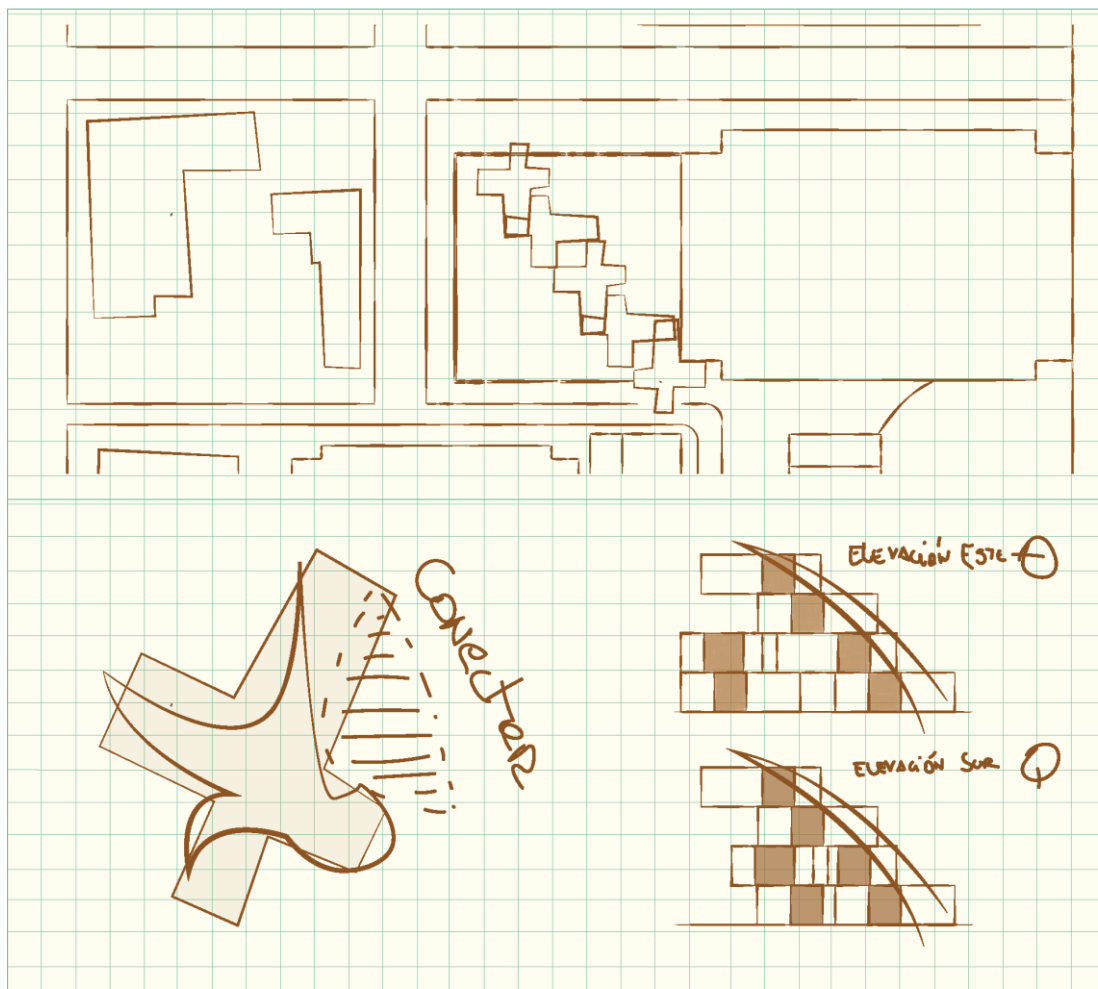


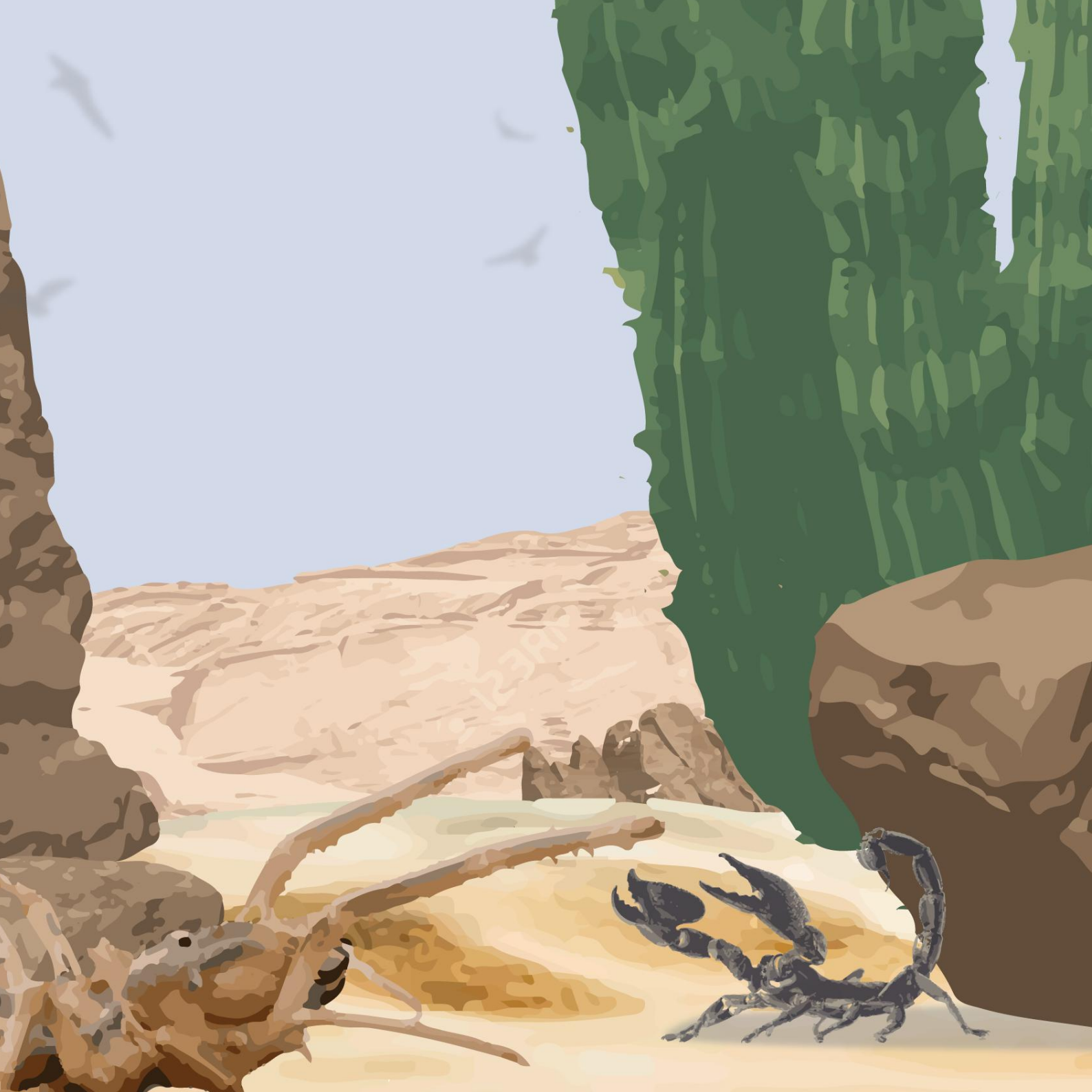
Fig. 51 Implementación de patrones obtenidos en el desarrollo arquitectónico. Elaboración propia

Finalmente se plasma la idea de una interpretación basada en el desarrollo biomimético y la adaptación arquitectónica de los referentes en el medio. Se adopta un análisis formal con fundamento que permite justificar la elección e implementación de los mecanismos espaciales y estructurales (patrones) de un elemento u organismo natural como referente de nuestro proyecto de arquitectura.

No necesariamente llegando a resultados vistosos, orgánicos o que ejemplifiquen al referente, pero siendo guiados por este dentro de etapas fundamentales del desarrollo de un proyecto. Es así como la representación de una idea y un concepto en el medio urbano, para la biomimesis en arquitectura, se vuelve la implementación de sus características arquitectónicas en el medio natural, buscando de esta manera demostrar que existe arquitectura en todo lo que podemos observar y que la inspiración se puede encontrar incluso en aquello que no nos considera como habitantes de su medio.



Fig. 52 Diseño final a partir de la aplicación de la herramienta en el desarrollo proyectual. Elaboración propia





10. CONCLUSIÓN

Durante el desarrollo de esta tesis fue posible concretar todos los objetivos de investigación bajo una base sólida en torno a la biomimesis en arquitectura. Además, se agregó una fuerte base ecológica que apoya el entendimiento del entorno a través de un análisis del paisaje, su composición y configuración.

El “micromundo” como espacio de investigación conceptual establece una potente unidad de estudio, que a su vez es acotada y manejable. La sistematización del proceso de investigación a través del análisis por escalas es intuitiva y transversal. Además, la inserción de los mecanismos de investigación preexistente en ecología, aunque no estaba planeada al comienzo del desarrollo de la herramienta, permitió unificar de manera concreta todas las escalas y sus resultados.

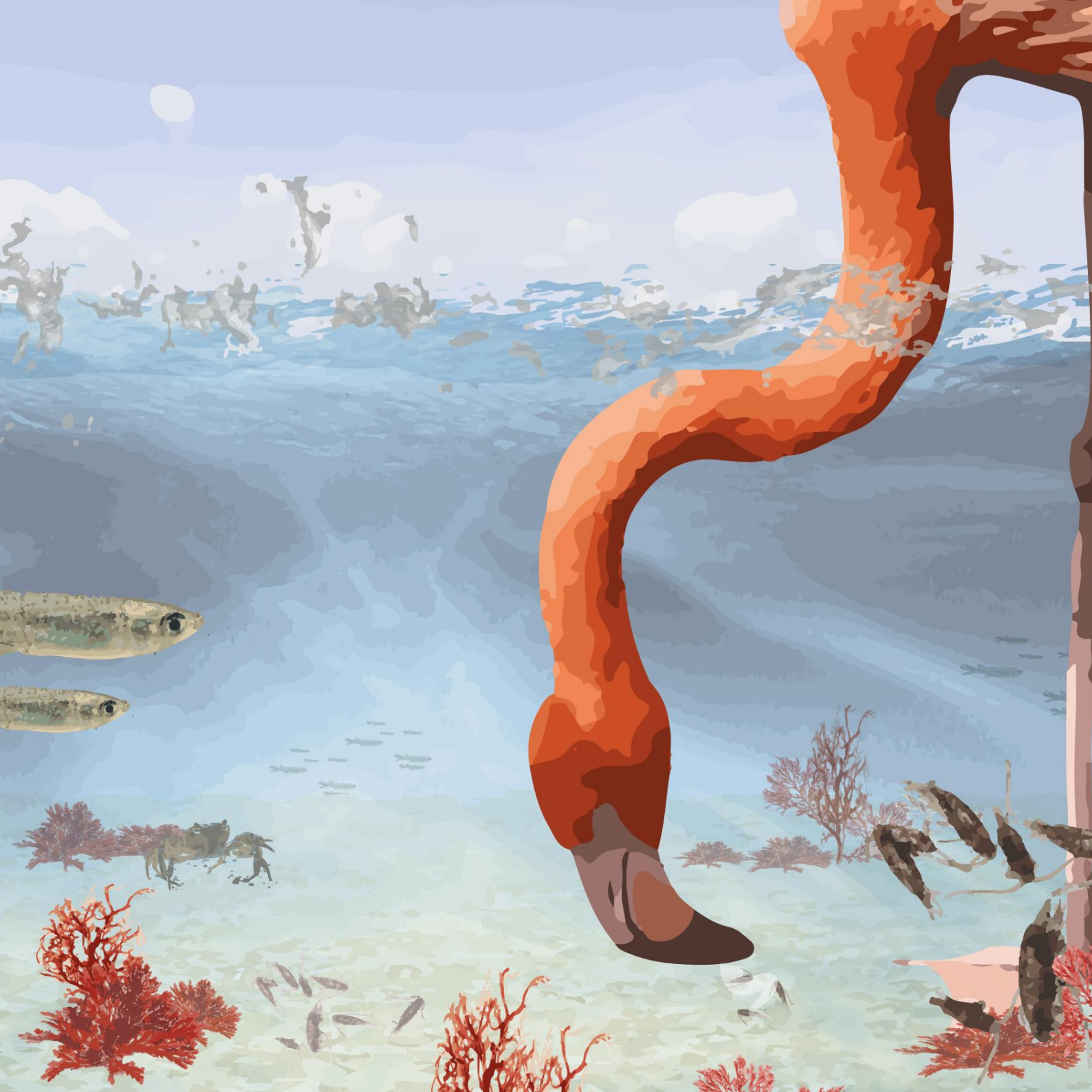
Cada etapa explora las escalas del “micromundo” de manera eficiente, quizá siendo la escala micro la más abstracta en su funcionamiento y metodología, por lo que podría ser un avance futuro explorar a profundidad la traducción y traspaso del lenguaje espacial de la naturaleza en el entorno proyectual. Sin embargo, el resultado es satisfactorio por que logra entregar un resultado funcional, sensible a las necesidades del arquitecto y del proyecto, y es fácil de entender para cualquier arquitecto.

Generar un proceso que pudiese ser entendido y aplicado por cualquier arquitecto era una de las consignas que no se presentaron en los objetivos de investigación, porque era un objetivo menos formal y más personal del autor.

Se logro establecer una investigación sensible gracias a dos factores, primero considerar el “Trastorno por Déficit de Naturaleza” como un problema capaz de resolverse a través de la esta herramienta, buscando en cada etapa potenciar la exploración como mecanismo de investigación. Por otro lado, al explorar una serie de metodologías preexistentes que usan el análisis visual y sensorial como mecanismo para analizar los entornos, además de extrapolar parámetros y conceptos científicos de otras áreas fue posible mejorar la continuidad escalar y la conexión con el entorno de estudio.

El mayor fundamento para la presente tesis siempre fue promover el estudio del medio ambiente a través de los ojos de un arquitecto. Se sostiene la firme convicción de que existe un potencial latente en cada organismo que nos rodea y el encuentro con este es una cuestión de perspectiva. La arquitectura tiene la capacidad (y responsabilidad) de cambiar nuestra relación con estos "pequeños arquitectos" de la naturaleza, permitiéndonos ver no organismos o elementos del entorno, sino un abanico de soluciones espaciales que pueden nutrir nuestro propio desarrollo como arquitectos y como especie.

Finalmente, se espera que esta herramienta metodológica sirva como un puente que acerque la visión de la arquitectura al mundo natural, incentivando a más personas a observar su entorno desde una visión compartida y analítica. El objetivo último es generar un cambio profundo en el ¿Por qué? y el ¿Cómo? interpretamos y representamos la naturaleza en nuestras vidas, pasando de una observación formal simple a un entendimiento profundo de las lógicas que sostienen la vida y como la formalidad no es más que la traducción de estas.





11. BIBLIOGRAFIA

Alexander, C. (1977). *A language Pattern / Un Lenguaje de Patrones*. GG.

Ambiente, M. d. (s.f.). *I Naturalist*. Obtenido de <https://inaturalist.mma.gob.cl/>

Anonimo, U. (2017/2018). Obtenido de Anatomía Externa de Artrópodos: Arañas, Insectos y Crustáceos - Práctica 10: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-estatal-de-sonora/biologia-general/anatomia-externa-de-artropodos-aranas-insectos-crustaceos-y-miriapodos/11600930>

Architecture, E. e. (s.f.). *El Centro Eastgate*. Obtenido de Ever enough Architecture: <https://neverenougharchitecture.com/es/project/el-centro-eastgate/>

Arquitectura biomimética: diseños inspirados en la naturaleza para construcciones sostenibles. (24 de Abril de 2023). Obtenido de Arquitectura Sostenible: <https://arquitectura-sostenible.es/arquitectura-biomimetica/>

Beltrán Fernández, M. d. (2017). *Análisis constructivo de la obra de Frank Lloyd Wright como referencia de arquitectura bioclimática; transposición a la arquitectura actual*. E.T.S. de Edificación (UPM).

design, d. i. (2020). *Global Ecosystem Typology*. Obtenido de <https://global-ecosystems.org/explore/groups/T1.1>

Dorigo, M. &. (2004). *Ant Colony Optimization*.

DP Architects, J. S. (1995-2002). *Complejo Esplanade*. Obtenido de WikiArquitectura: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/complejo-esplanade/>

- Franco, J. T. (25 de Noviembre de 2013). *Arquitectura Biomimética: ¿Qué podemos aprender de la Naturaleza?* Obtenido de ArchDaily: <https://www.archdaily.cl/cl/02-312614/arquitectura-biomimetica-que-podemos-aprender-de-la-naturaleza>
- Fukano, Y. (Octubre de 2023). *Evolutionary psychology of entomophobia and its implications for insect conservation*. Obtenido de ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214574523000974?utm_source=chatgpt.com
- GALLEGO, J. L. (s.f.). *ARQUITECTURA NATURAL*. Obtenido de Issuu: https://issuu.com/clubdeldeportista/docs/_cdmagazine32/s/10588573
- García, Á. S. (03 de Enero de 2020). *Arquitectos especialistas en Biomimética*. Obtenido de Reto Kömmerling: <https://retokommerling.com/arquitectos-especialistas-biomimetica/>
- Gentleman, R. (29 de marzo de 2021). *Javier Pioz, el padre de la arquitectura biónica, encuentra en la naturaleza el futuro del diseño*. Obtenido de El periodico.
- Guzmán Ramírez, A. &. (2019). *De la bio-tipología al bio-diseño. Estrategias didácticas en arquitectura. Arquitectura y Urbanismo*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Guanajuato, México.
- Miceli, A. (2021). *Arquitectura sustentable: Más que una nueva tendencia, una necesidad*. Nobuko.
- Paine, K. A. (2018). *Bio-inspired construction: Termite mound architecture as a source of building material design*.
- Pérez, Á. I. (12 de Noviembre de 2024). *Arquitectura biomimética: diseños inspirados en la naturaleza*. Obtenido de Amusement Logic: <https://amusementlogic.es/articulos/arquitectura-biomimetica-disenos-inspirados-en-la-naturaleza>

- Sandra Varela Melero, J. P. (2014/2015). *The Sponge paradigm*. Madrid: E.T.S.A.
- Stuttgart, I. U. (13 de Agosto de 2015). *Pabellón de investigación ICD/ITKE 2014-15 / ICD / ITKE University of Stuttgart*. Obtenido de ArchDaily:
<https://www.archdaily.cl/cl/771597/pabellon-de-investigacion-icd-itke-2014-15-icd-itke-university-of-stuttgart>
- Suñol, V. (2017). *Discusiones en torno a las nociones de phýsis y téchne en Aristóteles*. Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata.
- Thompson, D. W. (1945). *On growth and form*. Nueva York: Cambridge University.
- Tomlinson, A. (1954). Sacri Monti. *The Architectural Review*, 116.
- Tufte, E. R. (1982). *The Visual Display of Quantitative Information*.
- Viva, A. (18 de Julio de 2025). *Estadio Nacional, Pekín*. Obtenido de Arquitectura Viva:
<https://arquitecturaviva.com/obras/estadio-nacional-en-pekín>
- Zevi, B. (1948). *Saber ver la arquitectura*. Poseidon.
- Biomimicry Institute. (s.f.). *What is biomimicry?* : <https://biomimicry.org/inspiration/what-is-biomimicry/>

