



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
Maestría en Diseño Industrial  
Posgrado en diseño Industrial  
Tecnología

**BIOMIMÉTICA APLICADA AL DISEÑO INDUSTRIAL**  
Aplicaciones funcionales de los insectos

Tesis que para optar por el grado de Maestra en Diseño Industrial  
presenta:

Araceli Pacheco Esparza

Comité tutor:

MDI. Ana María Losada Alfaro

Ing. Julián Covarrubias Valdivia

MDI. Antonio Solórzano Cisneros  
(Facultad de Arquitectura, U.N.A.M.)

MDI. Janitizio Égido Villarreal

Posgrado en Diseño Industrial □□□□□□

Biol. Rafael Barba Álvarez

(Departamento de Zoología, Instituto de Biología, U.N.A.M.)

México, D.F, Noviembre, 2013





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Director de tesis:**

MDI. Ana María Losada Alfaro

**Sinodales:**

MDI Janitizio Égido Villarreal  
Biol. Rafael Barba Álvarez  
Ing. Julián Covarrubias Valdivia  
MDI Antonio Solórzano Cisneros

## **Agradecimientos:**

A mi esposo Aarón M.M. gracias infinitas por ser la mejor parte de todos y cada uno de mis días. Por estar siempre apoyándome, por ser mi despertador y mi música ambiental, por toda tu ayuda... simplemente te amo mil millones.

A mis papás que me han enseñado a ser quien soy y son todo para mí. A mi querida tía Irene que es lo máximo. A mi hermano que es mi orgullo y su familia por complementar mi vida. A Belén y Moisés por su cariño y ánimos. A Rocío "la tiuchis" Meza por su invaluable amistad y compañía durante este proceso.

A TODOS mis amigos por su paciencia, apoyo y excelentes momentos.

A mis profesores por sus enseñanzas y consejos. Especialmente a Ernesto Ocampo Ruiz y Guillermo Gazano Izquierdo por todo lo que aportaron como profesores además de sus buenas vibras y porras cuando este texto era un caos sin forma.

A mis sinodales:

A Rafael Barba Álvarez porque me ayudó a entender lo magnífico de su trabajo y darle forma a esta tesis con su experiencia y valiosos consejos en Entomología. A Julián Cobarrubias por su aportación y observaciones detalladas. A Tony Solórzano por su amistad, consejos, pláticas y por una minuciosa revisión.

A mi tutor Janitzio Egidio Villarreal por su amistad y por creer en mi trabajo cuando todo eran ideas enmarañadas, por guiarme con consejos, conocimientos y montones de risas para aprender más allá de la teoría, lo increíble del trabajo en Biología. Eres la onda.

A todos en el CIAD de Guaymas por brindarme su amistad y una constante enseñanza dentro y fuera del horario de trabajo.

A la UNAM y al Posgrado de Diseño por generar las facilidades académicas para desarrollar trabajos interdisciplinarios.

Al CONACYT por apoyarme a través de la beca para poder desarrollar esta tesis.

Y muy especialmente mi agradecimiento y cariño a mi directora de tesis la Maestra Ana María Losada Alfaro: Muchísimas gracias por invertir tanto de su tiempo para dar consejos de una u otra manera, por ese esmero en los jalones de orejas para ayudarme a dar forma a las ideas (incluso sin que yo me diera cuenta de primera instancia). Por el cuidado y detalle de las revisiones. Por enseñarme siempre a mejorar mi manera de trabajar y a exigirme a dar mi máximo esfuerzo para hacer las cosas bien hechas. Me alegro infinitamente de haber tenido la gran fortuna de tenerla como tutora principal. Mil gracias.

Agradezco también al Doctor en Entomología Alex Wild por facilitarme una de sus fantásticas imágenes para la portada de esta tesis: [www.alexanderwild.com](http://www.alexanderwild.com).

## INDICE

Agradecimientos.....	3
Introducción .....	8
1. BIOMIMÉTICA EN EL DISEÑO .....	12
1.1. Biomimética ¿qué es? .....	12
1.1.1. Algunos antecedentes de la biomimética .....	15
1.1.2. ¿la biomimética es una forma de evolución humana? .....	19
1.1.3. Pensamiento sistémico.....	25
1.1.4. La biomimética como un proceso generador de diseño sostenible .....	27
1.1.5. Importancia de generar un lenguaje común o código .....	30
El diseño y su interacción.....	30
Importancia del código de comunicación .....	32
¿Cómo se da el proceso de interacción? .....	33
¿Cómo se trabaja en las áreas biológicas? .....	34
1.1.6. ¿Se desarrollan valores con la biomimética? .....	38
1.1.7. ¿Es la biomimética un concepto auténtico? .....	40
2. MAGNITUD DEL CAMPO DE ESTUDIO DE LA BIOMIMÉTICA.....	44
2.1. Las especialidades .....	45
2.2. Clasificaciones en la biomimética .....	46
3. INTRODUCCIÓN AL MUNDO DE LOS INSECTOS .....	49
3.1. ¿Qué es un insecto?.....	49
3.2. Generalidades morfológicas de un insecto.....	51
3.2.1. Exoesqueleto .....	54
3.2.2. Cabeza .....	54
3.2.2.1. Piezas bucales.....	56
La mandíbula.....	56
Las maxilas .....	57
Labio.....	57
3.2.2.2. Variaciones de forma de las piezas bucales .....	57
3.2.2.3 Ojos.....	58
3.2.2.4. Antenas .....	59
3.2.3. Tórax.....	59
3.2.3.1. Patas .....	60
Estructura y función adaptada.....	61
Patas como órgano sensorial.....	62
Adhesivo de las patas .....	62
3.2.3.2. Alas .....	62
3.2.3.3. Abdomen.....	64
3.2.4. Locomoción .....	65
3.2.4.1. Terrestre .....	65
3.2.4.2. Acuática .....	66
3.2.4.3. Aérea.....	66
3.2.5. Sistema sensorial .....	67

3.2.6 metamorfosis.....	68
3.3. Clasificación de los insectos .....	69
Una clasificación puede ser natural o artificial.....	70
3.4. Nomenclatura de los insectos .....	70
3.5. Los artrópodos .....	71
4. LA DIVERSIDAD DE INSECTOS.....	74
4.1. Características generales de los principales órdenes .....	74
Protura.....	74
Collembola .....	75
Diplura.....	75
Thysanura .....	75
Microcoryphia.....	75
Ephemeroptera .....	76
Odonata .....	76
Orthoptera.....	76
Phasmatodea .....	77
Notoptera – Grylloblattodea .....	77
Mantophasmatodea .....	77
Dermáptera .....	78
Plecoptera .....	78
Embioptera - Embiidina .....	78
Zoraptera .....	79
Isoptera .....	79
Mantodea .....	79
Blattaria - Blattodea.....	80
Hemiptera .....	80
Thysanoptera .....	80
Psocoptera.....	81
Phthiraptera.....	81
Coleóptera .....	81
Neuroptera – (Megaloptera + Raphidiodea).....	81
Hymenóptera .....	82
Trichoptera .....	82
Lepidoptera .....	83
Siphonaptera .....	83
Mecoptera .....	83
Strepsiptera.....	84
Díptera.....	84
5. CASO DE ESTUDIO .....	87
5.1. Descripción de la estancia.....	87
5.2. Detección de la necesidad.....	88
5.3. La metodología .....	90
5.4. Trabajo de abstracción para la metodología.....	92
5.5. ¿cómo buscar información?.....	94
5.5.1. Las palabras y el objeto biológico .....	95
5.6. Objeto biológico seleccionado.....	96

Dermaptera .....	96
5.7. Aplicación en diseño .....	98
Conclusión del proceso metodológico .....	99
6. EL TRABAJO DE CAMPO EN BIOLOGÍA (perspectiva del diseñador) .....	101
6.1. Proceso de comunicación .....	101
6.2. El trabajo de investigación en biología .....	102
6.3. Integración diseñador- biólogo .....	104
7. CONCLUSIÓN .....	107
Referencias .....	109
Glosario .....	113



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de aprendizaje basado en la observación de la naturaleza. Elaboración propia	18
Figura 2. Opciones de diseño en la Biomimética. Elaboración propia	18
Figura 3. Formas de adaptación. Elaboración propia	20
Figura 4. Vertientes en la evolución del pensamiento humano. Elaboración propia.	20
Figura 5. Negentropía como búsqueda de equilibrio de la dinámica social. Elaboración propia.	28
Figura 6. Diferencia en la forma de aprendizaje entre multidisciplinaria e interdisciplinaria. Elaboración propia.	31
Figura 7. Elementos del proceso de comunicación. Elaboración propia	32
Figura 8: Dominios en Biología. Modificada de WOESE, 1990.	35
Figura 9. Breve distribución del reino animal. Elaboración propia.	35
Figura 10. Punto de unión entre Diseño y Entomología. Elaboración propia.	36
Figura 11. Proceso de comunicación entre Diseño y Entomología. Elaboración propia.	37
Figura 12. Influencia de los conocimientos en la generación de diferentes tipos de conciencia. Elaboración propia	39
Figura 13. Interacción de saberes en el proceso de la Biomimética. Elaboración propia.	42
Figura 14. Eras geológicas indicando la aparición de los insectos respecto a los seres humanos.	49
Figura 15. Resumen del proceso de analogías por palabras clave. Elaboración propia.	91
Figura 16. Tipos de analogías de la inspiración de organismos vivos y su aplicación. Elaboración propia	91
Figura 17. Proceso interdisciplinario en la Biomimética. Elaboración propia.	105

## INTRODUCCIÓN

La tarea del diseñador industrial se ha ido modificando con el paso del tiempo, respondiendo a las necesidades del entorno, lo que ha llevado al Diseño Industrial a convertirse en simplemente "Diseño".

Existen infinidad de definiciones relacionadas con esta actividad. Si vamos más allá de lo planteado por Peter Behrens donde el Diseño es una actividad que lleva a realizar productos u otras definiciones basadas en planteamientos que implican una actividad simplemente estética encontraremos lo que en mis palabras, es la definición de Diseño:

"Actividad generadora de experiencias y soluciones en la búsqueda del equilibrio entre los seres humanos y el entorno mediante una ejecución intencionada de ideas".

Considero importante para el desarrollo de este trabajo especificar un concepto propio de Diseño, ya que eso es lo que llevará a entender de donde surge el desarrollo de las ideas planteadas en esta investigación. De aquí podemos partir para comprender la razón por la que muchos diseñadores estamos explorando una conjunción de trabajo con otras áreas. Se ha iniciado de una necesidad biológica de adaptación al entorno como seres vivos que somos. La finalidad es buscar entrelazar diversos saberes humanos para generar un acervo positivo que sirva como punto de partida de nuevas investigaciones.

El desarrollo de esta tesis se centra en un acercamiento al entorno natural como una de las opciones que tenemos para encontrar el equilibrio con él. Y dicho equilibrio no se limita a una cuestión ecológica, sino a la consideración de todos los factores posibles para el desarrollo humano como parte del entorno natural.

La práctica de la Biomimética ha sido llevada a cabo desde tiempo atrás y esta tesis pretende por tanto, desarrollar nuevas conexiones partiendo de esa imitación del entorno vivo existente, pero ¿hasta dónde llega el trabajo biólogo-diseñador?

Como una hipótesis se tiene la idea de que constantemente se habla de la factibilidad de un trabajo de Diseño con la Biología, aunque muchas de las veces se hace partiendo de la observación simple y llana de elementos naturales donde cada quien interpreta lo que ve a simple vista; pero ¿será esto suficiente?

Todo lo anterior me ha llevado a desarrollar esta tesis. El objetivo es lograr un acercamiento del diseñador con el trabajo del biólogo. En este texto tenemos un cuestionamiento de estas ideas que nacen de la definición de Diseño que ya conocemos, aunada a la necesidad de hablar de los límites y alcances del trabajo con otras áreas. Por otro lado, para el desarrollo de las ideas tenemos que considerar que el estudio de la Biología es sumamente amplio, y por ello se resolvió partir del estudio de una sola clase de organismos vivos (insectos) para que con una visión de sistemas (entendiendo por sistema un conjunto de elementos relacionados entre sí) fuera posible concientizar sobre la riqueza de posibilidades que tenemos para la búsqueda de ideas y para abrir espacios para el trabajo en conjunto con otras disciplinas. En el contenido de esta tesis se abordará con mayor detalle esta visión de los sistemas.

Así es como llegamos al estudio de los insectos. Ellos forman parte del enorme sistema de seres vivos, y la variedad de estas criaturas es tan amplia que nos deja un sinnúmero de posibilidades para analizar.

Se ha intentado reflejar cómo se da el proceso de trabajo del Diseño con las ciencias biológicas mediante el sistema llamado "insecto" comprendido por 31 órdenes (número que varía según el autor) y sus características principales, donde a su vez el diseñador puede descubrir las posibilidades que tiene un subsistema representado por las partes del cuerpo del insecto y entender su relación con el macro sistema conformado por el resto de los organismos vivos. Es decir, se trata de una abstracción de los conocimientos de Entomología con un enfoque hacia el hacer del Diseño, sin que esto signifique sustituir el trabajo del entomólogo o del biólogo, ya que como se podrá apreciar

más adelante, lo único que se hace es favorecer la comunicación y el trabajo en conjunto, buscando compenetrar las fortalezas de ambas partes.

Además se han tratado de plantear elementos alternos que conlleva el trabajo interdisciplinario de la Biomimética. Para ello me di a la tarea de buscar los elementos que creí importantes para que el diseñador sea quien genere sus propios cuestionamientos sobre su actividad y sobre los alcances de la misma.

Podemos decir que en la naturaleza todo tiene algo que aportar de alguna manera, ya sea directamente o como inspiración, por esto D'Arcy Thompson<sup>1</sup> -cuyo trabajo estaba basado en la inspiración natural- planteó: "la naturaleza guarda algunos de sus secretos más tiempo que otros, te dice el secreto del arcoíris y te esconde el de la aurora boreal. La tecnología humana tiene una larga historia y un rango muy amplio de técnicas: la bioinspiración tiene solo 15 años de edad"<sup>2</sup>.

Lo que se desea al escribir este texto es proporcionar un encuentro con el estudio de la Biología para desmitificar este tipo de trabajo. Evidenciar los elementos a favor y en contra, para que el diseñador sea quien juzgue la conveniencia de su estudio y sepa hasta donde tiene responsabilidades en el mismo. Y sobre todo, enfatizar en la vasta riqueza de este tipo de trabajo a favor del desarrollo del Diseño.

---

<sup>1</sup> Biólogo y matemático escocés llamado "el primer biomatemático"

<sup>2</sup> Forbes, Peter. *The gecko's foot*. Harper Perennial, Londres, 2005

## **Objetivo General**

El objetivo de este proyecto es enfatizar la importancia de la aplicación de la naturaleza en el Diseño –en particular de los insectos- para generar una conciencia del entorno y como inspiradores de soluciones, de tal modo que sus características sean analizadas y adaptadas al desarrollo de nuevas tecnologías.

## **Objetivos Particulares**

- Generar un medio que ayude a los diseñadores a optimizar sus conocimientos para aplicaciones en la Biomimética
- Crear información de los beneficios de la Biomimética desde diferentes perspectivas para alentar a la discusión.
- Fomentar el desarrollo multidisciplinario del Diseño
- Aprovechar los estudios generados en Entomología con fines funcionales dentro del Diseño
- Mejorar las vías de comunicación entre las disciplinas de Biología y Diseño.
- Optimizar el trabajo del diseñador facilitando la búsqueda de aplicaciones de los estudios realizados en otras áreas
- Despertar el interés en el desarrollo de procedimientos para el análisis específico del entorno natural que sean aplicables funcionalmente en el Diseño.
- Generar una herramienta que sirva como base para el análisis funcional de los seres vivos de la naturaleza, cuyos resultados sean aplicables al Diseño.
- Desarrollar la solución a un problema específico mediante la aplicación de esta herramienta.
- Destacar la importancia que tiene la observación de los detalles de la Naturaleza y la interacción con otras disciplinas para la concepción de soluciones en Diseño.
- Fomentar la responsabilidad que tenemos en el Diseño en relación con el medio ambiente

## ***Alcance:***

Instruir al diseñador sobre los beneficios generales del estudio cercano de la naturaleza y facilitar la comunicación entre diseñador y el entomólogo a través del lenguaje común para favorecer la creación de respuestas a problemáticas actuales de Diseño Industrial mediante el uso e implementación de las características funcionales de los insectos. Además, se pretende influenciar a otros diseñadores para el desarrollo de las bases de comunicación con el resto de los especialistas en el estudio de los seres vivos y favorecer así un vínculo entre disciplinas.

1

**BIOMIMÉTICA EN EL DISEÑO**



# 1. Biomimética en el Diseño

En nuestros días la palabra "biomimético" es relativamente conocida, especialmente en disciplinas encargadas de la innovación como es el caso de la ingeniería, el desarrollo de materiales, la arquitectura y el Diseño industrial. Debido a los problemas (como el impacto ambiental) y necesidades específicas que han surgido durante el ejercicio de la profesión de Diseño, se han tenido que desplegar nuevas rutas de trabajo.

Han sido desarrollados en muchas áreas del conocimiento enfoques para la creación o impulso de tecnologías que sean cordiales con el medio ambiente, donde tecnología es según la RAE el conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.

En la actualidad temas como la Sostenibilidad<sup>3</sup> surgen como respuesta a la necesidad de salvaguardar nuestro planeta y la Biomimética puede ser una disciplina que ayude a favorecer al perfeccionamiento de estos fines mediante un cambio de ideas en el Diseño, en la forma de trabajo y del objetivo de la disciplina.

A los diseñadores nos brinda además alternativas de inspiración funcional y estética. Bien manejado y asimilado puede llegar a ser un elemento de equilibrio entre tecnología y naturaleza, es por ello que se ha elegido como tema central de esta investigación, porque considero que es una herramienta que brinda inspiración en muchos sentidos a los diseñadores.

En la actualidad existen diferentes términos que se refieren al mismo concepto: biomimética, biomímesis, biomímica, bioinspiración, biodiseño. En esencia hablan de la misma idea. En esta tesis se escogió como término principal Biomimética, pero las demás palabras se usaran indistintamente para referirnos al mismo concepto.

## 1.1. Biomimética ¿qué es?



Imitar patrones, colores y otros elementos, ha sido una estrategia que algunos seres vivos utilizan cotidianamente para adaptarse a su entorno, ejecutando una acción de manera similar a la que otro individuo realiza exitosamente.

Para los seres humanos "imitar" es parte del proceso de aprendizaje, es así como aprendemos a hablar y socializar.

Arriba: una serpiente coralillo. Abajo: una falsa coralillo que exhibe un patrón similar que engaña a otros animales. Modificada del Museo de Historia Natural y Cultura Ambiental, México.

Por ejemplo: Frederic Skinner<sup>4</sup> afirmaba que aprender el lenguaje era análogo a aprender cualquier conducta sencilla: se vinculan imágenes con los sonidos de las

<sup>3</sup> Característica o estado según el cual pueden ser satisfechas las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras

<sup>4</sup> Psicólogo y filósofo social norteamericano, pionero en psicología experimental a favor del conductismo, que es la teoría basada en el estudio de la mente mediante la observación de la reacción de estímulos externos.

palabras, se imitan y se deduce la sintaxis según el modelo a seguir<sup>5</sup>. Es interesante que no solo los seres humanos repetimos las mismas acciones para adaptarnos, también en la naturaleza se dan muchos casos: aves que imitan sonidos, animales que se mimetizan con plantas e incluso, animales que lucen similares a otros que son venenosos.

El término mimesis (o mimesis en el arte), empieza a ser utilizado por Aristóteles para quien la imitación de la naturaleza es el fin esencial del arte. La palabra se deriva del vocablo latino (*mimēsis*) que a su vez procede del griego (μίμησις, *mímesis*) cuya interpretación es imitación. Aristóteles afirmaba que todas las artes son una mimesis de las cosas reales según distintos medios. Y que la base del aprendizaje es la imitación<sup>6</sup>.

Por tal motivo, es natural que en la vida diaria tratemos de emular al entorno (ya que es una acción inherente al hombre).

La Biomimética es entonces un proceso natural de imitar los patrones y sistemas naturales, razonando su posible aplicación. Más adelante podremos observar que esta perspectiva no solo alude a una imitación directa y carente de fundamentos, sino de una búsqueda de elementos funcionales que partan de investigaciones rigurosas que nos lleven a concebir a la Biomimética como una valiosa y enriquecedora posibilidad para nuestra formación. Es necesario considerar la doble vida de la tecnología que menciona Pinch<sup>7</sup>, es decir sus consecuencias no intencionadas y posibilidades no anticipadas, por lo menos en cuestión de diseño para volvernos conscientes de los efectos y así buscar alternativas para minimizar los efectos de la misma o en un escenario ideal, erradicarlos.

En la naturaleza todo se aprovecha, no hay desperdicios y cada elemento está unido a muchos otros en una gran estructura que mantiene un equilibrio en conjunto. Todo lo que la especie humana crea debería incluir esta visión holística, es decir que el contenido es igual de importante que el contexto y funciona como parte de un todo.

Acercarnos a un pensamiento en el que nos acerquemos al estudio de la naturaleza nos ayuda a conocer otra manera de concebir nuestro trabajo. La imitación puede implicar elementos similares a los de los sistemas concebidos en la naturaleza. Para lograr esto, la cuestión está en observar y aprender de los detalles. Si las diferentes disciplinas comparten sus conocimientos asimilándose como parte de un mismo sistema, todos podemos obtener mejores resultados y tener mayores campos de trabajo.

El término de Biomimética representa a la disciplina que estudia a la naturaleza como fuente de inspiración, para la creación de tecnologías innovadoras y la resolución de problemas humanos similares a los que la naturaleza ha resuelto; tiene como finalidad aprovechar los avances tecnológicos y combinarlos con ejemplos de casos naturales en soluciones más eficientes. Autores como J. Benyus que nos hablan de la forma en que podemos aprender de la naturaleza mediante la Biomimética. Ella plantea que puede servir como se indica a continuación:

Como modelo: estudia los modelos naturales, tomando inspiración de sus diseños y procesos para resolver problemas.

Como medida: se basa en pautas naturales para calificar el diseño basándose en sistemas que funcionan mejor gracias a millones de años de evolución

Como mentor: es la forma de ver y valorar el mundo natural como una forma de aprendizaje, más que como un recurso para explotar.

Esta visión romántica de ver a la naturaleza, tiene elementos importantes a considerar como ya iremos viendo a lo largo de esta tesis. Sin embargo, con un enfoque más práctico, la Biomimética podría desarrollarse de forma más eficiente y objetiva sin aparentar ser una justificación oportunista de una moda del Diseño. No es posible que nos comparemos de manera equitativa con el mundo natural. Cada elemento tiene sus

---

<sup>5</sup> SKINNER, B.F. (1963). Science and human behavior. Nueva York. McMillan Press.

<sup>6</sup> ARISTOTELES (1981). *El arte de la poética*. México. Espasa Calpe

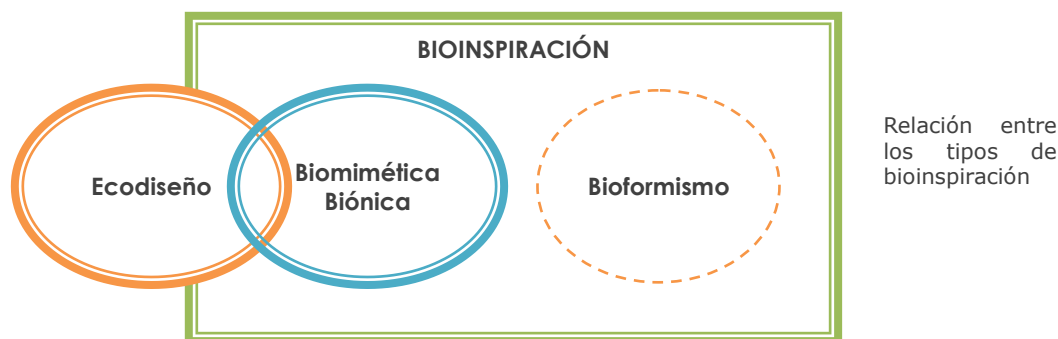
<sup>7</sup> PINCH, T. (1995). La construcción social de la tecnología, Innovación tecnológica y procesos culturales. Nuevas perspectivas teóricas, México. Fondo de Cultura Económica – UNAM. Pp. 40

propias capacidades y cualidades, es lo que se llama esencia, y resultaría inconveniente pensar que podemos comparar lo artificial con lo natural. Más adelante en el capítulo de 1.1.2. (¿Es la Biomimética una forma de evolución humana?) Hablaremos de esta idea más a fondo, empezando por tratar de definir lo "artificial".

Una cosa importante aclarada durante la estancia de investigación que realicé durante mis estudios en el trabajo con biólogos (trabajo que se detalla en el capítulo 5) es haber entendido que la naturaleza no se auto diseña, no tiene una intención consciente, simplemente se trata de una cadena de hechos que van moldeando a las especies a lo largo del tiempo.

Las características desarrolladas por cada individuo, no sirven como una medida, porque no replicamos las mismas proporciones, sin embargo, si puede servir como ejemplo base a seguir para comprobar su efectividad en las condiciones que requerimos.

La Biomimética, forma parte de la bioinspiración junto con la biónica<sup>8</sup> y el bioformismo<sup>9</sup>. Considero que el ecodiseño<sup>10</sup>, también podría formar parte de la bioinspiración, ya que la observación del mundo natural, puede generar ideas basadas en la efectividad de algún organismo para buscar resultados similares que impacten positivamente en el medio ambiente, es decir la observación natural que te lleve al ahorro de energías o materiales. La relación de estas áreas queda representada en el siguiente cuadro, donde se puede apreciar cómo pueden ser parte unas de otras y ser tan extremas como para buscar desde una parte formal hasta la optimización de un proceso:



El aporte de la Biomimética tiene infinidad de elementos: estética, eficiencia, patrones, estructuras, funciones, procesos, protección, durabilidad, incluso ética, entre otras. El estudio de las características naturales simboliza para el Diseño posibilidades para la generación de soluciones que se integren a la vida cotidiana, a la tecnología desarrollada y la beneficien o mejoren.

Esta tesis maneja algunas posturas que han sido claves para enfatizar la importancia de esta disciplina. Varias cuestiones aquí planteadas quedan abiertas a discusión, porque algunos temas podrían comprender una nueva tesis. Aquí se propone un panorama para las que se consideraron más importantes, con base en los conocimientos adquiridos a lo largo de este estudio. De igual modo, más adelante podremos ver cuáles son algunas de las aplicaciones para las cuales nos es útil en el Diseño esta imitación del entorno.

<sup>8</sup> Biónica: La biónica es la aplicación de los resultados de la evolución biológica desde el punto de vista de la ingeniería

<sup>9</sup> Bioformismo: tendencia que se centra en el poder de la vida natural, tomando formas orgánicas.

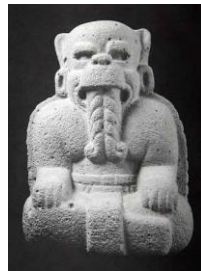
<sup>10</sup> El ecodiseño es la metodología para diseñar productos industriales en que el medio ambiente se toma en cuenta durante el proceso de desarrollo del producto como un factor adicional para la tomar de decisiones



### 1.1.1. Algunos antecedentes de la Biomimética

Esta técnica de la imitación de los organismos vivos no es nueva, pues desde la misma mitología griega existen ejemplos donde la inspiración tenía aplicación práctica, como la trágica historia de Dédalo quien deseaba escapar de Creta volando, para lo cual se construyó alas de ave. Por otro lado, las culturas antiguas, han estado pendientes de su entorno, observándolo y utilizándolo como elemento de veneración por ejemplo, si pensamos en la cultura Olmeca, (establecida alrededor de 1200 a.C.) y ya demostraba gran cantidad de observaciones de su entorno y de los fenómenos que pasaban a su alrededor; representaban la naturaleza en sus figuras y la veneraban por su poder, al igual que el resto de las culturas prehispánicas.

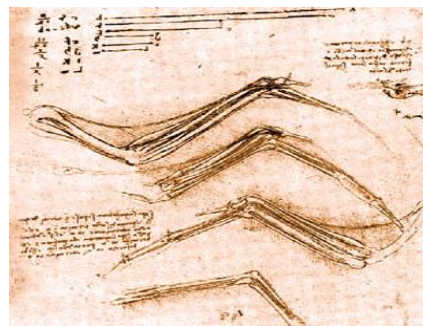
El desarrollo del antiguo Egipto (alrededor del año 1350 a.C.) y como vestigios de esta cultura existen gran cantidad de objetos con formas animales que representaban a sus dioses. El lejano oriente por su parte, también consideraba sagrada a la naturaleza. Esto es evidente en sus representaciones de serpientes, tigres, grullas y más animales a lo que no sólo se atribuía poder físico sino en ocasiones éstos elementos eran representados como deidades.



Imágenes hechas por algunas culturas sobre la representación de animales en su vida cotidiana.

Hemos visto algunos ejemplos en los que la naturaleza formaba parte de la cotidianidad de las personas, hay innumerables representaciones de ello y del lugar que ocupaba el entorno natural en la vida de los seres humanos. Sin embargo, también hay varios ejemplos en los que se refleja la búsqueda de su aplicación práctica.

“Uno de los más asiduos practicantes fue Leonardo da Vinci, quien a través de la observación de la anatomía de los pájaros descrita en su libro ‘Código del Vuelo de las Aves’ construyó las famosas invenciones de máquinas voladoras”<sup>11</sup>. Da Vinci fue uno de los grandes observadores de los detalles de la naturaleza y poseía gran cantidad de notas al respecto. Este es uno de los primeros ejemplos sobresalientes de la observación del entorno.



Estudios sobre la anatomía del ala de los pájaros y sobre el vuelo de Leonardo Da Vinci (c. 1510-1514, Colección Windsor, Londres).



Otro caso es el de los hermanos Wright, para los que inspirarse en la naturaleza fue factor determinante en el progreso de sus ideas. El basarse en observaciones de aves, les permitió definir detalles de la forma en que trabajaban las extremidades de dichos animales para aplicarla en elementos para volar.

<sup>11</sup> MOSQUERA DE CALDERÓN, S. (Diciembre, 2010). Mundo Biomimesis. La Revista el Universo. Editor Carlos A Yazca



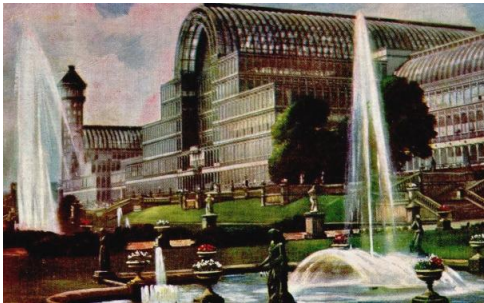
Ejemplos del estilo Art Nouveau.  
Izquierda Michel Zabé. Derecha Chantal Paré

La aparición de la corriente Art Nouveau, (nominada por Henry van de Velde) se desarrolló con éxito principalmente en la arquitectura y las artes decorativas entre 1894 y 1910. En ella se buscaba la inspiración en motivos, formas y colores de la naturaleza, así como en la figura humana, en especial la figura femenina.

Otro personaje que se aventuró en el manejo de formas inspiradas en la naturaleza fue William Morris, en el S. XIX, con el movimiento *Arts and Crafts*. Él, junto con otros seguidores de este movimiento, tenía una clara admiración por la naturaleza, creando diseños, tejidos y tapicerías con motivos naturales, especialmente florales, animales y plantas aunque con un toque más ilustrativo.



Diseños de estampado en tela de [www.william-morris.co.uk](http://www.william-morris.co.uk)



Crystal Palace Hyde Park, London

Por otro lado, Joseph Paxton (un experto constructor de invernaderos) se inspiró en un género de lirios gigantes conocidos como *Victoria* amazónica, para desarrollar el concepto de estructura de hierro y cristal conocida como el Crystal Palace que albergó la Gran Exposición de avances tecnológicos, en Londres en el año de 1851.

A partir de este empleo de la naturaleza como fuente de inspiración, surgieron nuevas maneras de emular al entorno principalmente en sus formas, llegando a imitaciones y abstracciones tan extraordinarias como las que describen las obras de Louis Comfort Tiffany, Emile Gallé, René Lalique, y Antonio Gaudí.



Interior orgánico de la casa Batlló. Imagen propia.

La casa Batlló en Barcelona, España representa un claro ejemplo del uso de las formas de la naturaleza aplicadas a una obra de arquitectura. La apariencia de esta construcción es una alusión indudable al mundo marino y presente a lo largo de toda la construcción generando un universo irreal, dejando fuera las aristas.

El arquitecto Frank Lloyd Wright se dedicó a generar arquitectura organicista y sus diseños se integraban al entorno utilizando los elementos y materiales del mismo, y pensando en la arquitectura como parte integral del entorno.



Casa de la cascada. Pensilvania, EUA

Hemos visto algunos ejemplos de cómo la naturaleza ha servido de inspiración para muchas personas en diversas épocas, sin embargo, hay más elementos que las formas y los vistosos colores que pueden ser aprovechados e implementados en el desarrollo de nuevos elementos.

En otra parte de la historia, durante los años 50, Otto Schmitt forjó el término Biomimética en su tesis doctoral. Ahí él analizaba un circuito de realimentación electrónica cuya función era análoga a las redes neuronales, conocida en su idioma natural como: *Schmitt Trigger*

Entre los pioneros que han desarrollado y generado aportes con sus investigaciones en torno a los sistemas biológicos (incluida la biónica) también están Julian Vincent, Werner Nachtigall, Jeronimidis George, Steven Vogel, Jack E. Steel, Gerardin y Victor Papanek entre otros.

En los años 90, las publicaciones de Janine Benyus, generan un nuevo impulso sobre el tema, aunque éste ya existía mucho antes. En una entrevista que se le realizó refleja su postura respecto a la Biomimética al exponer: "evitar el desequilibrio es lo que hace de la biomimesis algo más que sólo una manera nueva de ver y valorar la vida; es también una carrera de rescate".<sup>12</sup>

En la literatura científica y la ingeniería, este término se aplica para referenciar al proceso de entender la naturaleza y resolver problemas humanos. Las ideas de posibles soluciones procedentes de la naturaleza surgen en forma de principios biológicos, biomateriales, bioprocesos, entre otros, como veremos ejemplificado más adelante.

La observación detallada del entorno ha llevado a descubrir infinidad de ejemplos para los diseñadores, quienes pueden encontrar una rica fuente de inspiración. El ejemplo más popular de ellas es la de George Mestral (1941) quien luego de un paseo, encontró un cadillo (*Arctium Lappa*) pegado en su ropa y en el pelo de su perro y aplicó el principio de éste en el sistema conocido como velcro®.



Saltamontes.  
Imagen de Eric Isselee

El saltamontes *Tettigonia* tiene en las patas almohadillas suaves que son adhesivas gracias a un patrón hexagonal de los surcos que le proporcionan una unión muy eficaz a las superficies<sup>1</sup>. Este principio se ha estado aplicando a diversos sistemas de unión. En la naturaleza existen muchos insectos con características muy específicas en su morfología y esto resulta conveniente para el diseño.

El principio de la celda solar, es un ejemplo, que se dice fue inspirado en el proceso de aprovechamiento y transformación de la luz solar de las hojas en nutrientes.

Así podemos encontrar muchos casos de cómo la observación de un elemento natural se traduce en el diseño de un objeto, proceso o mejora.



Tiburón y traje de baño de Speedo.  
Por ZUMA Press

Otro caso sumamente conocido es el de los trajes de baño Fastskin de Speedo, elaborados para las competencias de los juegos olímpicos de Beijing. Gracias a su diseño se logró aprovechar y mejorar la eficiencia y la energía de los nadadores. El traje se basaba en un estudio de la piel del tiburón donde gracias a la forma de su estructura, se reduce la resistencia del agua.

<sup>12</sup> BBC2, Mundo. *Biomimesis*. El universo (Diciembre 2010), sitio de noticias de la BBC

Un ejemplo diferente es el que sirvió como inspiración a Eiji Nakatsu para mejorar la forma de los trenes bala y poder suprimir la explosión que se generaba por la salida a alta velocidad de los túneles debido a la compresión y velocidad. Él se inspiró en la forma de sumergirse del martín pescador (*Alcedo atthis*) en el agua sin hacer olas.



Imagen: Martín pescador  
<http://acorral.es>

Los ejemplos presentados hasta este momento son de casos populares en los que la idea del impacto positivo del uso de la Biomimética en el diseño es muy clara.

Algunos de ellos no necesariamente por el resultado inicial. El uso de la Biomimética puede ayudar a encontrar un principio hipotético que surja de la naturaleza basado en la idea de cómo se cree que una entidad biológica funciona. Esto te puede llevar a generar una solución ya sea de un proceso, de un objeto, etc.

Este intercambio de principios hipotéticos e ideas, se convierte en un principio asimilado. En él se entiende mejor el comportamiento de aquella hipótesis que pensábamos al principio. Si tuvimos o no razón, este procedimiento implica un aprendizaje que será fundamento para nuevas aplicaciones. Estas a su vez se verán complementadas con más principios hipotéticos y se convertirán en una unión de saberes. Este proceso se resume en el siguiente esquema:

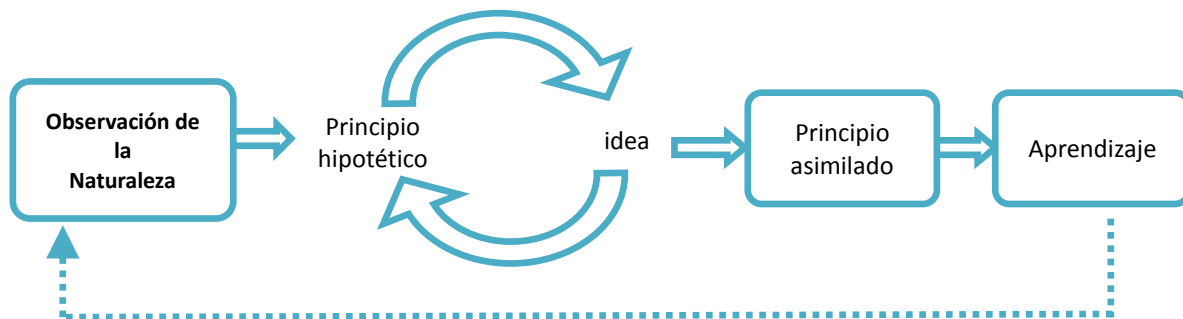


Figura 1. Proceso de aprendizaje basado en la observación de la naturaleza. Elaboración propia

Hay muchos casos sumamente útiles -aunque menos conocidos-. Aquí se ha optado por presentar ejemplos que sean más familiares al lector para destacar sus aplicaciones prácticas en la vida cotidiana.

La idea de mencionar algunos casos de uso de la biomimesis en esta tesis es meramente introductoria para aquellos que puedan estar interesados en el tema. Si se quiere abundar más al respecto existe mucha información donde se abordan a profundidad otros casos y sobre todo metodologías. El libro de Biodiseño<sup>13</sup> es particularmente ilustrativo en este sentido, ya que maneja muchos ejemplos concisos así como el proceso de cómo lograr este tipo de investigación. Las opciones para Diseño en el proceso de la Biomimética se pueden resumir de la siguiente manera:

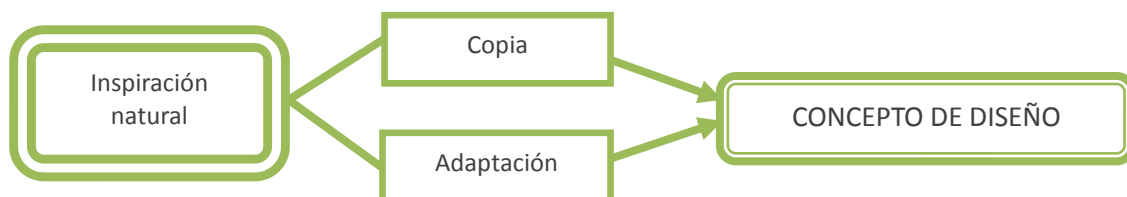


Figura 2. Opciones de diseño en la Biomimética. Elaboración propia.

<sup>13</sup> EGIDO, J. (2012). Biodiseño, Biología y diseño. México. Designio. Pp. 121-225

Sin duda, como seres creadores necesitamos procesos y métodos que nos faciliten la tarea creativa. De ahí surge enfocarnos a imitar la naturaleza con la finalidad de tener una opción para generar productos y nuevas tecnologías.

Entonces ¿es posible que la Biomimética se trate de una manera de adaptación evolutiva que responde a una necesidad? Veamos un poco más al respecto.

### **1.1.2. ¿La Biomimética es una forma de evolución humana?**

El trabajar buscando una conexión con la naturaleza, puede no ser una casualidad, sino el resultado de un proceso natural de adecuación a nuestro entorno. Es bien sabido que la vida en el planeta existía millones de años antes de que los seres humanos lo hicieran, y todos los organismos vivos hemos pasado por un largo proceso de adaptación para permanecer en él. Hemos escuchado que esto es gracias al desarrollo evolutivo, pero ¿Qué es significa?

La palabra evolución viene de latín (Del lat. *evolutio*, *-ōnis*) que se traduce como "desarrollo, desenvolvimiento". Es por ello que Charles Darwin la tomó para sus estudios cuyo objetivo era que entendiéramos que existe una relación entre todas las formas vivientes y como se da esta. Él se basaba en que todas las formas de vida se modificaron a partir de un antepasado común y han sufrido transformaciones o "desenvolvimientos" transmitidos a las nuevas generaciones que les permite adaptarse al entorno. Este concepto se ha reforzado con nuevas teorías con el paso del tiempo, sin embargo, la teoría de Darwin sirvió de preámbulo para los estudios detallados actuales.

Para llegar a esta evolución de organismos se llevo a cabo una "selección natural", en ella se establece que las condiciones de un medio ambiente favorecen o dificultan la permanencia como especie, es decir, se reproducen los organismos vivos con peculiaridades que les permiten permanecer en el entorno, dejando más descendientes con las mismas características optimizadas.

Para que sea posible la selección natural hay tres premisas<sup>14</sup>:

- 1) El rasgo sujeto a selección debe ser heredable.
- 2) Debe existir variabilidad del rasgo entre los individuos de una población.
- 3) La variabilidad del rasgo debe dar lugar a diferencias en la supervivencia o éxito reproductivo, haciendo que algunas características de nueva aparición se puedan extender en la población.

Estas consideraciones son importantes, porque en las ciencias biológicas, la acumulación de estos cambios a lo largo de las generaciones produce todos los fenómenos evolutivos. Sin embargo, el Diseño es una disciplina con un enfoque primordialmente artificial al igual que la Biomimética. Entonces ¿cómo se define lo artificial?

En el libro *Mundos Artificiales*<sup>15</sup> de Fernando Brocano, se expone una discusión interesante al respecto sobre cómo distinguir lo natural de lo artificial que nos lleva a pensar en la dificultad que hay al delimitar estos términos. Citando a Mosterin<sup>16</sup>, Brocano nos habla de que lo artificial implica el uso de herramientas en el entorno. Sin embargo llega a un punto en que esta definición puede aplicar tanto a humanos como a animales, debido a que hay animales que utilizan herramientas de su entorno y no por ello participan de esta definición de lo que es artificialidad.

Brocano propone varios elementos para delimitar el término, pero hay algunos que me parecieron fundamentales:

---

<sup>14</sup> EGIDO, J. (2012). *Biodiseño, Biología y diseño*. México. Designio. Pag. 35

<sup>15</sup> BROCANO, F. (2000) *Mundos artificiales: filosofía del cambio tecnológico*. México. Editorial Paidós. Pp. 99-131

<sup>16</sup> Mosterín, Jesús es un filósofo español de influencia en el pensamiento contemporáneo que escribió *Filosofía de la cultura*, libro en el que se basa Fernando Brocano para algunos conceptos.

Lo artificial implica una intencionalidad, es decir el querer hacer una actividad con plena conciencia de ello. Esto a su vez está impactado por la cultura de su entorno es decir la forma de vida, costumbres, nivel de conocimientos y desarrollo artístico, científico y tecnológico en general, la época, etc. Lo artificial entonces, está influenciado por todos estos detalles y ha sido escogido con precisión para realizar determinada tarea. Esto, a su vez, genera cierto tipo de cultura, de técnicas y de sistemas artificiales dados por el elemento artificial.

Por ejemplo el desarrollo de un sistema reproductor de audio portátil, genera tecnologías para su desarrollo (maquinaria, procesos, herramientas, etc.) o complementos para el mismo (requiere estuches, audífonos, cargadores, carcasas intercambiables, etc.)

Es decir que los objetos se producen con una intención, basada en nuestras necesidades para satisfacer objetivos. Estas cosas a su vez pueden formar sistemas (porque están compuestas de elementos proyectados especialmente con una finalidad y a partir de las funciones iniciales se pueden tener otras nuevas que sean planeadas posteriormente como ya vimos. Entonces, lo artificial es intencional y genera nuevos sistemas.

Siguiendo con el ejemplo anterior, el sistema reproductor de audio portátil requiere una interfaz que permita el grabado de datos. Para ello se han utilizado elementos desarrollados dentro de la tecnología como el caso del lector de USB (en español Conductor Universal en Serie). En el caso de que no existiera un elemento que funcionara se desarrolla y se integra en el sistema.

Basados en esto, podemos definir que organismos y artefactos tienen un proceso de adaptación. La adaptación puede darse de dos maneras diferentes: la natural dada por la selección natural y la artificial basada en la racionalidad propiamente humana. Se puede representar la idea en el siguiente cuadro:

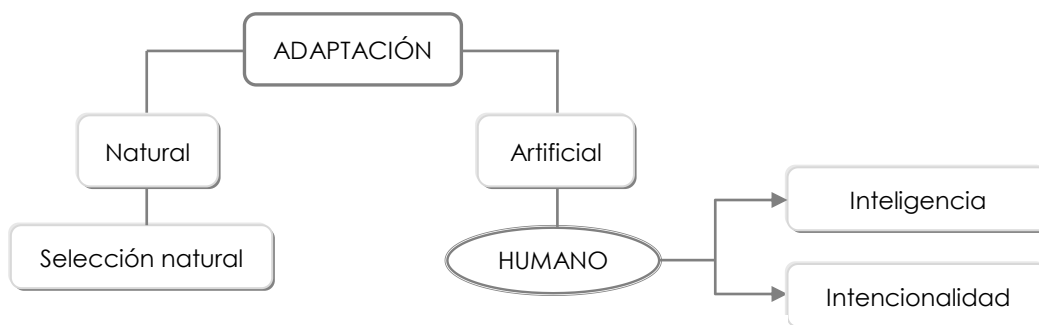


Figura 3. Formas de adaptación. Elaboración propia.

Entonces en los seres humanos se puede entender este proceso de cambio de dos maneras conectadas entre sí. La evolución natural tal como la conocemos y la evolución en la cognición -o manera de pensar- que se ve reflejada en la intencionalidad de los objetos. La evolución del pensamiento humano puede tener al menos dos vertientes: una que es el proceso cognitivo en sí, es decir cambios en las ideas mismas lo que nos hace "ser"; y la segunda son cambios en la intención creativa, que podría definirse como el proceso en el que concebimos una finalidad para nuestras ideas.

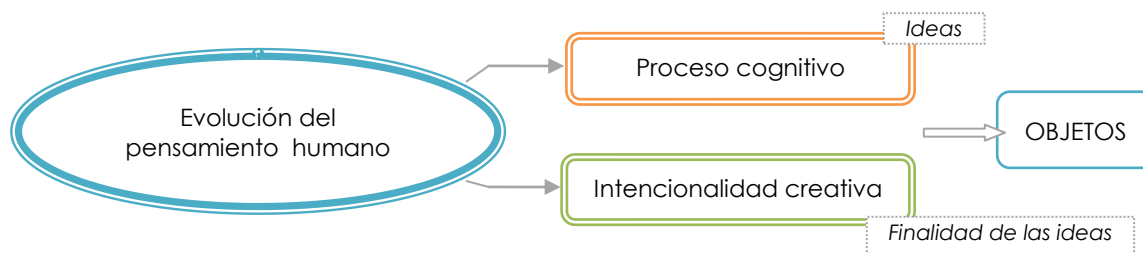


Figura 4. Vertientes en la evolución del pensamiento humano. Elaboración propia.

La mayor parte de los avances en los procesos humanos, es reflejada en los objetos (mas en el caso del diseñador). Es por eso que nos centramos en ellos para conocer la historia y entender la dinámica y comportamiento de las culturas.

Cuando hablamos de comportamiento (o conducta) hacemos referencia a las acciones que desarrolla un humano frente a los estímulos que recibe de su entorno y este puede depender de muchos factores como: sociedad, cultura, emociones, etc. Entonces esta evolución del pensamiento humano, como animal racional, no es igual que la de los animales irracionales. Entonces ¿Cómo podemos distinguir entre un animal y un humano? Partamos de la manera en que funciona el sistema cognitivo, según Marc Hauser, científico de la Universidad de Harvard, EEUU. Esta diferencia se sintetiza en 4 puntos<sup>17</sup> esencialmente humanos:

1. Habilidad para combinar tipos de conocimiento para transmitirlos y crear otros nuevos a partir de los primeros.
2. Aplicación de un tipo conocimiento a la resolución de problemas diversos.
3. Crear y entender representaciones simbólicas mediante todos los sentidos.
4. Establecer pensamientos conforme a la información que recibimos

Es claro que nuestra gran diferencia del resto de las especies radica en el poder tecnológico único que nos permite controlar el rumbo de nuestra vida; somos animales que podemos controlar lo que hacemos. Y esta es una postura que difiere con la del filosofo Emmanuel Kant, quien de acuerdo con lo escrito por Tom Regan, habla de los seres humanos con un valor intrínseco que los hace racionales y por tanto merecedores de respeto<sup>18</sup>.

Comparado con el resto de las especies es evidente que tenemos diferentes capacidades y quizá ventajas (por ejemplo si lo vemos desde el punto biológico, ya que no tenemos depredadores naturales, y tenemos la capacidad de prever el daño de nuestros actos, para lo cual hace falta volvernros conscientes.

Sin embargo, a pesar de la diferencia puntualizada entre las capacidades de humanos y animales, los procesos evolutivos naturales impactan a los seres vivos en general.

El estar conscientes de cómo funciona la vida y conocer más elementos al respecto, nos lleva a una intencionalidad creativa que nos da la posibilidad de guiar nuestros procesos de forma cercana al proceso de la naturaleza, sin dejar de lado los avances tecnológicos alcanzados hasta el momento.

La idea es buscar mejoras en la medida más eficiente posible y de acuerdo a nuestras posibilidades y considero que una forma de tomar consciencia y lograr hacer énfasis en las mejoras al entorno puede surgir al estudiar y entender los procesos naturales, lo que a muy largo plazo puede tener un impacto evolutivo.

En este texto abordaremos de manera constante el término Biología, pero ¿Qué es? Su estudio inició hace como 2300 años y se trata de la rama de la ciencia dedicada al estudio de la vida y, como todas las ciencias, se desarrolla y amplía por el esfuerzo constante del hombre por comprender la naturaleza<sup>19</sup>

Si conocemos los principios básicos de la Biología y reconocemos nuestra capacidad tecnológica actual, podemos generar una composición de conocimientos que nos permitan un equilibrio entre la tecnología y el entorno natural. Esto en los años 90 se definió con el término biomimética<sup>20</sup>.

---

<sup>17</sup> <http://www.ojocientifico.com>

<sup>18</sup> VALDÉS MARGARITA M. (compiladora) (2004). Naturaleza y valor: una aproximación a la ética ambiental. México, UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas Fondo de Cultura Económica , Pag.135

<sup>19</sup> SMALLWOOD and GREEN. (1982). Biología. México DF. Publicaciones cultural, SA. Pág. 1

<sup>20</sup> Definida por Janine Benyus como una nueva disciplina que estudia las mejores ideas de la naturaleza y luego imita estos diseños y procesos para resolver los problemas humanos,

Basados en el texto sobre ética del medio ambiente de Guadalupe Ibarra<sup>21</sup>, la postura antropocéntrica, (no se consideran para este texto las posibles repercusiones religiosas sobre nuestro lugar con respecto del mundo) se fortaleció con la llegada de la era industrializada, donde el progreso humano era la razón principal para establecer su influencia en la tierra. El desarrollo sin precaución se vuelve entendible desde este punto.

Los recursos del mundo eran considerados infinitos y de nuestra propiedad. Sin embargo, con base a lo que conocemos hasta ahora, podemos comprender el error y es por esto que una toma de conciencia sea relevante. Es necesario trazar las bases para un camino que se acerque al biocentrismo<sup>22</sup>. En otras palabras: la toma de conciencia de cómo funciona nuestro entorno es lo que nos hace responsables a partir del saber.

¿Será esa una razón para abordar con mayor interés el análisis de la Biomimética? Esta tesis propone que su estudio así como el del Diseño Industrial, sirva para responder a las necesidades sociales. Y nuestra necesidad en la actualidad es ser productivos y al mismo tiempo mantener una buena calidad de vida y relación con el entorno natural.

Pero ¿qué es calidad de vida? Este concepto se relaciona con términos como "bienestar", "indicadores sociales", y "forma de vida", entre otros<sup>23</sup>, aunque no es sinónimo. Encontré varias posturas que me parecieron muy ilustrativas:

Desde el sector salud, la definición habla del carácter valorativo, contextual e histórico al que debe atenderse, en el que se armonicen necesidades individuales y sociales<sup>24</sup>.

Desde la psicología, la definición habla de las necesidades básicas que se deben cumplir, estableciendo oportunidades individuales de control y elección<sup>25</sup>.

En un estudio desde una perspectiva militar habla acerca de que el "nivel de bienestar" es una frase muy utilizada, y la definía en como el grado en que la experiencia de la vida de un individuo satisface los deseos y necesidades físicos y psicológicos<sup>26</sup>.

Rice<sup>27</sup> introduce pautas como la subjetividad contra la objetividad y enfatiza que la calidad de vida depende de algunos estándares específicos (como factores afectivos, cognitivos, edad, género, valores, personalidad, salud, seguridad, etc). Cada persona define la calidad de vida desde diferentes perspectivas, sin embargo para este texto se considerará como "la satisfacción de los deseos y necesidades básicas de los individuos".

La Biomimética puede ser considerada como una forma de evolución en el Diseño y por tanto de la vida de los seres humanos que pudiera funcionar como generadora de elementos que favorecen la calidad de vida.

Según la real academia de la lengua española, una de las definiciones de evolución es la transformación de las ideas o teorías. El Diseño es transformación constante, debido a que las personas, el entorno y las necesidades cambian. Se buscan nuevas maneras de resolver, de mejorar y de combinar. Es por ello que si el proceso de diseño es complementado con la Biología, el cambio puede llegar a ser más significativo.

---

<sup>21</sup> IBARRA ROSALES, G. (enero- marzo 2009). En ética del medio ambiente, Revista Elementos No 73, vol. 16. Edit. Instituto de fisiología de la Universidad Autónoma de Puebla. Pp.11-17

<sup>22</sup> Teoría que en oposición con el antropocentrismo, considera al hombre como parte de la biosfera y no como un elemento superior a ella.

<sup>23</sup> BOBES, J. et al (1993). de calidad de vida. Monografías de psiquiatría, Vol. 6, Pag. 5-12.

<sup>24</sup> GONZALEZ PÉREZ, U. (2002). El concepto de calidad de vida y la evolución de los paradigmas de las ciencias de la salud. Rev. Cubana Salud Pública. Vol.28, n.2, pp. 157-175

<sup>25</sup> Quality of Life Research Unit Department of Occupational Therapy, University of Toronto  
[http://www.utoronto.ca/qol/qol\\_model.htm](http://www.utoronto.ca/qol/qol_model.htm)

<sup>26</sup> KERCE W. Elyse (1992)., Quality of life: meaning, measurement and models. Navy Personal Research and Development Center. pp 1-38

<sup>27</sup> RICE, R.W. (1984). Work and the quality of life. Applied social psychology annual. Beverly Hills. In S. Oskamp (Ed.) pp.155-177.



Roberto Lanza explica que utilizamos las ciencias naturales para entender el universo y de esta manera accedemos a nuestra propia naturaleza<sup>28</sup>. Esta es una manera de no dejar atrás los conocimientos tecnológicos adquiridos, sino de buscar formas para adaptarnos, eliminar lo que no funciona (lo que tiende a destruirnos como especie) y tratar de encontrar elementos que nos ayuden a vivir como parte del entorno. Hablar de evolución en el *proceso cognitivo* desde la perspectiva del Diseño, es llegar a este biocentrismo en el que mediante la educación, se represente un cambio de forma de pensar a través de la concientización, generación de valores y del enfoque de los procesos creativos o intencionalidad.

La toma de conciencia respecto a nuestra responsabilidad con el entorno, nos está llevando a buscar nuevas formas de resolver nuestros problemas como especie. Para los demás seres vivos este es un proceso natural, irracional, pero para los seres humanos este cambio de ideas puede ser intencionado y comenzar a dar fruto. A largo plazo, al igual que en proceso evolutivo biológico, el cambio es pausado.

La segunda parte de la evolución humana, a mi parecer, se refiere a la *intencionalidad creativa*, es decir el propósito con el que se crean los objetos. Se ha incluido esta parte artificial dentro de la evolución humana, debido a que, como ya mencionamos anteriormente, la intencionalidad es propiamente humana y los objetos no se generan sin un proceso artificial intencional.

Este proceder forma parte de nuestra evolución como especie, porque nos ha llevado a mantener una constante actividad de adaptación y mejora. Esta actividad creativa de transformación a la que llamamos "diseño", tuvo sus primeras manifestaciones en el paleolítico cuando pasamos "de hallar y recoger utensilios ya hechos de forma natural gradualmente, fabricarlos empleando un martillo de piedra natural para desmenuzar y lascar el sílex y otras piedras de grano fino para conseguir un filo cortante o la forma deseada"<sup>29</sup>. La reiterada mutación de nuestro medio ambiente nos ha guiado a través de un desarrollo frecuente de ideas y formas de ajustarnos al entorno.

Este proceso ha pasando por etapas muy variadas, y se ve afectado por los avances tecnológicos del momento. Es así como "los diseños pueden ser un instrumento mediante el cual descubrimos otras necesidades complementarias y problemas prácticos"<sup>30</sup>.

El proceso de transformación iterativa es lo que conocemos como Diseño Industrial y éste va evolucionando con el paso del tiempo. El diseño es según Heskett<sup>31</sup> es "una capacidad única e inalterable", refiriéndose a su constante presencia en el desarrollo de la humanidad, sin embargo sus expresiones han variado.

En los orígenes de la humanidad el propósito de crear radicaba en utilizar cualquier elemento como mera herramienta de trabajo, como una extensión y mejora de nuestras extremidades. Una extensión de nosotros mismos como lo hacen muchos animales.

Heskett, en su evolución histórica del diseño menciona: "el mundo natural ofrecía gran diversidad de materiales y modelos preexistentes, llenos de potencial de adaptación para resolver problemas", dejándonos vislumbrar elementos para la Biomimética. La presencia del diseño, ha sido necesaria porque funciona como plan de acción que nos lleva a generar con intención.

Si retomamos las tres premisas que vimos al principio de este tema sobre la selección natural, podemos observar cómo es que se da una relación entre el mundo natural y el artificial:

---

<sup>28</sup>LANZA, R. (2007). Una nueva teoría del universo. Elementos: ciencia y cultura. Julio-Septiembre vol. 14. Núm. 067, Puebla. Pag. 4

<sup>29</sup> DERRY, T. K. (1998), Historia de la tecnología, México. México Siglo XXI

<sup>30</sup> BROCANO, F. (2000) Mundos artificiales: filosofía del cambio tecnológico. México. Editorial Paidós PP. 125-126

<sup>31</sup> HESKETT J. (2005) el diseño en la vida cotidiana, Gustavo Gili. Capítulo 2

- 1) El rasgo en los objetos también debe ser heredable. Un objeto que funciona seguimos elaborándolo hasta que encontramos una mejor forma de llevar a cabo esa tarea.
- 2) La variabilidad del rasgo entre los individuos de una población, se presenta con la diversidad de productos que a su vez crean combinaciones que llevan a un resultado que se compone de lo mejor existente.
- 3) Los objetos se “reproducen” en el sentido de que vuelven a ser producidos y vuelven a presentar las características más eficientes en los nuevos productos.

Para dar mayor claridad a la idea, se ha incluido el ejemplo en el que se puede apreciar cómo es que se han dado los cambios en un reproductor de música. A pesar de que la historia de este artefacto es mucho más extensa e interesante de lo que aquí se presenta, me pareció un buen ejemplo para explicar los cambios en un elemento artificial al menos en sus generalidades.

Hace muchos años, se tenía el deseo de guardar los sonidos para su posterior reproducción, pero no se sabía cómo lograrlo. Fue a partir de experimentos y una configuración determinada de elementos que se dio pie a que algunos objetos cubrieron esta necesidad parcialmente. Con el tiempo, las características que parecían funcionar, permanecieron y se fueron combinando con las de otros objetos con características útiles a este propósito.

Estas combinaciones y mejoras (basadas en las condiciones y restricciones de cada época) permitieron el surgimiento de objetos que cumplían el objetivo y ofrecían nuevas ventajas, del mismo modo que lo hace el mundo natural. El siguiente cuadro muestra el artefacto reproductor de sonido y la innovación que presentaba en su época, hasta llegar a nuestros días.

<b>REPRODUCTOR DE AUDIO</b>	
<b>Artefacto</b>	<b>Innovación</b>
Caja musical	Marcas en un material, equivalentes a sonidos que pueden ser reproducidos varias veces.
Fonoaurógrafo	Dibujar la frecuencia del sonido, aunque sin la opción de escucharlo
Fonógrafo de cartón y estaño	Dibujar el sonido en forma de surcos para reproducirlo nuevamente
Fonógrafo con cera	Grabar y borrar un sonido mediante relieves en una misma superficie.
Gramófono	Grabar de forma definitiva y duradera mediante un cambio de material, las marcas para la reproducción de audio.
Toca discos	Reproducir una grabación de forma automática
Toca cintas	Reproducir más información en menor espacio
Walkman	Reproducir sonido de forma portátil
Discman	Reproducir sonido en un aparato más ligero y portátil
Mp3	Reproducir datos equivalentes a un mayor contenido, en espacios ínfimos físicamente

Este es un ejemplo de cómo la intencionalidad creativa de un objeto a partir de una necesidad, creó nuevas necesidades que fueron resueltas con las tecnologías que se tenían a la mano.

El ejemplo anterior se basa en conseguir el mismo resultado básico: reproducir y escuchar sonidos. La diferencia es el impacto que tuvieron sobre la idea de reproducción de audio, los nuevos procesos, materiales y tecnologías de cada época y sobre todo las

necesidades que no estaban al principio. Es lo que Fernando Brocano denomina instrumentalidad de segundo orden que se da en los humanos pero no en los animales.

La evolución de la intencionalidad de los objetos y el pensamiento humano, puede ser influenciada por el entorno, que en este caso, es la interacción con el medio natural. Es verdad que en la evolución natural no se pueden controlar los cambios, pero podemos modificar hasta cierta medida las cosas que permanecerán del mundo artificial.

De ahí la importancia de trabajar con otras disciplinas opuestas, pero complementarias a la nuestra como la Biología. Si queremos manifestar un cambio positivo como especie, debemos realizar acciones intencionadas.

Sin embargo, es importante enfatizar el hecho de que en los procesos naturales los elementos no actúan aislados, sino que trabajan en conjunto de forma continua por las relaciones tan estrechas que mantienen entre sí. Por ello debemos conocer cómo es que funcionan los sistemas tanto en el entorno natural como en el artificial.

### **1.1.3. Pensamiento sistémico**

Según la Real Academia de la Lengua Española, la palabra sistema, viene principalmente del lat. *systema*, y este del gr. σύστημα *-systema-*. La etimología de esta palabra se puede traducir en algo como "conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objetivo".

Por ello cuando se habla de pensamiento sistémico, se sugiere aquel que toma en cuenta cada una de las partes que lo conforma.

El estudio de la Biología, nos ayuda a entendernos como parte de algo más grande que nosotros. Esta toma de conciencia nos ayuda a pasar del antropocentrismo a algo más cercano al biocentrismo.

Formamos parte de un sistema equilibrado, en el cual cada una de nuestras acciones tiene un impacto. Si comprendemos, por ejemplo, los ciclos de nutrientes en el planeta (por mencionar algo muy pequeño), podremos observar que el cambio producido en una parte, afecta al sistema entero. Así es como ocurre en todos los elementos del planeta. Hay información diversa de cómo funcionan los sistemas, pero en particular hay una propuesta de Fritjof Capra que me parece interesante, contenida en el libro "La trama de la vida"<sup>32</sup> quien dedica el capítulo tercero a la teoría de los sistemas.

En este texto el autor nos menciona que hay algunos criterios para considerar algo como un sistema, entre los que me parecieron interesantes tres:

El sistema deja de funcionar si sus elementos se aíslan para trabajar.

En este sentido el estudio de la Biología, es importante para entender cómo se organiza la vida. Entendernos como parte de un sistema, nos ayuda a rectificar nuestra postura en relación con el entorno, y no en un sentido romántico de renunciar a los avances tecnológicos alcanzados, sino en el sentido práctico de encontrar un equilibrio tecnológico-natural que nos beneficiará como especie.

Nuestros actos seguirán teniendo una intención, pero lejos de pensar solo en el beneficio o impacto a nuestra propia especie -visión antropocéntrica- seremos capaces de entender que lo que hacemos al entorno general, a largo plazo nos afecta a nosotros mismos.

Existen sistemas dentro de los sistemas.

---

<sup>32</sup> CAPRA, F. (1996). *La trama de la vida, una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Nueva York. Editorial Anagrama. Pp. 56-70

Cada parte que comprendamos, está compuesta a su vez de elementos más pequeños y así sucesivamente. Esto no solo pasa en el mundo natural, también ocurre en el artificial. Es por ello, que incluso los objetos forman pequeñas redes de relaciones que responden a situaciones concretas.

Generar un pensamiento sistémico con un acercamiento a la naturaleza en una disciplina propia de lo artificial, como lo es el Diseño, nos ayuda a considerar cada elemento que conforma un todo en la toma de decisiones.

En el ámbito del Diseño, es importante generar los cuestionamientos necesarios a fin de lograr un enfoque en el que se considere el total de los elementos de cada ciclo en el que se involucran nuestros objetos. Es lo que Alain Findeli<sup>1</sup> plantea como el entendimiento de la morfología del sistema, el cual, es una clase de pensamiento que le aportará a la disciplina un valor agregado, porque como el mismo Findelli señala, "no se puede lograr un diseño responsable sin un diseñador responsable".

Acercarnos al estudio de las estructuras biológicas mediante la Biomimética, nos ayuda a entender cómo funcionan los sistemas naturales, y cómo combinarlos con los sistemas artificiales de los objetos. Así, esta estructura de conexiones en la que vivimos - donde se combina lo natural y lo artificial- nos llevará a generar productos y servicios acordes a las necesidades de todo el conjunto viviente del que formamos parte.

La tercera parte habla de que la complejidad es diferente en cada uno de los niveles.

A este respecto podemos determinar que aun si estudiamos algo de la naturaleza, no implica que podremos saber todo de ella o que alcanzaremos a comprenderla en su totalidad.

El estudio de los seres vivos (y en algunos casos de su entorno) en una disciplina que materializa la intencionalidad creativa de los seres humanos (como lo es el Diseño), es lo que nos ayuda a observar, entender y evidenciar las conexiones entre los elementos. Tenemos como opción que nuestra capacidad de mejora continua nos sirva como una herramienta para no ponernos en riesgo como especie. Muchos autores nos han planteado ya estas ideas. Alvin Toffler<sup>33</sup> señala que "cuando llegamos a conocer, gradualmente, la forma en que la naturaleza hace las cosas y podemos imitarla, tendremos que proceder de un modo totalmente nuevo".

Esta tesis propone que a través del estudio de los insectos, entendamos una pequeña parte de la naturaleza ya que el camino por recorrer para el Diseño en este sentido es muy extenso. Encuentro que estudiar una parte de los seres vivos puede ayudar a logra un acercamiento al resto de ellos (como veremos más adelante en el capítulo 1.1.5 al hablar de lo extenso del estudio de los seres vivos).

Uno de los objetivos de esta tesis es que como diseñadores podemos entender a los insectos como parte del sistema de los seres vivos. A los insectos como un sub sistema de los artrópodos, o a los insectos como un sistema con sus elementos, clasificación y características particulares. Sistemas en los que creo que podemos encontrar información y características específicas.

La forma de lograr aprovechar estas conexiones en el sistema llamado mundo, es trabajar ayudados por los estudiosos de la naturaleza, uniendo fuerzas en un bien común. Cada parte mantiene el rumbo de su profesión, pero se abre a las posibilidades de complementar las ideas, trabajos y perspectivas con otros.

Capra menciona que "la ciencia no facilita una comprensión completa y definitiva" solo nos aproximará a un panorama basado en nuestra experiencia y formación. Así, al tener presentes los sistemas naturales en el diseño de nuestra artificialidad, se facilitará el discernimiento sobre si es o no factible un equilibrio entre estas dos partes.

La importancia de trabajar junto con otras disciplinas nos ayudará a fortalecernos como disciplina, a concebirnos desde otra postura y así llegar a un entendimiento de nuestro contexto que considere otros saberes, otras posturas y por tanto otras partes del

---

<sup>33</sup> TOFFLER, ALVIN. (1973). El shock del futuro. PLAZA & JANES, S.A. Pág. 207

sistema. Este tipo de información es el que la estancia de investigación y la interacción con los expertos del área biológica nos ha ayudado a comprobar (como lo veremos en el capítulo 1.1.5 Importancia de generar un lenguaje común).

Entre los múltiples elementos a considerar en este sistema del que el Diseño forma parte, está el impacto en el ambiente, ¿será posible que la combinación de elementos natural-artificial nos ayude a acercarnos a la sostenibilidad? ¿De alguna forma podemos influir en las condiciones del ambiente?

#### **1.1.4. La Biomimética como un proceso generador de diseño sostenible**

Cuando utilizamos el término "sostenible" (del inglés "sustainable") se hace referencia a la capacidad para mantenerse por sí mismo. La pertinencia del término al hablar de Biomimética es válida ya que cuando hablamos de imitar a la naturaleza, no nos limitamos a pensar solamente en la cuestión formal – ya que eso sería biomorfismo-, la imitación natural implica procesos, estructuras, formas de trabajo.

La naturaleza tiene algunos principios básicos que son los que se presentan de manera general en los seres vivos<sup>34</sup>. Una de estas nociones nos habla sobre las múltiples funciones de las estructuras de los seres vivos, que son:

1. ahorro de energía
2. aprovechamiento del espacio
3. aprovechamiento de la materia que conforma al ser vivo

Estos conceptos son adecuados a la idea de sostenibilidad porque se basan en el aprovechamiento de recursos. Esto a su vez está estrechamente relacionado con el término de ética ambiental.

De acuerdo a Guadalupe Ibarra R. la ética ambiental es la que "puede contribuir a construir e impulsar una estrategia de desarrollo sustentable pertinente y factible que tienda a mejorar las condiciones de vida y el equilibrio entre el desarrollo y la naturaleza"<sup>35</sup>. La cuestión con la ética ambiental es sumamente polémica porque en muchas definiciones se parte de que la naturaleza no cuenta con un valor intrínseco al referirse a ella como una fuente de recursos para el hombre<sup>36</sup>.

Si vemos la sostenibilidad con una postura antropocéntrica, los humanos implicamos un impacto en el entorno, porque el medio es visto como suministrador de recursos para las personas. Si tomamos una postura biocentrista podríamos llegar al extremo opuesto de no estar seguros de hasta donde es posible o no tomar bienes del entorno ya que no sabríamos quien tiene más derechos y esto nos llevaría a cuestionar a los otros seres de la naturaleza. ¿Quién tiene derecho de tomar algo del entorno? ¿Existe un punto medio entre ambas posturas?

¿Cuál sería el término que nos ayude a determinar un equilibrio, y que a su vez tenga bases aplicables a estos conceptos? Al investigar palabras que tuvieran un significado que realmente reflejara esta idea, pasé por gran número de sinónimos: armonía, equilibrio, incluso la misma homeostasis<sup>37</sup> de la Biología y todos ellos hablan de un orden pero no hace alusión alguna al desorden que es a mi parecer la base de todo esto.

---

<sup>34</sup> EGIDO, J. (2012). Biodiseño, Biología y diseño. México. Designio. P. 22-36

<sup>35</sup> IBARRA ROSALES, G. (enero- marzo, 2009). En ética del medio ambiente, Revista Elementos No 73, vol. 16. Edit. Instituto de fisiología de la Universidad Autónoma de Puebla Pag.11-17

<sup>36</sup> *Ibid.* P. 13

<sup>37</sup> Homeostasis se define como el conjunto de fenómenos de autorregulación que intentan mantener equilibradas las propiedades de los organismos.

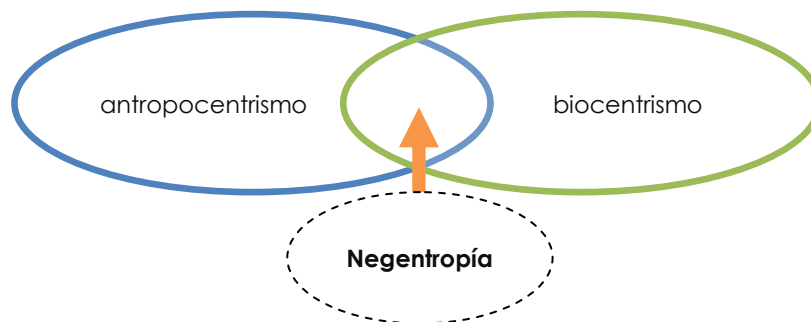


Figura 5. Negentropía como búsqueda de equilibrio de la dinámica social. Elaboración propia.

La entropía (según la Real Academia Española) para la Física es la “medida de desorden de un sistema”. Por ello es que el término que define el punto intermedio entre el desarrollo biocéntrico y antropocéntrico podría ser el negentrópico, aunque sacando la palabra de su contexto original.

La negentropía (abreviatura de “entropía negativa” término acuñado por el físico teórico Erwin Schrödinger 1943), se refiere a poner orden en el caos<sup>38</sup>. La pertinencia de esta definición es al situarla en términos de la dinámica de existencia para que sea coherente con este fin.

Cuando observamos y estudiamos a detalle la naturaleza, podremos intentar un trabajo parcialmente sostenible partiendo de que todo implica un impacto ó dicho de otro modo, un trabajo negentrópico, en el que busquemos dar estructura a una dinámica social que no tiene orden lógico para mantener la especie.

A la observación y estudios de Biología, podemos darle otra aplicación, mediante el uso de la Biomimética para aplicarla a una posible reducción de consumo de energías, eliminación o aprovechamiento de residuos, diseño que reduzca el impacto en el ambiente y un extenso aporte formal.

Si regresamos a lo que mencionamos con anterioridad de los principios de la naturaleza, los tres puntos corresponden a un acercamiento al término sostenible. Su utilidad para nosotros, en Diseño, es fundamental como una guía, porque, son principios naturales factibles a ser aplicados en lo que los seres humanos diseñamos.

Al instaurar formas de trabajo entre disciplinas disímiles como Biología y Diseño, podemos generar una disciplina fortalecida que se encarga de gestar soluciones con diversas perspectivas hacia otras áreas del conocimiento.

La visión de la Biomimética puede ayudarnos a comprender y considerar la riqueza de la naturaleza y percibirla como un método de innovación que nos brinda la pauta necesaria para forjar soluciones que se acerquen al término sostenible, ayudándonos de patrones y estrategias naturales adaptadas a la artificialidad del Diseño.

La idea de buscar un equilibrio entre lo natural y lo artificial, tiene muchos puntos débiles en el sentido de definición como ya hemos visto. En el texto de Víctor Corral-Verdugo y Jose de Queiroz Pinheiro se nos plantean varios de los problemas que parten de la “conducta sustentable” empezando porque: “no queda claro exactamente que es conducta sustentable<sup>39</sup>...”

¿Es posible que el hombre forje algo imitando a la naturaleza con “propiedad”? La definición de *propiedad* nos habla de la semejanza o imitación perfecta y en este sentido estricto, es imposible generar una imitación perfecta de lo natural.

Sin embargo, lograr analogías que se acerquen a lo natural es posible. Entonces entre mejor conozcamos aquello que queremos reproducir, mejor será la imitación que

<sup>38</sup>DE GREGORI, T. (Jun., 1986). Technology the Negative Entropy Continuity or Catastrophe, Journal of Economic Issues, Vol. 20, No. 2, pag. 467

<sup>39</sup> CORRAL-VERDUGO V. DE QUEIROZ PINHEIRO J. (2004). Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable, *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, Editorial Resma. Pag . 2

obtenemos. El entendimiento y conciencia del entorno y de cómo modificarlo, es una facultad humana que favorece la imitación casi perfecta de lo natural en todo sentido, no solo en el formal.

Si seguimos con la idea que se propuso anteriormente de la evolución (y considerando la dificultad del término sostenible) podremos observar que partimos de un caos de elementos y de ese caos llegamos a una transformación nueva que utilice los elementos que se tienen. Yo lo llamo evolución, para otros investigadores se trata de resiliencia: la capacidad de reponerse de una perturbación.

Sin embargo sostenibilidad, la negentropía de la que se habló o el uso de la biomimética, no implican un resultado positivo forzosamente, aunque podrían tener impacto positivo si la imitación se hace de forma rigurosa en la medida de lo posible. Si partimos de que somos al momento alrededor de 7 mil millones<sup>40</sup> de habitantes en el planeta y de ellos, sólo una pequeña parte de diferentes estratos de la sociedad (arquitectos, diseñadores, biólogos, químicos, etc.) se ha dado a la tarea de buscar formas de vida sostenibles, nos deja a la Biomimética como una posibilidad adicional a las existentes.

El acercamiento al mundo natural ayuda a cambiar nuestra percepción respecto al "deber ser". Podemos por ejemplo aprender a ver el mundo de forma distinta si redefinimos lo que es agradable a la vista, el concepto de "estético".

Si entendemos por ejemplo que en la naturaleza no hay cosas idénticas encontraremos que el artículo de Leonora Oppenheim publicado en la pagina del Biomimicry Institute y cuyo segmento apareció en la revista House & Garden del 2009, menciona de manera superflua la forma en que un cambio de mentalidad en una empresa de pisos (InterfaceFLOR) basó su inspiración en la observación de la disposición aleatoria de los elementos de la superficie del bosque (las hojas no caen siempre en el mismo sitio, ni la corteza del árbol crece exactamente igual), y empezaron a producir pisos con patrones de dirección aleatorios para reducir el desperdicio y utilizaron este argumento del porqué la diversidad.

Este sencillo cambio se reflejó en una reducción de desperdicio y por tanto en los costos. Es decir, se tuvo la posibilidad de utilizar una cantidad mayor del producto con solo cambiar la premisa de la necesidad.

Este me parece un gran ejemplo de diseño sostenible basado en la biomimética. El cambio de idea pasó de la perfección artificial a la irregularidad natural, se tradujo en una reducción de desperdicio, porque el material era utilizado por su eficiencia y no por su aspecto uniforme. Estos sencillos cambios son resultado de la imitación.

Existen investigadores que estudian la forma de las alas de los insectos como: Dragonfly flight de Z. Jane Wang, con la finalidad de desarrollar mecanismos más eficientes de vuelo, en cuya definición de eficiencia está la reducción de resistencia y por ende de consumo energético. Este es otro ejemplo de un acercamiento a la sostenibilidad.

Si en el Diseño Industrial utilizamos la inspiración Biomimética como parte de nuestro pensamiento creativo, podemos marcar nuevos alcances en relación con lo que producimos. No solo cumplir con una función y adecuación a las necesidades humanas, sino al pensar en ciclo de vida de los productos, el máximo aprovechamiento de recursos del planeta, múltiples funciones para disminuir objetos y buscar la manera de integrar los desechos al entorno natural. Esto nos lleva a mejores planeaciones y adecuación de materiales.

La observación nos puede ayudar a encontrar criterios básicos de diseño en la elección de materiales. Puede ser una regla de diseño que la elección de la resistencia de un material sea proporcional a la duración de su vida útil.

Si nos basamos en que sabemos que los plásticos son un material útil por su bajo costo y fácil manejo, tienen buena durabilidad y permiten su aplicación a una extensa diversidad de productos, nos daremos cuenta que hasta el momento no hemos producido algo totalmente natural para reemplazarlos.

---

<sup>40</sup> Existen actualmente varias fuentes que varían con respecto al dato, por lo que es un valor aproximado.

En casos como éste la imitación de la naturaleza viene de la planeación del objeto en relación con su vida útil.

<b>Relación de uso según la duración de los materiales</b>	
<b>Vida útil larga</b>	Material resistente
<b>Vida útil corta</b>	Material degradable

Nuestro deber como diseñadores está también en el elegir materiales adecuados a su función. La naturaleza genera en la medida exacta a sus necesidades, respondiendo así al diseño óptimo (recordemos que éste es otro de los principios básicos en la naturaleza). Esto nos ayuda a determinar que no es viable fabricar productos de uso temporal con materiales de larga duración.

Wendell Berry<sup>41</sup> señala que: "vivir a expensas de la fuente de vida es evidentemente suicida", porque al hacerlo rompemos el sistema en el que estamos inmersos. Los ciclos en los que los objetos no desaparecen, permanecen luego de haber terminado su vida útil. Esto es un claro ejemplo de ir contra de las leyes naturales y cómo es que los resultados nos afectan de manera directa.

Ya sea mediante la sostenibilidad, negentropía, psicología ambiental o ética ambiental, la finalidad una conducta ecológica responsable, que incluye todas las actividades de los seres humanos cuya intencionalidad es la protección de los recursos naturales o al menos la reducción del deterioro ambiental<sup>42</sup>.

Esta es una manera de poner orden el aparente caos. Si consideramos a la Biomimética como una filosofía, entenderemos -como ya se comentó- que la imitación de la naturaleza implica una visión holística que incluye los procesos que emplean gran parte de las especies para resolver sus problemas.

Es claro que por sí misma la Biomimética no genera sostenibilidad, se requiere de un diseñador responsable que encuentre en su entorno natural no solo una inspiración formal y funcional, sino de desarrollo de soluciones íntegras que sean coherentes con la fuente de su inspiración.

Para lograr mejores resultados, el trabajo del Diseño con otras áreas es primordial y para lograrlo, es necesario entendernos con ellas. Por eso resulta interesante tener un lenguaje común o buscar la forma de interactuar con otras áreas como veremos a continuación.

### **1.1.5. Importancia de generar un lenguaje común o código**

#### ***El Diseño y su interacción***

Hablemos un poco de la tarea del diseñador para entender la relevancia de comunicarnos con otras áreas.

El Diseño es una actividad que puede ser entendida como una herramienta que nos ayuda a fomentar una interacción con otras disciplinas para lograr objetivos comunes; para Brocano, el diseño es un plan de acción cuyo resultado es un artefacto o

---

<sup>41</sup> Novelista, ensayista, poeta y crítico estadounidense a favor de la reforma agraria estadounidense y cuyos temas giran en torno a generar soluciones en el lugar de origen.

<sup>42</sup> Grob, A. (1990). Meinungen im Umweltbereich und umweltgerechtes Verhalten citado por Corral-Verdugo V. de Queiroz Pinheiro J. (2004). Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable, *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, Editorial Resma pag.1-26.



sistema artificial<sup>43</sup>. Para lograr este resultado en el ejercicio profesional, el diseñador se vuelve (en muchas ocasiones) un intermediario en el intercambio de ideas entre la parte productora y los usuarios.

Se trata entonces, de una disciplina que nos brinda una fortaleza única, ya que nos ayuda a interactuar con los demás para conocer sus necesidades y traducir los conceptos en ideas tangibles, en artefactos intencionales. Tenemos la habilidad de buscar mejoras y resolver problemas.

El campo de acción del Diseño es sumamente amplio, lo que nos lleva a trabajar en conjunto con otras áreas para generar ideas que se complementen, mediante una conjunción de conocimientos. Cuando interactuamos con disciplinas como la Biología, sabemos que el diseño biológicamente inspirado es inherentemente interdisciplinario<sup>44</sup>.

Si nuestro grupo de trabajo está formado con una parte de Biología y otra de Diseño, las posibilidades e ideas entre disciplinas serán mayores y más abundantes en contenido. Ambas siguen dependiendo de la eficaz interacción entre partes.

El intercambio de información entre diferentes disciplinas recibe el nombre de multidisciplinaria y en ella cada parte tiene sus propias metas. Hablar de interdisciplina implica que los conocimientos compartidos de diversas disciplinas se conjuntan para generar conocimiento nuevo con un objetivo en común.

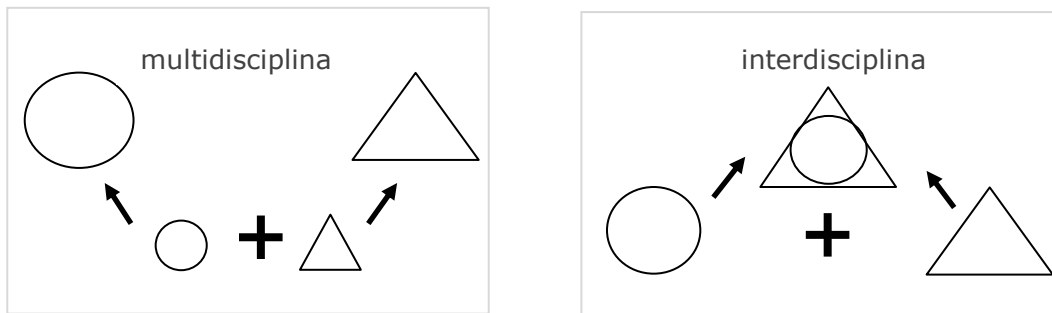


Figura 6. Diferencia en la forma de aprendizaje entre multidisciplinaria e interdisciplinaria. Elaboración propia.

La Biomimética es interdisciplinaria porque para que funcione, es necesario consolidar los conocimientos de Diseño y de Biología a fin de obtener resultados con y para ambas partes.

Para alcanzar un entendimiento es necesario entender las posturas de trabajo de cada una de las partes.

El diseñador busca aprovechar los conocimientos de otras áreas y traducirlos dando lugar a nuevas ideas, objetos y soluciones. En el caso de la Biología, se obtienen nuevas áreas de trabajo, nuevos enfoques para las investigaciones que van más allá del entendimiento del mundo.

Cuando este intercambio de saberes se consigue, es probable que se conjunten las habilidades de ambas partes en un nuevo entender que -para este caso- sería la Biomimética.

Si se desea conocer más sobre el tema, se recomienda consultar la tesis "Interdisciplina y Diseño, una postura desde la teoría de los sistemas complejos" de Omar David Martínez Melo (2013), donde se aborda el tema de la interdisciplina con más detalle desde el punto de vista del Diseño.

<sup>43</sup>BROCANO, F. (2000) Mundos artificiales: filosofía del cambio tecnológico. México. Editorial Paidós . P.117

<sup>44</sup> HELMS M. et al. (2009). Biologically inspired design: process and products, Design Studies, Vól. 30 Elsevier

## **Importancia del código de comunicación**

Generar un lenguaje en común o código de comunicación, no se hace con la intención de transformar al diseñador en biólogo, entomólogo (o en el especialista del área a estudiar). Se hace porque se requiere conocer definiciones básicas que favorecerán las argumentaciones con la otra parte. El objetivo del código o "lenguaje" indirectamente es generar un "hacer" racional.

Para el fortalecimiento de esta teoría, se llevó a cabo una estancia de investigación en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo en la ciudad de Guaymas, Sonora, cuya finalidad era tener una interacción constante y directa con biólogos a fin de conocer y experimentar su trabajo y buscar parámetros para lograr un entendimiento.

En el capítulo final de esta tesis, se han añadido una recopilación de los elementos que resultaron más enriquecedores de dicha experiencia, desde el trabajo con un área disímil, como es el proceso de integración y hasta la misma forma de trabajo del biólogo, que es desconocida para el diseñador. Al mismo tiempo estos elementos son los que ayudan a complementar las ideas que se postulan a continuación.

Enfoquémonos primeramente en el acto comunicativo que se da al trabajar conjuntamente en cualquier actividad. En términos generales para que exista comunicación, es necesario:

- un emisor que genere un mensaje
- un receptor que sea el destinado a recibir ese mensaje
- un canal para que se de esa comunicación.

Pero el elemento más relevante a mi parecer entre ambas partes es el código. Cuando hablamos de código, hablamos de las reglas propias de cada sistema de signos y símbolos que el emisor utilizará para transmitir su mensaje mediante el canal, de esos significados que son pertinentes. Por ello es sumamente necesario que ambas partes hablen en términos del mismo código de comunicación. De no ser así, el proceso se torna prácticamente imposible.

Aprender los conceptos comunes y la forma de trabajo de la otra parte, por tanto, facilita el entendimiento. La gráfica siguiente nos describe este proceso y nos indica dónde interviene el código.



Figura 7. Elementos del proceso de comunicación.  
Elaboración propia.

La gran responsabilidad para el Diseñador, en el trabajo biomimético, está en servir de nexo entre la parte biológica y la parte tecnológica. Su función es entender las necesidades que va a resolver, traducir la información biológica y generar aplicaciones prácticas de los elementos obtenidos.

El experto del área biológica tiene el conocimiento que el diseñador requiere. Un conocimiento que ha adquirido a lo largo de su formación; él representa una fuente de información valiosa porque mediante su propia asimilación de las cosas tiene una idea de cuáles son los detalles más sobresalientes, al menos para su propio ejercicio profesional.

## ¿Cómo se da el proceso de interacción?

Este es un proceso que describo en base en la experiencia adquirida en el interactuar con varios biólogos. Primero que nada tomemos en cuenta que existen elementos que son básicos y la manera de descubrirlos es mediante una interacción y práctica con el área disímil. No puede solo suponerse lo que es importante en cada disciplina, porque la importancia de los conocimientos imprescindibles es relativa a cada área de trabajo. Es decir, que lo que es relevante en mi disciplina puede no serlo para otra y viceversa. Empezaremos con las palabras.

Las palabras en el hablar cotidiano fluyen con naturalidad, hablamos de lo que conocemos y en muchas ocasiones damos por hecho que la otra persona sabe de lo que hablamos. En la interdisciplina son más evidentes las palabras desconocidas, porque usamos palabras relativas a nuestra formación. Muchas veces no notamos que estamos hablando prácticamente en otro idioma, sin saber que nuestro interlocutor no entiende todo lo que decimos. Sin embargo, al igual que cuando se habla otro idioma, el contexto muchas veces ayuda a entender las ideas.



Algunas palabras al azar que surgieron en el ejercicio práctico

Surgen además choques en el uso de algunas palabras específicas, por ejemplo “melón” para mí refiere a un jugoso fruto, pero en el hablar con un biólogo que estudia mamíferos marinos, el melón es la parte grasa en la frente de muchos odontocetos (como los delfines) que utilizan para ecolocalización.

De acuerdo a mi experiencia, la mejor manera de enfatizar estas diferencias es en el hablar cotidiano. Hacer ajustes no me parece útil, porque es probable que las diferencias salgan a la larga. Considero que lo mejor desde el principio es partir del hecho de que somos diferentes y trabajar con ello de forma natural. Así las dos partes serán conscientes de sus diferencias y mantendrán una curiosidad por saber de la otra parte (curiosidad propia de la ciencia). De esta forma surgen de manera natural los elementos necesarios a conocer y sobre todo se evidencian las cosas que son obvias para cada disciplina de acuerdo a su formación.

Para esta interdisciplina la pregunta básica es: ¿dónde ocurre este equilibrio entre conocimientos?

En primera instancia, todo surge por un interés en otra disciplina sobre la cual se debe aprender. En este caso existe un interés del diseñador en la Biología y es necesario estudiar dicha disciplina, no es necesario aprender cada detalle de ésta, pero sí entender los elementos básicos. Lo básico se define en función de aquella información recurrente que permite que la comunicación sea clara.

Para ello podemos acudir a un libro introductorio o acudir con un experto. En este caso fue el entomólogo (aunque aplicará el mismo proceso para un botánico, biólogo o cualquiera que sea el especialista). En el hablar surgirán los elementos que son básicos en su trabajo. Se requiere la disposición de las partes para facilitar el proceso. Conocer los conceptos básicos de cada disciplina y entender el *qué* y el *porqué* de las acciones realizadas por la parte contraria tiene la finalidad de favorecer la interacción entre ambos.

En general podemos afirmar, con base en la experiencia, que para que exista comunicación con las áreas biológicas, debemos entender el tópico que manejan. Uno de estos puntos es la disposición de la terminología.

### **¿Cómo se trabaja en las áreas biológicas?**

En Entomología<sup>45</sup> –como en otras áreas de la Biología- hay algunas reglas básicas que en el Diseño no conocemos. Por ejemplo, los animales tienen dos nombres: el científico (el nombre que se usa para su clasificación formal) y el común (el nombre con el que se conoce vulgarmente al animal). El nombre científico se compone normalmente con género y nombre específico de la especie. Éstos se escriben en itálicas, lo que para un diseñador podría ser irrelevante.

La importancia de las reglas está en la búsqueda de información, ya que esto nos ayuda a entender lo que hablamos, especialmente cuando la información está en otro idioma, podremos saber con seguridad que ese es el nombre con el que se conocerá en todas partes. Por ejemplo *Forficula auricularia* (nombre científico) es el insecto que conocemos como tijerilla o tijereta.

Estos sencillos detalles, favorecen la comunicación entre ambas partes, haciendo una estructura homogénea que permita llevar a generar un dialogo asequible en el que la prioridad ya no sea el acto comunicativo en sí, sino la generación de nuevos conocimientos. Es decir que el tiempo no se invierte en hablar de los mismos términos sino en entender de igual modo a un organismo o una idea.

En Biología se trabaja con base en las clasificaciones que hace la Taxonomía<sup>46</sup> que son jerárquicas, es decir, el más grande de los taxones<sup>47</sup> se subdividen en otros sucesivamente más pequeño. Por lo tanto, cada taxón tiene un determinado nivel (rango) dentro del sistema. A los grupos del mismo valor se dice que pertenecen a la misma categoría taxonómica. Algunas de estas categorías son obligatorias en la comunicación básica (clase, orden familia), mientras que otras son opcionales (como infraorden o infrafilo) por el grado de detalle. Esto nos ayuda para poder encontrar la información que necesitamos y también para entender el parentesco entre entidades biológicas.

Es importante saber que el conocimiento de áreas que estudian a los seres vivos se divide en reinos y éstos comprenden un conocimiento muy extenso.

Existen muchas clasificaciones de los seres vivos, esto obedece actualmente a los avances tecnológicos que han dado paso, por ejemplo a la Biología molecular. Sin embargo la clasificación que me parece pertinente es la de Woese<sup>48</sup> de 1990 que cuenta con 3 dominios (fig. 8) que van un nivel más arriba de los reinos.

Esto es importante para ayudarnos a entender lo extenso que es el universo biológico y sus posibilidades; esto incluso nos ayuda a observar nuestros propios límites al estudiar dichas áreas y las particularidades que pueden surgir en cada una de ellas.

Sin embargo, las divisiones que se dan en la Biología tienen similitudes por ser áreas afines. Es por ello que el trabajo con un biólogo también resulta de gran utilidad, porque nos sirve de primer acercamiento a temas más complejos o específicos. De esta clasificación existente, esta tesis se enfoca en una parte del reino animal que son los invertebrados. Esta a su vez se divide en otras partes, entre ella los artrópodos donde encontramos a los insectos, como se presenta a continuación la figura 9.

---

<sup>45</sup> Entomología: del griego entomon (insecto) y logos (estudio o tratado)

<sup>46</sup> La Taxonomía Biológica es una subdisciplina de la Biología Sistemática, que estudia las relaciones de parentesco entre los organismos y su historia evolutiva

<sup>47</sup> Taxones se trata de un grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín y una descripción.

<sup>48</sup> WOESE C; KANDLER O. Y WHEELIS M. (1990) Towards a Natural System of Organisms: *Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eucarya*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 87, No. 12. Pp. 4576-4579

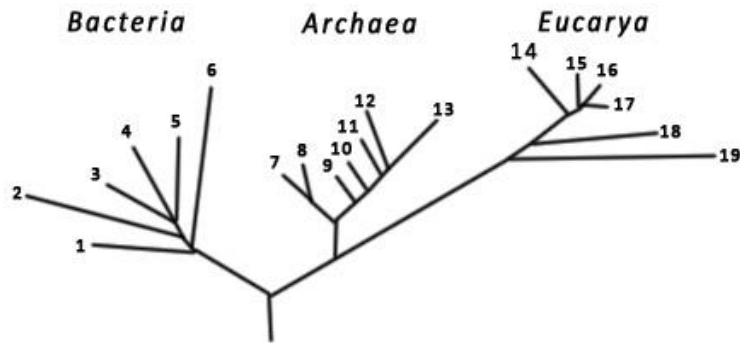


Figura 8: Dominios en Biología. BACTERIA: 1) thermotogales; 2) flavobacterias y familiares; 3) cianobacterias; 4) bacteria púrpura 5) Las bacterias Gram positivas; 6) Bacterias verdes no sulfúricas. ARCHAEA: 7) del género Pyrodictium; 8) género Thermoproteus y Euryarchaeota; 9) Thermococcales; 10) methanococoides; 11) Methanobacteriales; 12) Methanomicrobiales; 13) halófilos Estremé. EUCARYA: 14) animales; 15) Ciliados; 16) las plantas verdes; 17) fungi; 18) flagelados; 19) microsporidios. Modificada de WOESE, 1990.

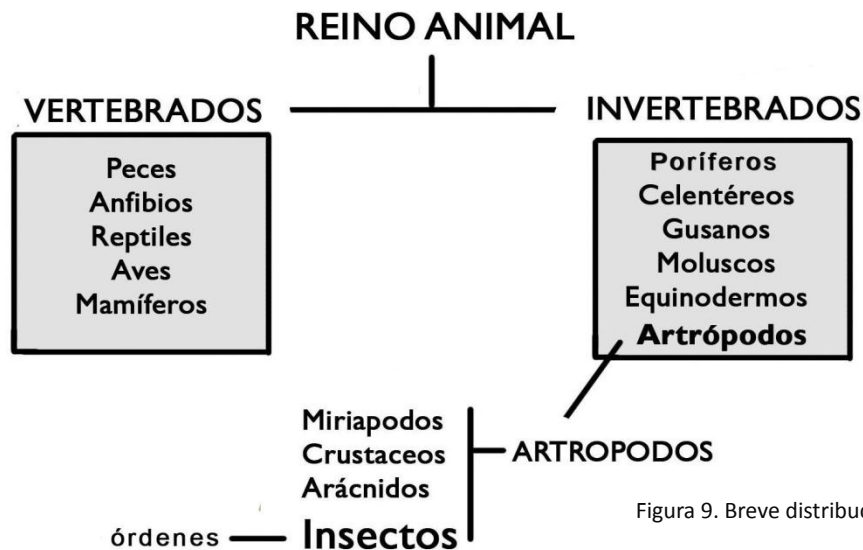


Figura 9. Breve distribución del reino animal. Elaboración propia.

Hablar sólo de Entomología, requiere una serie de detalles a conocer muy importantes, que facilitarían la comunicación básica. Algunos de ellos se comparten con las disciplinas relacionadas, es decir de áreas afines y otros son específicos de ésta.

Se puede iniciar con la sistematización de los insectos que comenzó con la obra de Aristóteles que incluía una subdivisión de los invertebrados llamado Entoma. El incluía animales adicionales a los insectos como artrópodos, equinodermos y anélidos, aunque no a los crustáceos<sup>49</sup>. Además notó características como las diferencias en alas y piezas bucales que hoy en día usa la taxonomía para clasificar insectos. Aprender sobre cómo se clasifican los insectos nos ayuda a entender las características que se han utilizado a lo largo de la historia para ello, que partes los hacen diferentes entre ellos y cuales los hacen ver parecidos.

El sistema de Aristóteles era un sistema de clasificación natural basado en la lógica de la similitud de la morfología<sup>50</sup>. Prácticamente tuvieron que transcurrir 2000 años más

<sup>49</sup> GILLOTT C. (2005). Entomology. University of Saskatchewan. Edit. Springer

<sup>50</sup> HICKMAN F. (1978). Biology of animals. Cleveland Pendleton. Pp 94-95

para hacer nuevas consideraciones de clasificación. Que como ya se mencionó con anterioridad, ha obedecido a los avances de la tecnología.

Otra característica en el conocimiento de los insectos la información existente es extensa debido a que hay un gran número de ellos, en 1991 Kevin J. Gaston hacia estimaciones cercanas a los cinco millones<sup>51</sup>, en 2009 Footitt y Adler basados en Grimaldi hacen estimaciones de 1,004,898 especies<sup>52</sup>.

Con lo antes mencionado, esbozamos una idea de la riqueza en los tópicos que se pueden manejar en la comunicación Diseñador-Entomólogo, lo que a su vez lleva implícitas las dificultades que esto comprende.

Ambas disciplinas advierten problemas en sí mismas. En el caso del Diseño, el problema empieza en la misma definición de Diseño y en la Entomología el problema está en la diversidad de insectos y su compleja clasificación.



Figura 10. Punto de unión entre Diseño y Entomología. Elaboración propia.

Otra consideración importante es la relativa dificultad que resulta por los términos manejados en Entomología, como aquellos que ayudan a identificar cada elemento en el cuerpo de un insecto. Esta idea es la misma que en cualquier estudio de anatomía-morfología, sólo que manejando una terminología específica según lo que se esté estudiando.

Al traducir los datos entomológicos en información accesible a un "no especialista" (el diseñador para este caso) se lograran encontrar ideas nuevas dentro de la información conocida. Es observar una vez más lo conocido con "nuevos" ojos. La óptima comunicación con el equipo de trabajo es básica ya que como Press cita: "la naturaleza del Diseño requiere un intercambio de información entre los cometidos de gestión y diseño"<sup>53</sup>. Esto es lo que generará un trabajo eficaz con propuestas atractivas y que satisfagan las necesidades de la sociedad.

Si se consigue generar una buena relación entre disciplinas o a lo que yo llamo: código, el tramar objetivos comunes será mucho más fácil. El mismo entomólogo puede ser capaz de descubrir en el Diseño un nuevo camino de investigación y finalmente proponer las opciones pertinentes para estudiar y desarrollar por ambas partes como un sistema complementario generando así la transdisciplina, es decir, la disciplina que trascienda la función original generando nuevos conocimientos.

La paciencia durante este proceso de adaptación es clave para lograr una disciplina integradora de pensamientos. La finalidad es descomponer elementos, re interpretarlos y llegar a un nuevo resultado. Tal como H. Simon señala, "...los procedimientos de Diseño en el mundo real, no simplemente ensamblan las soluciones de los problemas a partir de los componentes, sino que tienen que buscar los ensamblajes apropiados..."<sup>54</sup>

La terminología en común funciona para el hablar cotidiano, favorece la comunicación y el intercambio de ideas. En cambio, en el hacer, cada una de las partes

<sup>51</sup> GASTON K. (1991) The Magnitude of Global Insect Species Richness Conservation Biology, Vol. 5, No. 3, pp. 284

<sup>52</sup>FOOTITT R.G. AND ADLER P.H. (2009). Insect biodiversity: science and society. Chichester. U.K. pag 8

<sup>53</sup> PRESS, M. – COOPER, R. (2003). *The design experience: The role of design and designers in the twenty-first century*. Cornwall. Ashgate.

<sup>54</sup> SIMON H. (1969). *The Science of the Artificial*. Cambridge, Massachusetts, Londres. The MIT Press

tiene sus fortalezas. Para generar una nueva postura, se requiere cooperar en un trabajo sistémico que llevará a ambas disciplinas a generar nuevas perspectivas de mejora y crecimiento.

En mi experiencia la frustración puede ser parte del proceso, ya que tenemos a la mano la información pero no siempre podemos descifrarla a la primera. Es un proceso que lleva tiempo y práctica en ambos sentidos: Diseño-Biología y Biología-Diseño.

El Diseño en este sentido puede ser visto como una unidad conformada por varias fracciones de información del exterior asimiladas como necesarias para ser traducidas en propuestas de soluciones a problemas -llámense objetos, sistemas, procesos, etc.- Por ello, el resultado final depende de la buena interacción y retroalimentación en el proceso de comunicación.

Este proceso, no sólo se da con la interacción del Diseño con la Entomología, sino con cualquier área de la Biología debido a su formación similar. Cada subdivisión tiene sus características propias como en toda especialización, pero están sentadas en bases que corresponden a un mismo tipo de información.

A grandes rasgos el siguiente esquema nos enseña cómo es que se ha presentado el proceso de comunicación entre las diferentes partes (Diseño y Entomología) según mi experiencia:

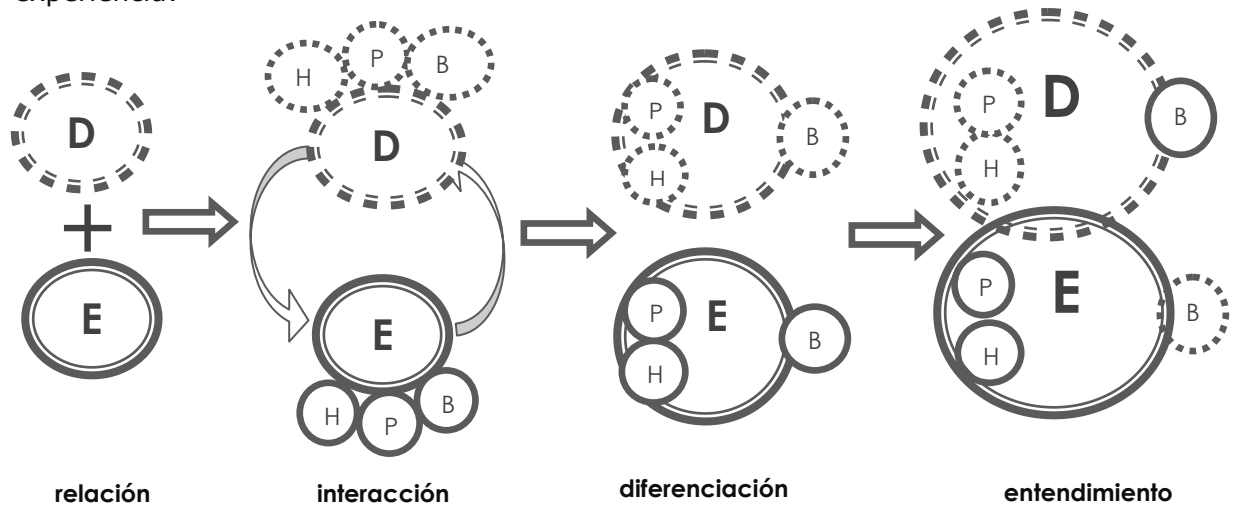


Figura 11. Proceso de comunicación entre Diseño y Entomología. Elaboración propia.

Para que surja una comunicación adecuada, las dos diferentes disciplinas tienen la disposición de trabajar juntas en una relación (D + E).

Se da una interacción mediante el diálogo en el que se hacen evidentes para cada parte sus habilidades, sus conocimientos profundos y sus conocimientos básicos:

H. Las habilidades son aquella facilidad natural que los diferencia del otro  
P. El conocimiento profundo es el que requiere de mucha experiencia, información adicional y tiempo de aprendizaje

B. Los conocimientos básicos son los detalles que facilitan el intercambio de información y que no requieren conocimientos especializados

La diferenciación se da cuando hacemos conciencia de nuestras habilidades y los conocimientos y podemos determinar con seguridad cual es el conocimiento básico que se da en nuestro trabajar cotidiano de forma natural casi imperceptible.

El proceso se completa cuando hay un entendimiento. Este llega cuando podemos explicar a la otra parte nuestros conocimientos básicos. Se diferencia y entiende el conocimiento que corresponde a la otra parte y se manejan los conceptos necesarios (o por lo menos se tiene idea de ellos) para una comunicación fluida.

Cuando este proceso se logra, el flujo de información es mayor y la cooperación se torna en un conjunto de saberes donde cada parte es consciente de sus fortalezas. Nos

resultan evidentes nuestras diferencias pero se busca cooperar mediante el intercambio de información básica para generar nuevas perspectivas de pensamiento.

Es por eso que esta tesis postula la necesidad de un nuevo pensamiento de Diseño en el que se utilice de manera práctica el trabajo y conocimiento de otras áreas. Las otras disciplinas ya entienden el "porqué", pero esa información puede ser utilizada de manera análoga en algo práctico, en un "para que" diferente. El diseñador expone esta posibilidad y genera aplicaciones a partir del conocimiento de esas otras áreas.

La mutua cooperación además, nos lleva a una revaloración del trabajo realizado por las disciplinas disímiles y de lo que nos rodea, pero para poder hablar de valoración, habrá de entenderse en el siguiente capítulo que son los valores y si el trabajo interdisciplinar de la Biomimética los incluye.

### **1.1.6. ¿Se desarrollan valores con la Biomimética?**

Para entender si se desarrollan o no valores con la Biomimética, es indispensable primero conocer lo que son los valores y quien los estudia.

La palabra Axiología viene del griego *axios* (lo que es valioso o estimable) y *logos* (ciencia) y es la parte de la filosofía que estudia los valores con el objeto de formular una teoría que permita explicar la existencia y la vigencia de todo un mundo de producción humana que tiene importancia definitiva para la vida del hombre y su desarrollo histórico - social<sup>55</sup>.

En ella se han expuesto diversas definiciones referentes al tema, pero en general podemos decir a grandes rasgos que un valor es un concepto relacionado con lo positivo de las cosas y de los humanos.

Los valores tienen tres cualidades específicas:

Son ambivalentes (tiene un polo opuesto)

Son cualitativos (depende de la riqueza de la función valorativa de cada persona)

Se pueden ordenar jerárquicamente (en una escala determinada).

Se trata de actitudes que se adquieren por voluntad, aunque se forjan con influencia de nuestro entorno social y nos ayudan como una especie de "guía".

La palabra moral y la palabra ética tienen una etimología que significa lo mismo, "costumbres". Ambas se refieren al modo en que la conducta humana se ve influenciada por el entorno para funcionar como guía en la toma de decisiones, a través de los valores. Cuando hablamos de valores morales, se trata de los principios que nos permiten orientar nuestro comportamiento en función de que nos realicemos como personas y nos ayudan a seleccionar y apreciar unas cosas en lugar de otras.

Si partimos de que el principio de la moral es la razón, entonces podemos decir que se trata de una valoración racional de nuestra conducta o proceder ante una situación. Victor Margolin nos habla de cómo "el Diseño va a cambiar a través de una toma de conciencia individual de sus practicantes"<sup>56</sup>, y esto representa para nosotros un nuevo camino evolutivo que puede resultar en el éxito de nuestra especie.

La gran aportación que tiene la Biomimética, no sólo está en la fuente de inspiración para la generación de ideas novedosas. Considero que puede generar un impacto positivo en el pensamiento de muchos diseñadores, debido a que es una especialidad colmada de una fuerte carga axiológica por su estrecha relación con el ambiente.

Si unimos ambas ideas, podemos darnos cuenta de que una educación con un mayor apego al conocimiento del entorno natural en disciplinas que tienen como base la artificialidad -como es el caso del Diseño- puede generar la "costumbre" de tomar en

---

<sup>55</sup> RUNES D., (1969) D. Diccionario de filosofía. Madrid, Ed. Grijalbo. Pag .46

<sup>56</sup> MARGOLIN V. (1998). Design for a sustainable world. Design Issues Vol. 14 number 2. Summer. Pag. 88



cuenta al ambiente natural como parte del proceso creativo en dos sentidos: por un lado como fuente generadora de principios y por otro considerándolo en la elaboración de diseños que sean menos dañinos al entorno natural.

Es importante generar una educación que invite a hacer conciencia de los problemas en un modo que permita generar una reflexión personal del asunto; no desde la postura generadora de culpa, sino generando conocimiento que nos lleven a proponer de forma personal y a ejecutar como una comunidad.

Los valores son individuales, por lo que cada uno los asimila de acuerdo a sus vivencias y su entorno social. En la antigüedad como ya vimos, se veneraba a la naturaleza como a un dios, en la actualidad basta con reconocer el potencial que tiene para el desarrollo de la vida y esta sencilla manera de ver las cosas nos llevará a percibirla como elemento valioso.

Pero, como ya vimos, esta reflexión debe nacer del individuo mismo, como una convicción y no de una imposición. Por eso considero que el acercamiento práctico mediante la educación puede ayudar a guiar y despertar el interés por tomar un camino particular como se presenta en el siguiente esquema:

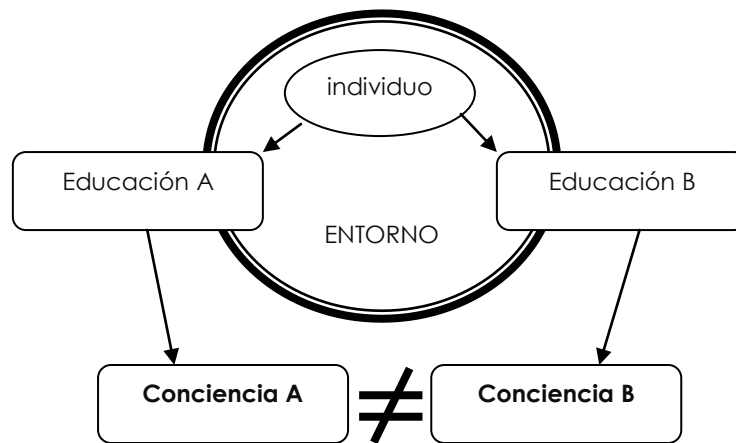


Figura 12. Influencia de los conocimientos en la generación de diferentes tipos de conciencia. Elaboración propia.

Si bien el objetivo de la Biomimética no es el desarrollo de una conciencia en el Diseño, sí considero que puede ser un camino para formar un pensamiento práctico para el diseñador y uno racional para la sociedad. De esta manera el Diseño contará con otra parte humanística, que no solo vele por satisfacer necesidades, sino que transmita la idea de una revaloración de la vida a la sociedad misma.

Esta revaloración no se da al tomar elementos que imitar. Se da al conocer los procesos que la naturaleza lleva a cabo. Por ello la investigación es sumamente necesaria, nos ayuda a entender y nos sensibiliza.

En función de este razonamiento tenemos el documental llamado Dirt! -dirigido y producido por Bill Benenson y Gene le Rosow- tiene el objetivo de resaltar mediante la opinión de expertos (especialistas en árboles y plantas, microorganismos, agrónomos, activistas, profesores, investigadores, especialistas en el medio ambiente, desarrolladores de proyectos sostenibles, escritores de literatura ecológica, etc.) las bondades de la tierra. Y en él se muestra que a través del contacto directo con la tierra las personas observan características que no tenían presentes y se genera en ellas un cambio de percepción en elementos que son muy cotidianos y reflejan un comportamiento distinto en sus acciones.

Trabajar con el entorno, comprender su estructura y entendernos como parte de él y sus procesos, puede despertar en los diseñadores un elemento a considerar para desarrollar materiales, productos y servicios que contemplen ciclos naturales en la medida de lo posible. Esto puede estar estrechamente ligado con la ecología ambiental de una forma más práctica que teórica.

Existe además la teoría conocida como Biofilia que nos habla de que los seres humanos tenemos una estrecha conexión innata con el mundo natural<sup>57</sup>. Si esta teoría es cierta, entonces solo necesitamos retomar y encontrar nuevos acercamientos al entorno natural.

Quizá, parte de nuestro evolucionar como seres humanos radica el desarrollo que tenemos de lo artificial, de otro modo la evolución de nuestra tecnología se habría frenado si se hubiera limitado, al igual que ocurre con el proceso creativo de lluvia de ideas. Linus Pauling de IDEO, en el texto "the perfect brainstorm" señala que limitar peticiones, cronometrar, buscar perfección, entre otras ideas, son formas de limitar las habilidades de los generadores de una buena lluvia de ideas.

En este caso, el progreso de la tecnología pudo haber sido más lento o se habría estancado si se hubiera limitado desde el principio a ser perfecto para el ambiente natural. Cometer errores puede ser válido en este sentido, ya que incluso el método científico funciona de esta manera: se registran tanto aciertos como errores.

Lo interesante es que el proceso de crecimiento nos lleva a trascender los errores. Hoy en día tenemos un gran avance tecnológico específico y muchas posibilidades para el futuro. Crecer en este sentido significaría entonces mejorar, no retroceder.

Si a este avance añadimos una guía de conducta basada en el respeto de límites que identificamos como elementos nocivos, podemos generar un equilibrio más fácilmente. De acuerdo al texto de David Stairs de biofilia, Herbert Simon propone a la cultura como mediador entre el mundo natural y el mundo de las ideas. Me parecen aquí pertinentes las palabras de Manzini –en el mismo texto- que hablan de que la naturaleza tiene una evolución sin intención y las culturas un cambio intencionado. Nosotros tenemos la opción de elegir una evolución intencionada.

La base para este cambio intencionado puede ser generada a partir del acercamiento y entendimiento de los elementos de nuestro entorno natural. Esto nos llevará a una modificación de ideas y prioridades de los seres humanos. De acuerdo a esta explicación, considero posible desarrollar cierto nivel de valores mediante la biomimética.

Aunque aún quedarían para la disciplina cuestionamientos muy importantes como ¿Cuál es la responsabilidad del diseñador al hacer su trabajo? y ¿Por qué no contamos con una normativa moral equivalente al juramento hipocrático en la medicina? Es interesante empezar a generar códigos de valor a fin de establecer, en un futuro, esta clase de preceptos que funcionen como un "instrumento de orientación" como señala Jorge Etkin citado por de Franco *et al*<sup>58</sup>.

El objetivo primordial de estas ideas es la mera evolución de la práctica del Diseño, considerando desarrollos de tecnología que no nos afecten a nosotros mismos. Es, por así decirlo, un desarrollo tecnológico basado en el conocimiento del entorno mediante un proceso científico. Este proceso se puede dar de la mano de la Biomimética.

Pero este concepto ¿es genuino? ¿O es una mera adaptación del Diseño con un nombre diferente? Veremos esto en el siguiente capítulo.

### **1.1.7. ¿Es la Biomimética un concepto auténtico?**

Quizá pueda parecer extraño que decida incluir un capítulo sobre la autenticidad de mi tema, dado que lo que esta tesis propone es justo ese uso de la naturaleza. Pero como investigadores, estamos expuestos a esta clase de cuestionamiento y debemos ser

---

<sup>57</sup> STAIRS, D. (1997). Biophilia and Technophilia: Examining the nature/Cultural Split in design theory. Design Issues Vol. 13, No. 3. Pag. 1-9

<sup>58</sup> DE FRANCO, F., J. M., PERDOMO, Y. C., & GODOY, E., Preeminencia de la ética sobre la tecnología. Daena: international Journal of good conscience. Pag 81-90

imparciales en nuestros juicios. Este capítulo tiene como función que el lector se cuestione sobre el tema y formule sus propias conclusiones.

Victor Margolín menciona que escasamente empezamos a reconocer el daño ecológico de los productos que emiten peligrosas radiaciones o sustancias químicas<sup>59</sup>. Este reciente despertar a nuestra realidad al considerar que podemos ser fuente de desequilibrio, es lo que nos lleva a buscar soluciones en conjunto con otras áreas.

El Diseño complementa disciplinas y ayuda a generar vínculos que resultan en nuevos planteamientos, donde tenemos la oportunidad de conocer a fondo un problema y desde adentro aprendemos mecanismos nuevos para dar paso a nuevas soluciones.

El Diseño es pragmático, es decir que encuentra su fortaleza en la utilidad y para Heskett es una de las características básicas de lo humano y un determinante en la calidad de vida<sup>60</sup>. Es decir que lo utilitario nos lleva a generar calidad de vida donde a su vez Brocano<sup>61</sup> complementa la idea al hablar de que las posibilidades pragmáticas del Diseño son relativas a una cultura y a un grupo humano en una situación determinada.

Podemos entender el Diseño como una actividad humana que genera calidad de vida atendiendo una situación particular de una cultura específica conjuntando conocimientos. Es por ello que necesitamos saber específicamente bajo qué condiciones es que planeamos desarrollar nuestra artificialidad.

Por otro lado el concepto de "auténtico" no es fácil de definir, pero considero pertinente retomar algo de lo que hemos visto: es verdad que la Biomimética es una adaptación de los conocimientos que se tienen o se adquieren para hacer una imitación conforme lo que conocemos. Como ya vimos con anterioridad "La ciencia no facilita una comprensión completa y definitiva" se trata de respuestas creativas desde diferentes perspectivas hacia un tema particular.

Es decir que todo depende del bagaje que se tenga respecto a un tema, porque sabemos que somos individuos, por ello cada uno es diferente, al igual que las necesidades, vivencias y experiencias.

La definición de auténtico indica que es "lo que actúa por sí mismo" o "lo que toma la iniciativa". Basándonos en esta autenticidad es posible determinar que la Biomimética puede funcionar como una iniciativa que nos indica una pauta a seguir, y que esta pauta lleva consigo el bagaje del diseñador que la postula.

Gracias al estudio de la Biomimética es que podemos observar cómo es que algo funciona en la naturaleza, hacer una investigación profunda y generar su equivalente en el mundo tecnológico basado en un principio similar.

Esto no lo hace un producto natural como ya hemos dicho. El acercamiento a la naturaleza solo puede ser dado en función de los materiales y tecnologías que utilicemos en lo creado. El conocimiento de los impactos es lo que nos ayuda a tratar de generar un daño menor, la Biomimética en sí misma. Por ello, usar un principio natural no garantiza que funcionará, pero sí obtendremos una forma de intentar hacer las cosas basándonos en un ejemplo o método que bajo circunstancias concretas funciona adecuadamente. Es decir, la biomimética es una manera de experimentar mediante lo aprendido con los organismos del entorno, y está sujeta a muchas pruebas. También es susceptible de fallar. Y en función de que entendamos las entidades biológicas mediante la investigación, seremos capaces de obtener un acercamiento más certero y detallado al modo de trabajo de lo investigado, ya que una idea obtenida de la naturaleza puede no funcionar en una aplicación y no funcionar en otra.

La Biomimética es una especie de proceso experimental en el que establecemos hipótesis de cómo puede funcionar un elemento biológico en el campo tecnológico. Para resolver lo que planteamos, es necesario estar informado respecto a la parte tecnológica

---

<sup>59</sup> MARGOLIN V. (1997). Getting to know the user. *Publicación de la conferencia "conociendo al usuario"*. Estudios de diseño, Vol. 18, No. 3 Pp. 227-236

<sup>60</sup> HESKETT J. (2005) el diseño en la vida cotidiana, Gustavo Gili. Cap. 1

<sup>61</sup> BROCANO, F. (2000) Mundos artificiales: filosofía del cambio tecnológico. México. Editorial Paidós. P.122

y hacer una investigación sobre la parte natural, a fin de generar mayores conexiones de información y por lo tanto mayores posibilidades creativas.

Ahora, si retomamos nuevamente la parte de esta tesis que nos habla de los sistemas, nos daremos cuenta que las conexiones entre elementos son infinitas al igual que las posibilidades. Es imposible asimilar todo el conocimiento existente, pero entre mas información obtengamos de un tema particular, mas de estas conexiones habremos abarcado de una u otra manera. El resto dependerá de nuestra capacidad creativa o inventiva y de cómo partiendo de un punto de vista particular podemos hacer nuevas relaciones que puedan llegar a generar soluciones. Es decir, que la Biomimética es un camino a seguir para buscar opciones, no es infalible y en algunos casos puede verse forzado por el individuo que lo genera. Por ello considero fundamental que la forma de hacer Biomimética como una disciplina sea mediante la investigación detallada de la entidad biológica.

Un especialista en Biomimética será un individuo que ha decidido buscar soluciones en la naturaleza, es decir que mantendrá su atención en la naturaleza para que lo que aprenda o descubra en ella lo combine con las necesidades que observe de Diseño e intente encontrar una solución a partir del enlace de estos elementos.

Si la búsqueda de información en la naturaleza se hace a través del análisis de investigaciones comprobadas de la Biología (y disciplinas afines), y se le complementa con un buen método de abstracción, la información puede ser aplicable a la resolución de más de una necesidad. Es decir que si utilizamos el proceso creativo del Diseño y la capacidad que se tiene de hacer conexiones invisibles como en el arte y se añade parte del trabajo hecho con el método científico de la Biología obtenemos un proceso creativo reforzado que se traduce en una disciplina generadora de opciones.

Tenemos así un proceso creativo que permite de alguna manera buscar fundamentos, explicaciones y tener la posibilidad de un resultado más acertado desde antes de experimentar. Y sin duda un trabajo en equipo interdisciplinario que facilita la generación de información.

La Biomimética puede trabajarse entonces como parte de un proceso científico y tiene la posibilidad de funcionar y de no hacerlo. La autenticidad en el concepto y en su estudio surge de la investigación misma, la seriedad de quien maneja la información y los fundamentos en los que se basa, del mismo modo que en las demás disciplinas.

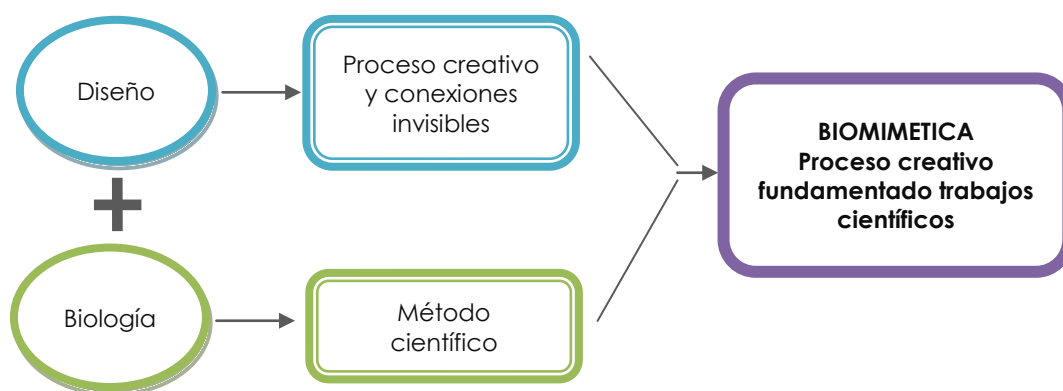


Figura 13. Interacción de saberes en el proceso de la Biomimética. Elaboración propia.

En base a todo lo planteado anteriormente basado en la investigación, yo generaría esta definición de Biomimética:

Disciplina basada en la investigación rigurosa de los organismos vivos para entender y adaptar sus patrones y estrategias en la innovación del diseño.

# 2



## **MAGNITUD DEL CAMPO DE ESTUDIO DE LA BIOMIMÉTICA**

## 2. MAGNITUD DEL CAMPO DE ESTUDIO DE LA BIOMIMÉTICA

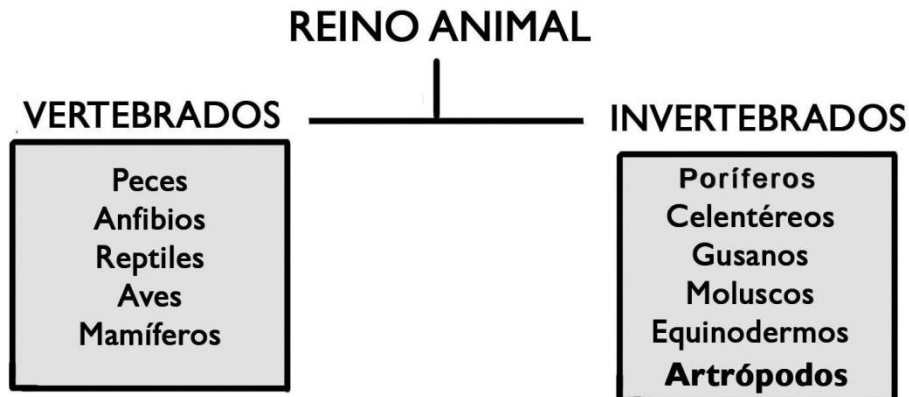
En toda disciplina que se establece con bases sólidas, la clasificación taxonómica es fundamental, creando un sub sistema de un sistema, con la finalidad de que nos facilite el conocimiento de un determinado tema. Esto, en Biomimética también es importante.

El término biomimético comprende todo el ambiente natural. Y si el estudio de la naturaleza esta segmentado ¿Por qué no pensar en estudiarla bajo una organización de elementos similar? Exxisten organizaciones de elementos artificiales, pero dado que la observación es de organismos vivos, me parece más relevante una entender la clasificación en este sentido.

Esto ayudaría a observar a profundidad las características específicas de los seres vivos, y a facilitar la búsqueda de información detallada entre especialistas para generar aplicaciones.

Dividir puede ser importante porque el Diseño abarca un rango muy extenso de aplicaciones. Una de las más amplias definiciones de Diseño, es donde Heskett señala que el Diseño es una de las características básicas de lo humano y un determinante en la calidad de vida<sup>62</sup>. Esto implica cuantiosas posibilidades porque la definición de calidad de vida es variada y también lo es la satisfacción de una necesidad.

Si al Diseño le sumamos la división del mundo natural, las posibilidades se extienden aún más. Ahora bien, si hablamos solamente de animales, la división general sería la siguiente:



Como esta tesis se enfoca en el estudio de los seres vivos, me dirigiré en este tipo de clasificación para entender la relevancia en la Biología y descubrir la importancia que esto tiene para el Diseño.

Clasificar ayuda a organizar la información y buscar relaciones en los elementos dentro de ella. Pero para los que utilizamos las investigaciones, entender esto nos sirve para conocer hasta donde es posible extendernos en la búsqueda de información, nos brinda por decirlo de alguna manera, un panorama de los elementos que tenemos para trabajar.

Esto es importante porque la disposición de la información nos brinda información implícita, es decir que el acomodo obedece a las diferentes teorías que se tienen de cómo ha surgido la vida en el mundo, las relaciones entre organismos vivos y su entorno; estos detalles que van organizándose de acuerdo a los avances de la época.

Las clasificaciones pueden brindar un panorama de la diversidad, las relaciones y la organización de la vida, que sea consecuente con las ideas de la historia evolutiva.

Existe un texto que me pareció particularmente útil al respecto, llamado "La búsqueda del método natural" de Jorge Llorente-Bousquets, que habla de cómo se

<sup>62</sup> HESKETT J. (2005) el diseño en la vida cotidiana, Gustavo Gili. Cap . 1

trabaja con las ciencias biológicas, planteado con una perspectiva muy coloquial partiendo de diferentes métodos, lo que de alguna manera resulta sumamente claro para los que no somos expertos en el tema.

Él hace énfasis en que la organización de organismos ha sido una actividad importante porque refleja la enorme riqueza de los términos biológicos. Sin embargo, como se siguen descubriendo organismos nuevos, es necesario clasificar y reagrupar en una tarea que actualmente no tiene fin.

Me parece importante enfatizar que la clasificación de elementos tampoco debe ser en exceso minuciosa. Porque como dice Llorente al hablar de naturalistas: se podría crear más caos que orden y la dificultad de comunicación sería peor<sup>63</sup>.

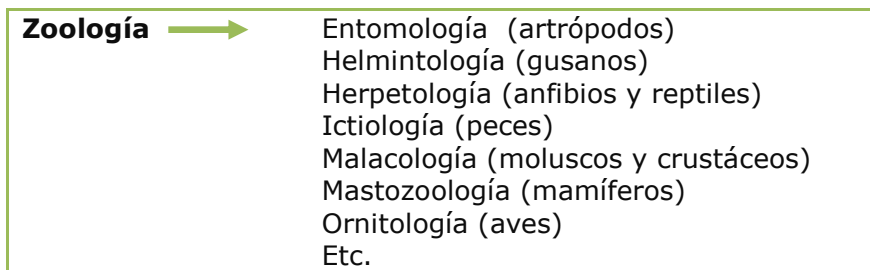
Al conocer lo vasto de la información queda claro que es necesario un estudio específico de cada elemento, veamos lo que son entonces, las especialidades.

## 2.1. Las especialidades

La especialidad de una ciencia, arte o actividad, tiene por objeto limitar los saberes o habilidades para volverlos más precisos para quienes lo practican. Es decir, que permite conocer a fondo una parte específica de su trabajo, lo cual es de mucha utilidad para las disciplinas que cuentan con un amplio rango de conocimientos.

En el caso del Diseño ser especialista, puede comprender desde el manejo de los diferentes materiales –madera, metal, cerámica, etc.- el objetivo de diseño que se tenga– interiores, mobiliario, punto de venta, etc.

Para la Biología es un tanto más complicado. Las especialidades son muchas y contienen una vasta cantidad de información: bacteriología, biofísica, botánica, citología, ecología, embriología, etología, genética, morfología, paleontología, taxonomía, zoología, etc. Cada una de ellas tiene sus respectivas sub partes, por ejemplo la zoología puede dividirse en varias partes como:



Y cada una de ellas a su vez puede ser una especialidad por sí misma. Una vez que entendemos toda esta gama de opciones de la Biología y las combinamos con el Diseño, tenemos a la Biomimética que resulta una disciplina del Diseño que requiere metodología, habilidades y conocimientos específicos, y donde la información manejada obedece a la generada en muchas todas las áreas del conocimiento antes mencionadas.

Se pueden realizar 2 tipos de conceptualizaciones<sup>64</sup> para utilizar la biomimética: Las que parten de una necesidad a la Biología. Es cuando se cuenta con una necesidad y se busca en la naturaleza algo similar que ayude a resolver el problema Las que van de la Biología al Diseño. Es cuando se identifica un proceso o elemento biológico interesante, y con base en él se desarrolla alguna aplicación de diseño.

<sup>63</sup> LLORENTE-BOUSQUETS, J. La búsqueda del método natural. Colección la ciencia para todos. Libro digital capítulo IV Lamarck, Darwin y sus herederos o ¿cómo...considerar las teorías de la evolución...cuando hay que clasificar tantas especies?

<sup>64</sup> EGIDO, J. (2012). Biodiseño, Biología y diseño. México. Designio. Pág 148



Para ambos casos conocer la forma en que se clasifica el mundo natural es importante, ya que en ambos la investigación requiere de la organización. Como ya hemos visto, tenemos la necesidad de clasificar nuestra información para generar nuevos conocimientos y brindar un panorama de la riqueza de los mismos. Esto no solo se ha dado con la naturaleza, también se puede hablar de una clasificación de la Biomimética.

## 2.2. Clasificaciones en la Biomimética

Las clasificaciones de elementos se dan, como ya hemos visto, de acuerdo a las necesidades de quien está estudiando el tema. Es decir que según sean las necesidades específicas es como se forman las nuevas asociaciones de elementos. Por ejemplo la Agencia Espacial Europea (2003) desarrolló el árbol de la tecnología Biomimética para definir áreas de acción de esta actividad<sup>65</sup>. Las categorías son:

Agencia Espacial Europea (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructuras y materiales</li> <li>Mecanismos y procesos</li> <li>Conducta y control</li> <li>Sensores y comunicación</li> <li>Biomimética generacional</li> </ul>
---------------------------------	--

Otra clasificación es la que presenta el Instituto de Biomimética en la que la organización de mecanismos va en función de desafíos y estrategias que los podrían solucionar. La clasificación general es la siguiente:

Biomimicry Institute Ask Nature.org	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movimiento o permanencia</li> <li>Mantener la integridad física</li> <li>Mantener la unión</li> <li>Modificar</li> <li>Hacer</li> <li>Procesos de información</li> <li>Romper</li> <li>Recibir, almacenar o distribuir recursos</li> </ul>
--	---

Ambas clasificaciones tienen a su vez subdivisiones que no se consideran relevantes para esta tesis debido a que en general ambas se desarrollan hacia la tecnología y no hacia los organismos. Esto es comprensible porque la finalidad es una aplicación tecnológica, sin embargo parte de un trabajo individual en cada área. En ellas se ubican los descubrimientos para que se desarrollen estudios.

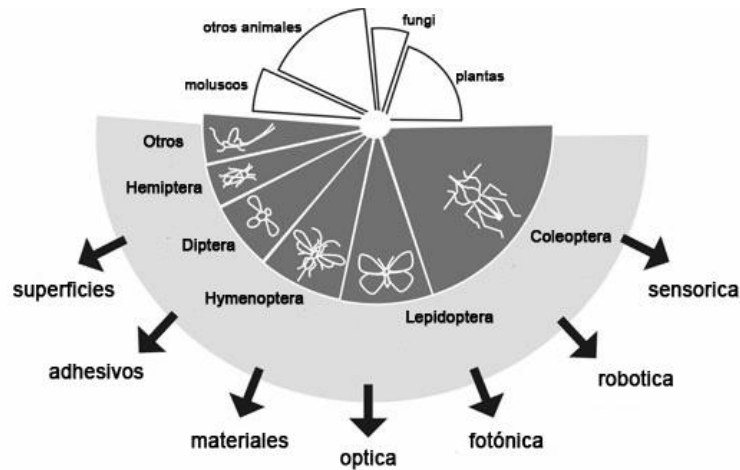
En esta tesis se propone el acercamiento a las disciplinas que estudian a los seres vivos para intercambiar formas de trabajo y a partir de ello generar propuestas pertinentes. El objetivo es concientizar a ambas disciplinas (biológicas y tecnológicas) en que el trabajo conjunto puede generar mejores resultados y propuestas que el trabajo individual, porque se logra un mayor entendimiento del problema.

<sup>65</sup> EGIDO, J. (2012). Biodiseño, Biología y diseño. México. Designio. Pág 93-95



La intención también es despertar el interés de investigadores en Entomología y áreas de la Biología en la aplicación de algunas de sus investigaciones en el Diseño Industrial.

Al respecto y durante la elaboración de esta tesis, se encontró información muy particular de Stanislav N. Gorb<sup>66</sup>, quien habla de la importancia para los científicos de la comprensión de los principios funcionales de los insectos en cuanto a estructuras, sensores, comportamiento y sistemas de control, ya que estos pueden servir para mejorar tecnología y favorecer la miniaturización.



Si bien lo aborda desde una perspectiva de ingeniería, resulta enriquecedor y alentador para esta tesis corroborar que hay más personas que se interesen en el tema desde diversos ángulos. En la publicación mencionada se habla de una clasificación muy específica con un enfoque desde los insectos.

Diagrama de la diversidad de insectos como una fuente de ideas biomiméticas en diversas áreas de tecnología, modificado de Stanislav N. Gorb, 2011.

Todo lo anterior nos deja ver las posibilidades tan enormes que tenemos los diseñadores al buscar inspiración en el vasto mundo natural, y esta tesis puede ser de utilidad como un acercamiento a las posibilidades de la Biomimética particularmente desde el estudio de los insectos. A continuación presento una propuesta de las consideraciones que me parecieron más importantes como diseñadora para estudiar a los insectos basada en la información entomológica reunida.

<sup>66</sup> STANISLAV N. G. (2011). *Insect Biotechnology, Biologically-Inspired Systems 2*. Chapter 13: Insect-Inspired Technologies: Insects as a Source for Biomimetics. Edit. A. Vilcinskas. Kiel, Germany

# 3



## **INTRODUCCIÓN AL MUNDO DE LOS INSECTOS**



### 3. INTRODUCCIÓN AL MUNDO DE LOS INSECTOS

Antes de comenzar y debido a que estos capítulos se enfocan mas en el conocimiento de los insectos, me permitiré hacer unos ajustes en la manera de elaborar las referencias. La primera parte se hizo de acuerdo a como se trabaja en Diseño, sin embargo, esta parte será trabajada con las referencias marcadas del mismo modo que se hace en las ciencias biológicas. Esto con la finalidad de estar mejor familiarizados con el proceso y acercarnos debidamente al área que se pretende estudiar.

#### 3.1. ¿Qué es un insecto?

La palabra insecto proviene del latín *insectus*, palabra formada a partir del participio pasivo del verbo *insecare* 'hacer un corte o incisión', en alusión a las marcas de los segmentos que componen el cuerpo de estos animales.

La idea de cortar también estaba presente en el nombre que los griegos daban a los insectos: *éntomon*, voz derivada de *éntemnein* 'cortar', que se refería a un ser dividido en segmentos. Ambas aludiendo a las fracciones presentes en los cuerpos de los insectos. De ahí también el surgimiento de la palabra Entomología.

A los insectos se les puede encontrar en casi todos los biomas<sup>67</sup> sobre la tierra, incluso en la Antártida, donde habita una especie de insectos llamados colémbolos quienes pueden resistir el clima extremo de esa zona. Existen además otras especies de insectos del género *Halobates* (patinadores del agua) que llegan a alejarse de la tierra y se les puede encontrar en el mar, caminando en la superficie del agua usando una especie de "pelillo" de las patas.

Los insectos aparecieron en la tierra mucho antes que los seres humanos y de los resultados de esta evolución se pueden tomar elementos para diseño. Las primeras apariciones de artrópodos ancestros de los insectos datan del Silúrico tardío y principios del Devónico, 400 millones de años atrás. Hay fósiles de insectos similares a los actuales que datan del Jurásico, mucho antes de la aparición de los seres humanos.

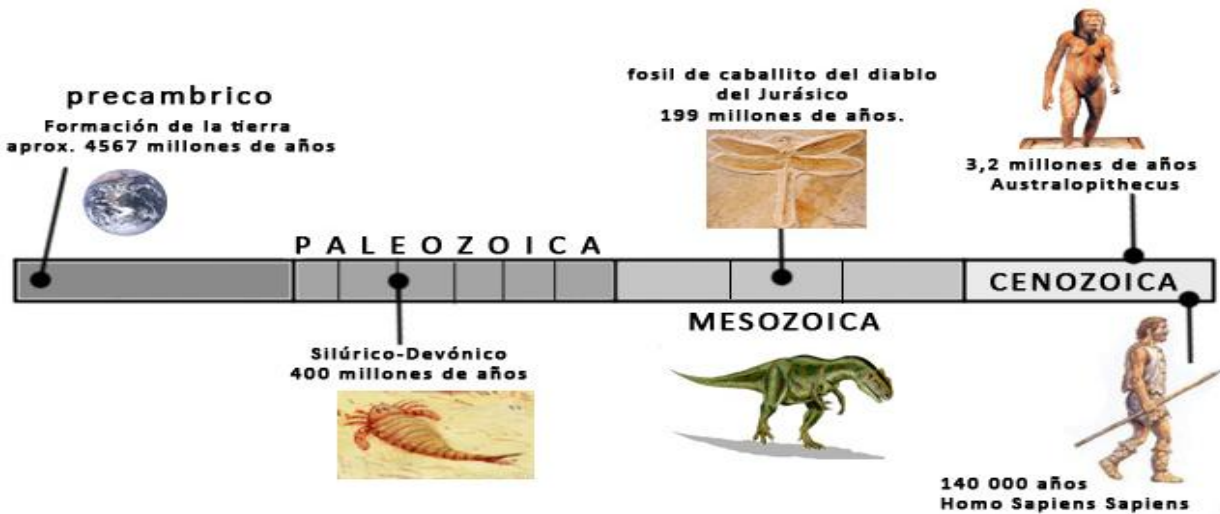


Figura 14. Eras geológicas indicando la aparición de los insectos respecto a los seres humanos.

Para el diseñador, el conocimiento de los detalles de cada organismo vivo nos dará las pautas para trabajar; es importante conocer los detalles y a qué responden los mismos, ya que no podemos decir que hay un mejor diseño natural que otro; se trata

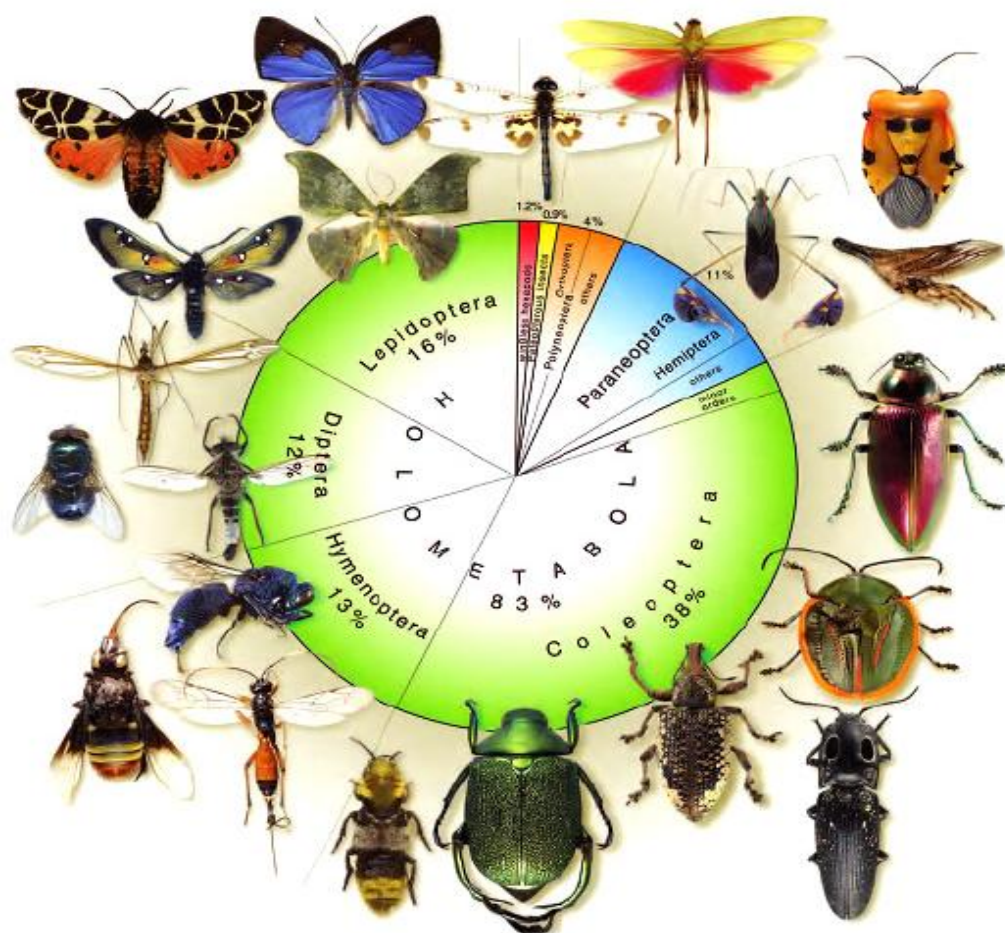
<sup>67</sup> Bioma: denominación dada al conjunto de ecosistemas característicos de una zona biogeográfica con vegetación y especies animales que predominan en él

simplemente de organismos vivos adaptados a un entorno muy particular y eso, para el diseñador, se traduce como características útiles específicas para una función determinada.

El diseñador es quien define lo que es mejor para lo que desea diseñar con base en las características específicas de cada organismo vivo y a sus necesidades de diseño.

Por tanto conocer la morfología del insecto es importante, ya que es la que se encarga del estudio comparativo de las estructuras. En el estudio morfológico hay dos preguntas básicas ¿Qué hace? Y ¿de dónde viene? (Grimaldi y Engel, 2005). La primera pregunta es más enfocada a la forma y función y esto me parece muy importante para el Diseño porque es así como se da la relación con la Biología. Del mismo modo que ellos entienden esas características es como el diseñador encontrará lo necesario para trasladar esas funciones a lo artificial. La segunda pregunta obedece más a cuestiones evolutivas y aunque la relación es menos directa, se pueden buscar ahí también características para el Diseño, ya que como Grimaldi afirma, parte de los aciertos evolutivos se dan en los elementos que funcionaron.

Para la morfología se utiliza el método comparativo a fin de buscar estructuras homólogas, mismo método usado en geología y astronomía (Grimaldi y Engel, 2005). Este proceso es igualmente factible de usarse en Diseño, a través de la Biomimética, y para entender mejor esta parte, se presenta un ejercicio práctico en el capítulo final de esta tesis. Es importante determinar si mediante la investigación de las ciencias podemos lograr la generación de elementos para diseño.



Diversidad de los insectos, tomado de Evolution of Insects, Grimaldi, 2005

La variedad de insectos existentes es sumamente amplia, y con el fin de adentrarnos en la investigación de los mismos, es necesario que determinemos las

características generales de su composición estructural; ya que es importante enfatizar que lo que aquí se presenta son solo las generalidades más recurrentes en los diversos órdenes, ya que se pueden desplegar gran variedad de excepciones y cambios en cada uno de ellos. Conozcamos las características físicas del insecto.

### 3.2. Generalidades morfológicas de un Insecto

Hablar de insectos es referirse a grandes comunidades de seres vivos. Cada especie de insectos está identificada por un sistema de clasificación taxonómica que refleja las características típicas muy particulares que lo diferencian de los demás. En las clasificaciones taxonómicas, se toman en cuenta (entre otras) características en patas, alas, partes de la boca y si tienen o no proceso de metamorfosis, además con los avances de la ciencia es posible considerar también la estructura molecular.

Veamos primero de las características físicas de los insectos para luego conocerlos más a detalle.

La información la dispongo en dos partes debido a que el diseñador puede no estar interesado en los detalles de un área particular, pero requiere -según mi experiencia- del conocimiento general del todo para saber qué información elegir.

En general el rango dimensional de los insectos es muy variado, pueden medir desde alrededor de 0.2 micras hasta más de 30 cm en el caso del insecto palo (Dhooria, 2008). Pero la mayoría no miden más de 50 mm. Esta es una de las consideraciones que a mi parecer el diseñador nunca debe perder de vista; la dimensión del elemento biológico en que nos estamos basando es esencial, porque en general, debe usarse de manera proporcional ya que esto contribuye al óptimo funcionamiento de cada parte.

El cuerpo de los insectos está formado por segmentos que se agrupan en tres regiones: la cabeza, el tórax y el abdomen. Típicamente la función de la cabeza es sensorial y para alimentación. El tórax es para locomoción y el abdomen para funciones viscerales, apareamiento y funciones sensoriales (Grimaldi y Engel, 2005) ya que tiene como los halterios<sup>68</sup> que ayudan al equilibrio o los cercos<sup>69</sup> que sirven entre otras cosas como órgano sensorial. Además, el insecto se compone por repetidas unidades llamadas metámeros (Grimaldi y Engel, 2005). El cuerpo se organiza en tres partes: cabeza, tórax y abdomen. A estas regiones se les conoce como tagmas. Estas partes se presentan de manera clara en el siguiente esquema:

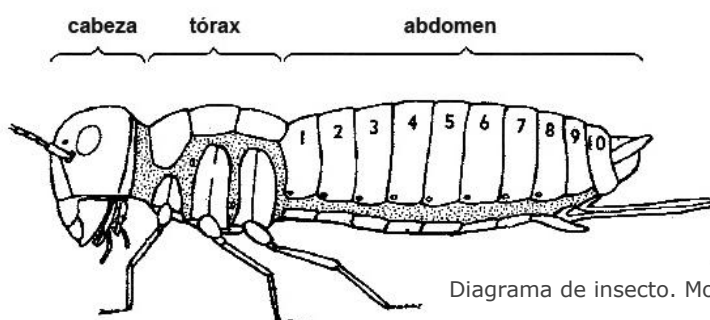


Diagrama de insecto. Modificada de Richard E. White

Los insectos han sido capaces de explotar las ventajas de la tagmosis<sup>70</sup> lo que influye directamente en la capacidad de adaptación al entorno de camuflaje y defensa. Su

<sup>68</sup> Halterio: Son alas posteriores modificadas que poseen algunos insectos (como los Dípteros) que indican la posición espacial ayudando a mantener el equilibrio.

<sup>69</sup> Cercos: localizados normalmente en el extremo del abdomen cuyas formas (morfología) y función son variadas desde órgano sensorial hasta defensivo

<sup>70</sup> Tagmosis: segmentos o tagmas que conforman la unidad que es el insecto

diseño segmentado les permite adaptarse fácilmente a su entorno (Grimaldi y Engel, 2005).

El cuerpo de los insectos está protegido por un exoesqueleto<sup>71</sup> y sus músculos están sujetos en la superficie interna de éste. El cuerpo está dividido en escleritos<sup>72</sup> que son las placas que conforman el exoesqueleto.

Tiene varios segmentos divididos en: tres segmentos de tórax (Gullan y Cranston, 2005), once segmentos en el abdomen (aunque el onceavo casi no es presente para los holometábolos) y la cabeza con un número dudoso (Grimaldi y Engel, 2005). Autores como Gullan y Cranston maneja un número de tres segmentos para la cabeza.

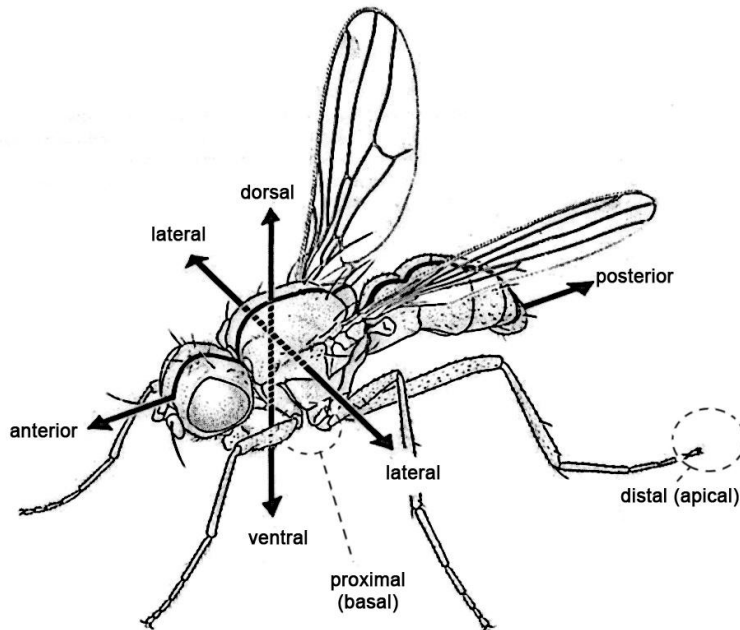
El cuerpo con simetría bilateral se puede describir en función de tres ejes (Gullan y Cranston, 2005):

- 1) Longitudinal, o de la parte anterior a la posterior, también llamadas de cefálica (cabeza) a caudal (cola)
- 2) Dorsoventral, o de dorsal (superior) a ventral (inferior).
- 3) Transversal, o lateral (del extremo) a través del eje longitudinal al extremo opuesto.

Se habla de proximal (basal) cuando algo está cerca del cuerpo y distal (apical) si está lejos.

Son cuatro las regiones de la superficie del cuerpo: dorso (parte superior), el vientre (la superficie inferior), y la pleura que son dos partes laterales (Pleurón singular) en que se separa el dorso del vientre (Gullan y Cranston, 2005).

Los insectos han tenido especial éxito por ser resistentes a los cambios de temperatura. Además pueden volar para extender sus fronteras, escapar de sus atacantes y su alta capacidad reproductiva también ha contribuido a su éxito ya que son capaces de producir un gran número de huevos, en contraste con la duración de su vida.



Principales ejes del cuerpo la relación con respecto a su cercanía.  
Modificado de K. Hansen McInnes, 2005.

A continuación se describen los elementos que caracterizan la constitución corporal general. La cabeza es usualmente dura y está dividida por suturas en diferentes áreas,

<sup>71</sup> Exoesqueleto: tejido endurecido y rígido que recubre el cuerpo de los artrópodos cuya función principal es brindar protección y sostén para la eficiencia del aparato muscular.

<sup>72</sup> Esclerito: placa endurecida de cutícula (esclerotizada, formada por quitina y proteínas) que forma parte de su exoesqueleto y se encuentra delimitada por suturas, surcos o articulaciones.

cada una con un nombre. En ella se encuentran los ojos, las antenas y las partes bucales (Borror y White, 1970).

Hay dos clases de ojos: simple y compuesto. La mayor parte de los insectos cuenta con tres ojos simples conocidos como ocelos<sup>73</sup> los cuales están localizados en la parte superior de la cabeza. Los ojos compuestos están ubicados en la parte lateral de la cabeza (Borror y White, 1970).

Las antenas están usualmente localizadas al frente de la cabeza y bajo los ocelos. Son muy variables en formas y segmentos y se usan para clasificar diferentes grupos de insectos (Borror y White, 1970).

Las partes bucales están situadas en la parte ventral o anterior de la cabeza. Típicamente presentan las siguientes partes: labrum (labio superior), un par de mandíbulas, un par de maxilares, un labio (el labio inferior), lengua y una estructura llamada hipofaringe (Borror y White, 1970).

El tórax está dividido en tres segmentos: protórax (que alberga las patas) mesotórax y metatórax (donde suelen ubicarse las alas). Cada segmento torácico tiene 4 grupos de escleritos: *notum* (dorsalmente), *pleuron* (a cada lado) y *sternum* ventralmente (Borror y White, 1970).

Las patas cuentan también con varios segmentos: la coxa es el segmento basal, el trocanter (que es generalmente pequeño) fémur, tibia y tarso. Las estructuras de las patas varían en el número de segmentos y formas de acuerdo a las tareas que desempeñe el insecto (Borror y White, 1970), y esto es muy importante para el Diseño porque podemos generar relaciones de forma-función.

Las alas son de una variedad considerable y la mayoría se usa para clasificar e identificar a los órdenes o a las mismas especies. Varían en tamaño, forma, textura, venación y la posición que mantienen con respecto a las demás. Sin embargo se puede determinar que en general la clasificación puede ser dos pares de alas, un par de alas o carecer de ellas –ápteros- (Borror y White, 1970).

Las venas de las alas son las líneas que aparecen en ellas, la distribución principal es muy parecida en diversos órdenes y para su identificación se cuenta con un sistema de nombres, que no será desarrollado en este texto. Sin embargo es importante hacerlo del conocimiento del diseñador ya que puede serle de utilidad.

El abdomen del insecto se compone típicamente de diez a once segmentos. Algunos ostentan apéndices variables al final como ya se mencionó anteriormente.

El tamaño de los insectos facilita la dispersión al poder esconderse fácilmente de los depredadores potenciales y le ayuda a hacer uso de alimentos disponibles en cantidades muy pequeñas. Su desventaja radica en la alta pérdida de agua del cuerpo, detalle que han podido superar exitosamente al desarrollar un exoesqueleto impermeable, que además los protege contra lesiones y de sus propias secreciones tóxicas (Blum, 1981, citado en Grimaldi, 2005).

Ningún otro grupo de animales posee el repertorio químico de los insectos desde las feromonas a secreciones defensivas tóxicas (Eisner, 2003, citado por Grimaldi, 2005).

Es evidente con lo anterior que en los insectos podemos encontrar gran variedad de características y diferencias. Esta tesis no aborda a fondo dichas características, porque esa es tarea de un Entomólogo. Lo que aquí se pretende es dar conocimiento de las posibilidades que tenemos en tan solo una parte del reino animal. Y como veremos más adelante, estas son sólo algunas consideraciones que ayudan a formar el concepto "insecto". El trabajo filogenético que realizan los expertos es de suma importancia para ayudarnos a comprender mejor la relación que hay entre organismos y porqué se organizan de una determinada manera. Veamos con mayor detalle cómo se compone la morfología de un insecto.

---

<sup>73</sup> Ocelos: son pequeñas estructuras foto-receptoras, que funcionan como órganos de la visión. El término procede del latín *oculus* (ojo) y literalmente significa "ojito"

### 3.2.1 Exoesqueleto

Se trata de una serie de placas esclerotizadas o endurecidas que están presentes en zonas definidas, a estas placas se les denomina escleritos. Esta cutícula provee protección, soporte y locomoción. Previene la pérdida de agua a través de una capa de cera, proporciona un sitio para la deposición de desecho, protege de los rayos ultravioleta; tiene funciones de comunicación (Grimaldi y Engel, 2005).

Sin duda alguna, esta es una de las características en las que los diseñadores podemos encontrar una estructura interesante para emular, debido a que se trata de una especie de cubierta externa que da estructura al cuerpo y además de resistente, es ligera y cuenta con cierto grado de flexibilidad.

Estas características nos dejan con una amplia gama de posibilidades, ya sea para estructuras en la construcción de objetos de uso diario, o para construir elementos de apoyo para dar soporte al cuerpo de personas con padecimientos de tipo degenerativo que involucran la debilidad estructural, solo por mencionar algunas.

Los escleritos, tienen diferentes nombres dependiendo de la región en la que están. Esto puede llegar a ser muy confuso cuando se está buscando información. Grimaldi y Engel manejan un cuadro que me parece será de gran utilidad:

Dorsal	Dorsum: la porción superior entera del insecto Tergum (pl. terga): placa superior del segmento de exoesqueleto (también llamada notum; pl. nota) Tergite: subdivisión del tergum
Lateral	Pleural: porción lateral del insecto completo Pleuron (pl. pleura): placa lateral del segmento de exoesqueleto Pleurite: división del pleuron
Ventral	Venter: la parte baja del insecto completo Sternum: la parte baja del segmento de exoesqueleto Sternite: subdivisión del sternum

Estas placas tienen bordes que ayudan a fortalecer o hacer marcas con una finalidad específica. Por ejemplo la línea ecdisial que es un punto de debilidad en la cutícula donde se divide en la muda (Grimaldi y Engel, 2005). Otras de las placas cuticulares tienen bordes internos para dar rigidez y evitar fracturas. Este es un ejemplo de elementos que podrían ser de gran utilidad para el diseño de elementos de seguridad o de fácil apertura.

### 3.2.2 Cabeza

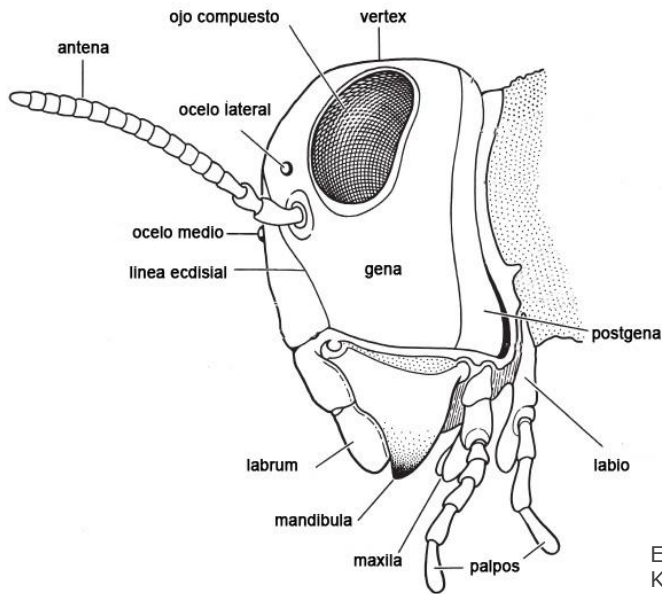
Todos los artrópodos, -ente ellos los insectos- presentan cefalización (Grimaldi and Engel, 2005). La cabeza es una capsula fuertemente esclerotizada unida por un cuello flexible al tórax (Chapman, 1998).

La cabeza sirve principalmente para consumir alimento, percepción sensorial y comando. La mayor parte está ocupada por músculo y el cerebro es muy pequeño (Grimaldi and Engel, 2005).

La cabeza tiene una gran cantidad de surcos que son en su mayoría puntos de inflexión para dar rigidez. No se les llama suturas porque no une placas distintas. Los surcos tienen nombres para su identificación y funciones específicas. En general los surcos son similares en los diferentes órdenes y por tanto hay constancia en su ocurrencia y posición (Chapman, 1998).

Cuando buscamos elementos de protección o soporte para Diseño, esta puede ser una característica útil, tanto para el desarrollo de objetos de uso diario como para elementos auxiliares médicos.





La rigidez de la cabeza del insecto se incrementa por cuatro repliegues cuticulares profundos (invaginaciones), conocidos como apodemas. Estos se reúnen internamente para formar un aparato ortopédico para la cabeza y ayudan a la fijación de los músculos (Chapman, 1998).

En el caso de buscar una inspiración de diseño directa podríamos trasladar esto a la planeación de un casco o de empaque y embalaje con elementos de máxima protección.

Esquema de las partes de cabeza. Modificado de K. Hansen McInnes

En la misma cabeza, se encuentran también las partes de la boca que son: el labrum, mandíbulas, maxilas y labio. Además están importantes órganos sensitivos: las antenas y los ojos.

La cabeza puede presentarse en tres posiciones generales en relación a las piezas bucales. Estas son:

*Hipognata*. Las piezas bucales están dirigidas hacia abajo. Es una orientación propia de insectos herbívoros

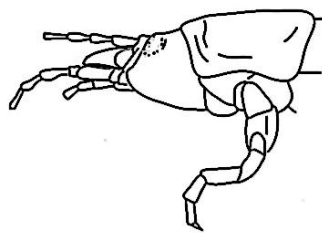
*Prognata*. Las piezas bucales se proyectan hacia delante. Típica de especies carnívoras y cazadoras.

*Opistognata*. La base de las piezas bucales se encuentra pegada al primer par de patas, con lo que están en la parte inferior y posterior de la cabeza. Es propia de los que se alimentan de jugos (Grimaldi y Engel, 2005).

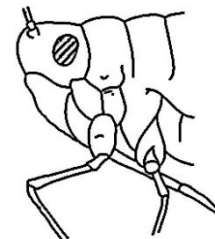
El siguiente esquema presenta un ejemplo de las posturas de la cabeza y un ejemplo de orden que puede tener ese tipo de morfología. Sin embargo esto no quiere decir que todas las especies del orden se incluyan en cada categoría ya que como hemos visto, hay muchas excepciones.



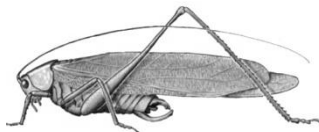
Hipognata  
(ej. Ortóptero)



Prognata  
(ej. Coleóptero)



Opistognata  
(ej. Hemíptero)



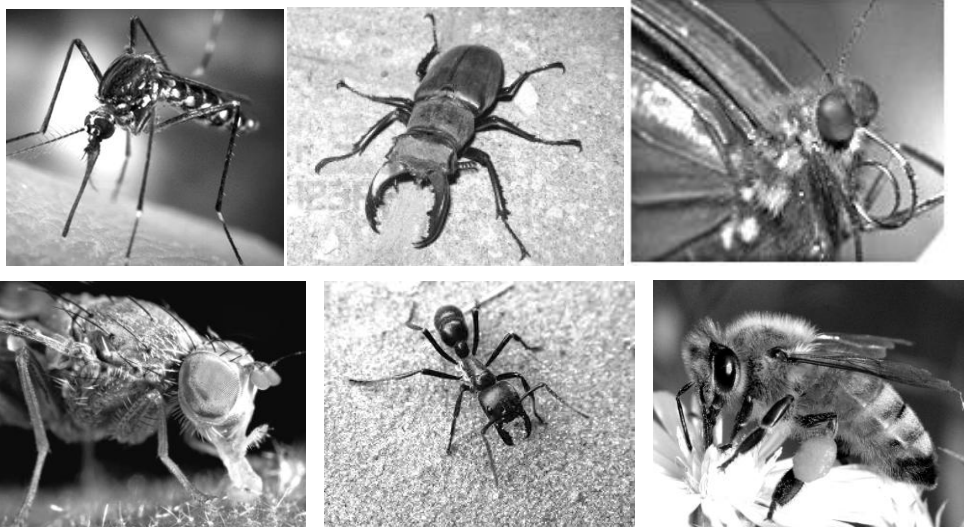
Ejemplo de posturas de la cabeza. Imagen modificada de Chapman 1998 y White 1970

Esto puede ser útil para Diseño cuando se estudia una posición de trabajo. Por ejemplo, se podría buscar la relación de material y actividad, para así buscar una mayor eficiencia con respecto a la tarea a realizar: no es lo mismo cortar hojas que carne.

Las partes de la cabeza tienen nombres, se denomina región parietal a la superficie. El área lateral de la cabeza bajo los ojos se denomina gena (Grimaldi y Engel, 2005). Y esencialmente la parte superior sobre los ocelos y entre los ojos compuestos es el vertex. La capsula de la cabeza contiene además un esqueleto interno llamado *tentorium* que provee resistencia y ayuda a enganchar los músculos.

### 3.2.2.1 Piezas bucales

Las partes de la boca se relacionan con la alimentación del insecto, y son habitualmente de 2 tipos: chupadoras y masticadoras o morderoras (Borrer y White, 1970). En varias especies puede haber modificaciones y combinaciones que ya mencionaremos más adelante.



Ejemplos de diversas variantes de aparato bucal para alimentación en insectos:  
1. Mosquito (pica y chupa); 2. Escarabajo carroñero (muerde carne); 3. Mariposa (aspira); 4. Mosca (succiona); 5. Hormiga (muerde hojas); 6. Abeja (mastica y lame).

Consisten en tres pares de apéndices y cada par es un segmento fusionado. De anterior a posterior son: mandíbulas, maxila y labio (Grimaldi y Engel, 2005).

Las maxilas y el labio de la mayoría de las especies, tiene además una estructura sensitiva llamada palpo (Borrer y White, 1970).

#### **La mandíbula**

Sirve para cortar y triturar alimentos, aunque también para defensa. Cuentan con un borde apical afilado y una parte basal que muele (Gullan y Cranston, 2005). Se articula con la capsula de la cabeza. Las hay de dos tipos (Grimaldi y Engel, 2005):

1) Monocondilar es la que tiene un solo cóndilo<sup>74</sup> y por ello actúa con movimiento rotatorio.

2) Dicondilar es la que tiene dos puntos de apoyo, así solo tiene un plano de movimiento.

Esto puede ayudar por ejemplo a generar elementos para triturar o al igual que el

---

<sup>74</sup> Cóndilo: protuberancia redondeada en la extremidad de un hueso que encaja en el hueco de otro para formar una articulación

resto de los huesos de cualquier animal, puede servir como base para desarrollar ensambles y dispositivos articulados.

En órdenes como Thysanura y Pterygota hay un tipo de mandíbulas cortas y fuertemente esclerotizado. La cutícula de las cúspides se endurece por la presencia de zinc o manganeso; y a pesar de que pueden llegar a ser desgastadas durante la alimentación, la distribución de las zonas más duras de cutícula promueve un autoafilado (Chapman, 1998).

De forma muy literal podemos encontrar en estos detalles, diversas herramientas de corte y a simple vista, un sistema de autoafilado que puede resultar interesante de indagar.

### **Las maxilas**

Sirven para ayudar a la mandíbula en el procesamiento de alimentos (Gullan y Cranston, 2005). Tiene cinco componentes básicos: cardo, estípide, galea, lacinia y palpo maxilar (Grimaldi y Engel, 2005).

En esta sencilla parte tenemos muchas funciones diversas e independientes, como por ejemplo la lacinia que es una parte esclerotizada que ayuda a amasar el alimento y los palpos tienen quimiorreceptores y mecanorreceptores (Gullan y Cranston, 2005).

### **Labio**

Es un conjunto fusionado de las maxilas y es homólogo del segundo maxilar de Miriápodos y Crustáceos (Grimaldi y Engel, 2005). Esta relación es interesante porque vamos encontrando similitudes entre especies y son justo estas particularidades las que precisamente los taxónomos tomaron de base para encontrar el parentesco.

## **3.2.2.2. Variaciones de forma de las piezas bucales**

Las diferentes variaciones en las piezas bucales son responsabilidad de la dieta y (entre otras) ayudan a los expertos como elemento de clasificación. A los diseñadores nos da pautas de funcionalidad para aplicar a nuestra área. Veamos cómo explica R.F. Chapman (1998) los 2 tipos: masticadores y chupadores.

### Masticadores (mordedores):

Para morder y masticar los insectos hacen un movimiento de apertura y cierre regular de la mandíbula, echan atrás los fragmentos a menudo con la ayuda de las maxilas y se toman un momento para deglutir.

Algunos como las orugas del género de lepidópteros *Manduca* mascan de forma consciente y otros como los saltamontes tienen músculos que son estimulados a contraerse de forma mecánica, sin que el insecto tenga la intención de ello.

Las sensilias<sup>75</sup> que detectan las posiciones de las mandíbulas abiertas y de ahí viene todo un proceso muscular para llevar a cabo el proceso.

Si bien es probable que este sistema de masticación se parece al de muchos otros animales en sus generalidades, es conveniente considerar que cada uno tiene particularidades que pueden ser de interés para el diseño; además de otros elementos externos como el de las sensilias que quizá puedan ser útiles para el desarrollo de algún tipo de algún tipo de sensor.

### Chupadores:

Los insectos chupadores, tienen modificaciones a manera de tubo a través de la cual pasan líquidos. Ya sea para extracción o como inyector de líquido generado en su boca. Los músculos en esta parte son fuertes porque deben funcionar como una bomba.

---

<sup>75</sup> Sensilia: unidad sensorial básica de un artrópodo.

Algunos chupadores de sangre tienen estructuras en la punta del labio que les permiten penetrar por acción de raspado.

Hay otros insectos como las mariposas que succionan y chupan néctar mediante la estructura conocida como espiritrompa. Esto no requiere perforar y su boca está modificada de modo que no cuentan con palpos.

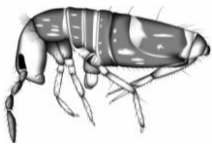
Muchos himenópteros (como abejas) muerden, mastican y lamen el néctar con un dispositivo muy singular y evolucionado de alimentación.

Aquí se nos presentan diferentes posibilidades tanto de bombas como de mecanismos de inyección, puede ser interesante encontrar las particularidades de uso en relación a la forma para sacar conclusiones sobre su funcionalidad.

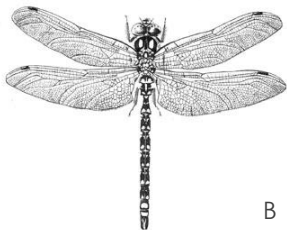
### 3.2.2.3 Ojos

Como se mencionó, los insectos cuentan con 2 tipos de ojos: simple y compuesto.

Los ojos compuestos como su nombre lo indica están formados por muchas pequeñas partes. La unidad básica que compone el ojo se conoce como omatidios. El rango de ojos puede ser de uno a 28,000 (Grimaldi y Engel, 2005).



A



B

Mientras que un colémbolo (fig. A) puede tener 2 omatidios, un odonato (fig. B) puede tener cerca de 28000 (Grimaldi and Engel, 2005). Esta clase de ojos están ubicados dorso-lateralmente en la cabeza. Cada omatidio está compuesto a su vez por múltiples celdas y dividido en dos unidades funcionales, el aparato dióptrico (recoge y enfoca la luz) y el aparato receptor (traduce la refracción de luz en los receptores potenciales que se envían a través de los axones neuronales al lóbulo óptico).

El insecto tiene también ojos simples, que para la mayoría son 3 y se les conoce con el nombre de ocelos y se ubican en la parte alta de la cabeza (Gullan and Cranston, 2005). Están compuestos de un sistema transparente de córnea cuticular y no pueden formar imágenes, pero son muy sensibles a la baja intensidad de la luz (Grimaldi and Engel, 2005).

No se entrará en detalles de la visión debido a que se trata de un complejo proceso que requiere de un estudio detallado que no es relevante para fines de conocimiento general.

Sin embargo, es destacable que en el estudio de los insectos hay un elevado grado de complejidad para un ser vivo tan pequeño.

Sin embargo, es destacable que en el estudio de los insectos hay un elevado grado de complejidad para un ser vivo tan pequeño.

En cuanto a la visión existe como un ejemplo de Biomimética el desarrollo de una cámara digital que imita los sistemas oculares encontradas en libélulas, abejas, mantis religiosas y otros insectos; ofreciendo un amplio ángulo de visión, alta agudeza de movimiento y casi infinita profundidad de campo<sup>76</sup>.



Tipos de ojos en un insecto (C. compuesto) (S. simple). Modificado de Víctor González

<sup>76</sup> Noticia publicada por el College of Engineering, Urbana, Illinois, publicada el 1 mayo del 2013, escrita por Rick Kubetz. (<http://engineering.illinois.edu>)

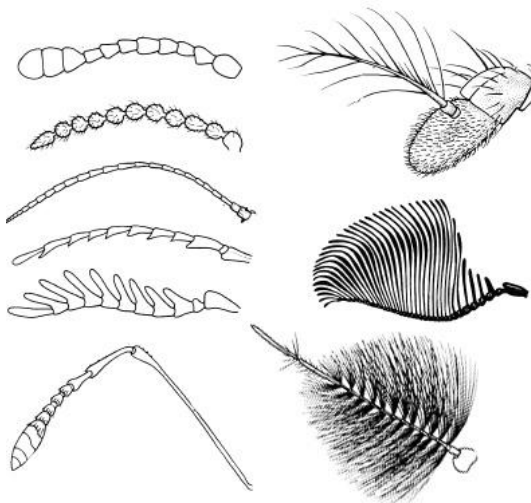
### 3.2.2.4. Antenas

Las antenas son apéndices móviles, segmentados y se presentan en pares en los insectos adultos (Gullan y Cranston, 2005), en las larvas pueden estar reducidas o ausentes. Se ubican usualmente en la parte frontal de la cabeza bajo los ocelos, poseen gran variedad de formas y número de segmentos. Para los expertos es otra de las características para identificar los diferentes grupos de insectos (Borror y White, 1970). Veamos cómo funciona:

La antena se compone de tres unidades principales (de base a ápice) son: escapo (segmento basal), pedicelo y flagelo (o clávola) (Borror y White, 1970).

La base se inserta en la cabeza y pivotea en un punto único que da libertad de movimiento en todas direcciones. El flagelo se divide en anillos unidos con una membrana, por lo que es flexible (Chapman, 1998). Y el pedicelo contiene el órgano sensorial conocido como el órgano de Johnston (Gullan y Cranston, 2005) que es importante para regular la velocidad de los insectos al volar.

La antena tiene numerosas sensilias (recordemos que es un órgano sensorial), en forma de pelos, clavijas, pozos, o conos y tienen la función de quimiorreceptores (captación de sustancias químicas), mecanorreceptores (captan la presión mecánica o las distorsiones), termorreceptores (captan temperatura) e higrorreceptores (cambios de humedad) (Gullan y Cranston, 2005).



Diversas formas de antenas.  
Modificada de K. Hansen McInnes, 2005

Las antenas muy plumosas sirven para examinar gran cantidad de aire, hay otras cuya función es ser un embudo para el aire, otras se utilizan para el apareamiento, percepción de sonidos, etc. Se trata de una diminuta parte que es sumamente versátil y su estudio a detalle puede verse reflejado en soluciones para el diseño.

Hay dimorfismo sexual, ya que las antenas de los machos suelen ser más grandes para detectar las feromonas de la hembra por ejemplo.

Entre las formas de las antenas y su función sensorial, podemos obtener grandes elementos de inspiración para desarrollo de materiales y en el Diseño, se puede buscar inspiración para el desarrollo de elementos auxiliares para personas con alguna discapacidad partiendo del entendimiento de órganos sensoriales que no tenemos.

### 3.2.3 Tórax

El tórax es el tagma del centro del insecto y es la unidad principal de locomoción porque soporta las patas y en los pterygota, las alas (Grimaldi y Engel, 2005) y cuenta con la musculatura necesaria para lograr que éstos cumplan su función (Chapman, 1998).

Se divide en tres segmentos: protórax, mesotórax y metatórax (Borror y White, 1970). Cada segmento torácico tiene un par de patas. En el extremo anterior es el que se une a la cabeza con el cuello (Grimaldi y Engel, 2005).

En los insectos con alas se conoce como pterotórax, al uso del mesotórax y metatórax para portar las alas (Gullan y Cranston, 2005).

En general, las placas del tórax de los insectos adultos presentan gran variedad de modificaciones dependiendo de la actividad del insecto. Es decir que la forma obedece al diseño óptimo de cada organismo, por ejemplo un insecto que vuela requiere un mayor

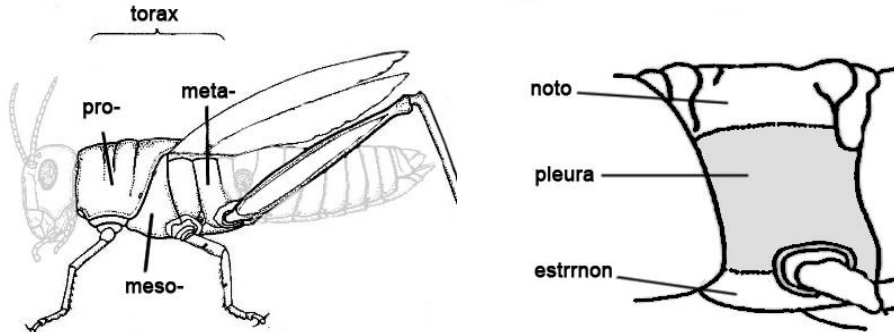
soporte de alas que un caminador.

Para el Diseño estos son los puntos clave que pueden ayudar a generar mejoras y desarrollar objetos más eficientes.

Los escleritos del tórax tienen su propio nombre:

- La dorsal se denomina noto (singular: notum)
- La ventral se conoce como esternón
- Los laterales se llaman pleuras.

El grado de esclerotización ventral en el tórax varía mucho en diferentes insectos (Gullan y Cranston, 2005).



Izquierda: partes del tórax insecto. Modificadas de: [www.museoentomologico](http://www.museoentomologico)  
Derecha es una vista lateral de un segmento que representa cada una de sus partes.  
Modificado de Chapman, 1998

La musculatura es la que ayuda a generar el movimiento de patas y alas. Se pueden encontrar muchos estudios detallados respecto a la musculatura y cómo interviene en cada una de las partes, si se desea consultar.

Veamos a continuación las dos partes del tórax que a al parecer son de gran utilidad para el desarrollo de elementos de Diseño y que además son foco de múltiples investigaciones de biomecánica: patas y alas.

### 3.2.3.1. Patas

Los insectos son llamados hexápodos por contar con 3 pares de patas, aunque no todos los hexápodos sean hoy en día considerados como insectos (Chapman, 1998). La pata se articula directamente con la pleura y se compone de una serie de segmentos (o podite) (Grimaldi y Engel, 2005) y la musculatura en las patas además de la forma, es fundamental para la función de la misma.

De acuerdo con R.F. Chapman (1998) Los seis segmentos de la pata son: coxa, trocánter, fémur, tibia, tarso y pretarso y consisten en:

La coxa es la articulación basal de la pata con la pared torácica y tiene comúnmente la forma de un cono truncado.

El fémur suele ser pequeño en estado larvario y se vuelve la parte más grande de la pata cuando el insecto es adulto.

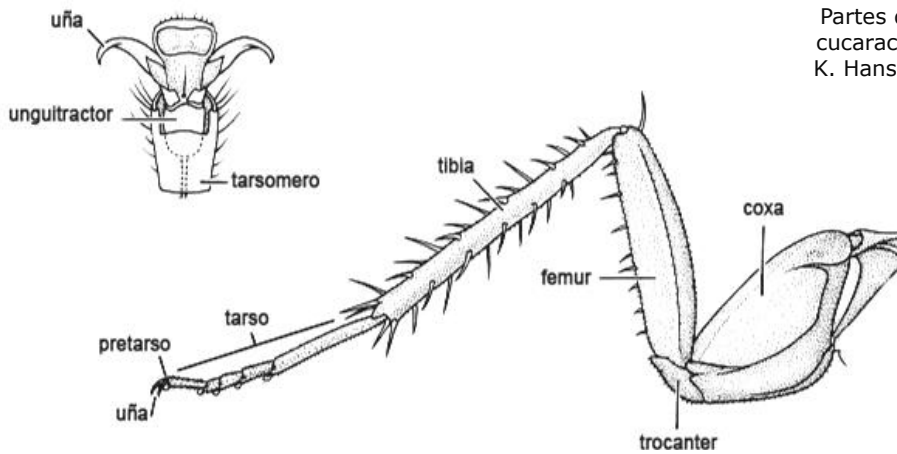
El tarso se divide usualmente entre dos y hasta cinco tarsómeros, los cuales no tienen musculatura y es su diferencia con los otros segmentos. Los tarsómeros no tienen articulaciones sino que se mueven con libertad gracias a una membrana flexible.

Hay un par de garras en el último tarsómero. Dependiendo del grupo de insectos, pueden desarrollarse una placa basal esclerotizado (unguitractor). Entre esta y las garras unas pequeñas placas llamados auxiliares

Al igual que con el resto de las extremidades, no se abordará a detalle la musculatura de las patas, pero es importante mencionar que los músculos para moverlas son de 2 tipos:

extrínsecos – surgen fuera de la pierna

intrínsecos – están totalmente dentro de la pierna.



Partes de la pata de una cucaracha. Modificado de K. Hansen McInnes, 2005

Las funciones de los músculos varían dependiendo de las actividades de otros músculos y del tipo de articulación.

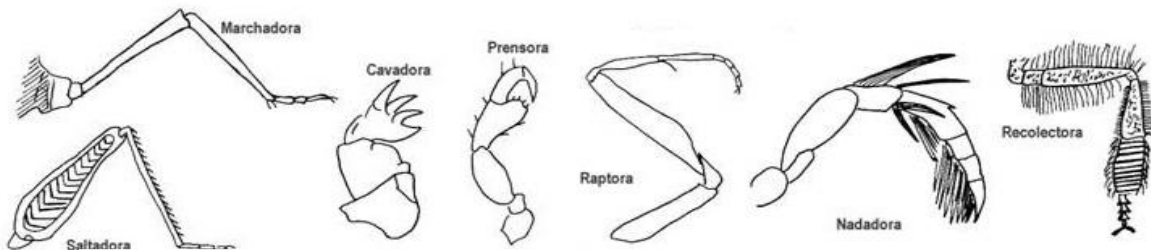
Las patas son una de las partes de los insectos que ya ha sido estudiada en otras áreas debido a que genera grandes aportes funcionales para robótica, como se puede apreciar en los estudios de personas como el biólogo Robert Full quien ha estudiado las patas de varios animales incluidos insectos como las cucarachas y la función de sus espinosas patas.

### Estructura y función adaptada

Los insectos, al igual que el resto de los animales, para adaptarse a su medio, han desarrollado modificaciones para saltar, nadar, excavar, agarrar, aseo y para estridular.

Los ejemplos de esto son inmensos, sin embargo hay funciones básicas que como diseñadores nos ayudan a identificar características concretas y su posible aplicación como veremos en los ejemplos que se presentan a continuación:

función	característica
Excavación	Extremidad anterior corta, ancha y fuerte
Sujeción de presa	Pinzas generadas por oposición de tibia sobre fémur
agarre de parásitos	Garras desarrolladas y piernas gruesas y cortas
Limpieza de patas	Peine formado por varias hileras de setas Muesca basal espinosa
Limpieza de antenas	Cepillo de pelos en lóbulo móvil
Recolección	Rastrillo en la pata trasera
Producción de seda	Tarsómero hinchado
Sedentarismo	Reducción de patas
Arrastrarse	Reducción de patas



Ejemplo de diversas modificaciones de pata según su función.

Si bien la lista anterior es somera, es posible observar ciertos parámetros, y éstos parámetros, son los que el diseñador puede tomar como base para buscar puntos a desarrollar para el Diseño. Con ayuda del Entomólogo (en este caso), se puede profundizar para obtener mejores resultados y una adecuada comprensión del fenómeno estudiado.

### **Patas como órgano sensorial**

Las patas son altamente sensibles al entorno. Cuentan con elementos propioceptores para controlar los segmentos de la pata y la postura. Tiene mecanorreceptores y quimiorreceptores que detectan los estímulos ambientales (Chapman, 1998)

La parte propioceptora incluye planchas de pelo y sensilias campaniformes además de los órganos cordotonaes (detectan estímulos táctiles y vibraciones). En total, hay cerca de 140 sensilias en placas de pelo que responden al roce con algo y 80 sensilias en cada pata delantera (Chapman, 1998) que son las que perciben antes los elementos al avanzar.

Los insectos poseen mecanorreceptores y quimiorreceptores que le ayudan a percibir estímulos del ambiente. Los quimiorreceptores son en su mayoría de contacto están en el tarso y tiene cerca de 200 en su superficie (Chapman, 1998).

Estas formas peculiares de percibir el entorno, nos pueden ayudar a generar parámetros de cómo distinguir el entorno de manera diferente a la que normalmente tenemos. Como se mencionó anteriormente las aplicaciones pueden ser muy diversas desde el desarrollo de elementos de rehabilitación, ayuda en discapacidades o nuevos dispositivos de control.

### **Adhesivo de las patas**

Ciertamente en cuanto a Biomimética refiere, el gecko es un gran ejemplo de las maravillas de la naturaleza, sin embargo es substancial resaltar que muchos insectos tienen la capacidad de subir paredes y aferrarse en superficies tan lisas como el vidrio.

Hemos notado que en los insectos es necesario analizar cada caso particular, porque puede tener particularidades muy específicas, pero por lo general su capacidad de pararse en las superficies obedece según Chapman a un adhesivo de setas o pelos que al estar agrupados forman almohadillas adhesivas.

Al parecer la flexibilidad de las setas (o espinas) es un elemento que favorece la adhesión en superficies irregulares y aumenta el poder de adhesión (Chapman, 1998). Otra función -además de caminar en todo terreno- es que gracias a este poder de unión, los machos de algunas especies de coleópteros, recurren a él para aferrarse a su compañera al aparearse, por lo que el género es un factor que influye en un mayor desarrollo de setas. En especies trepadoras se genera un líquido en las puntas de las almohadillas o pelos, para generar tensión superficial, aunque esto no pasa en todos los casos, ya que en algunos estudios no hay evidencias de fluidos.

Lo importante es conocer las posibilidades y aprender de ellas, para su correcta proyección al diseño de soluciones humanas, ya sea con un estudio individual o trabajando en conjunto con el especialista.

#### **3.2.3.2 Alas**

Al igual que para las demás partes de los insectos, las alas también suelen ser variadas en relación a su función y como vimos con anterioridad, facilitan la clasificación. Las alas son diversas en número, tamaño, forma, textura, venación y posición de reposo. Muchos insectos tienen en su nombre la terminación en "*ptera*" (viene del griego y significa ala) (Borrer y White, 1970) lo que nos indica que son insectos alados. Parecen



ser una estructura sencilla pero "son una estructura de enorme complejidad" (Grimaldi y Engel, 2005).

Las alas comienzan a desarrollarse desde los primeros estadios<sup>77</sup>, pero no son funcionales sino hasta después de la última muda (Grimaldi y Engel, 2005). En general los insectos cuentan con dos pares de alas, aunque algunos solo tienen un par (como las moscas) y otros no las desarrollan (como los apterygota).

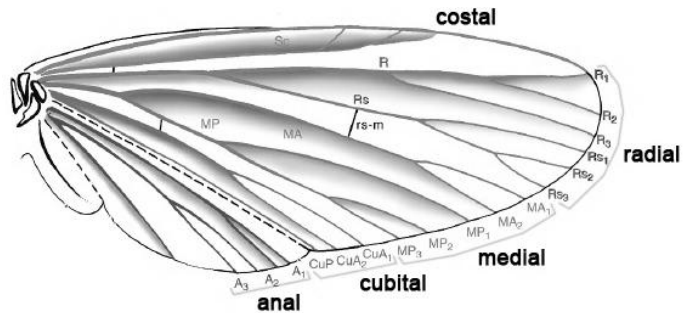
Las alas existen exclusivamente en la parte llamada pterotorax (mesotórax y metatórax unidos) y se articulan al cuerpo con unos escleritos llamados pteralia (Grimaldi y Engel, 2005). El ala en sí misma no tiene músculos por lo que el insecto controla desde la base con un amplio grado de movimientos. Los músculos de la base se insertan en unas placas del ala llamadas basalar y subalar.

Existen muchos estudios y publicaciones biomecánicas sobre los movimientos en vuelo de algunas especies, se enfocan más hacia la robótica y aerodinámica, pero proveen al diseñador de detalles muy particulares como por ejemplo las áreas que rozan mas las corrientes de aire.

El ala en si se forma de dos capas epidérmicas fusionadas que en estado adulto forman cavidades muy duraderas llamadas venas. Ellas proveen de soporte estructural (Grimaldi y Engel, 2005). La membrana del ala es comúnmente transparente y posee iridiscencia<sup>78</sup> como resultado de su estructura (Chapman, 1998), y en ocasiones están además sujetas a diseños únicos generados por los pigmentos de sus células.

Que como en el caso de la mariposa, la Biomimética ha emulado para generar nuevos tipos de pinturas con colores muy particulares

Las venas se alternan entre cóncava (crestas) y convexa (depresiones) y se han generado muchos sistemas para darles nombre. Los sistemas de venas más importantes son: costal, subcostal, radial, medial, cubital y anal.



Ejemplo de venación. Modificado de Grimaldi and Engel

Cuando de diseño alar se trata, es importante saber lo que buscamos. Si por ejemplo lo que queremos es potencia, entonces nos enfocaremos a las alas posteriores y el desarrollo único del post-noto. Esta clase de elementos nos ayuda a entender cuestiones de aerodinámica y distribución formal con un objetivo particular de aprovechamiento máximo de recursos lo que podría ser considerado como un factor importante en el diseño. Las alas tienen escamas en la superficie que tienen estructuras multifuncionales. En las mariposas (lepidópteros) son responsables de sus colores. Funcionalmente se les asocia con suavizar el flujo de aire (Chapman, 1998).

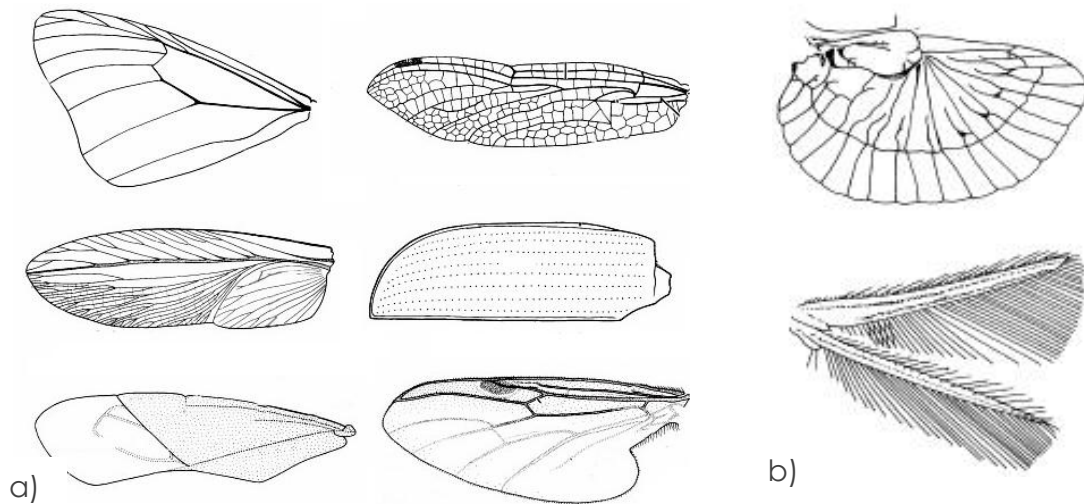
La forma obedece a la función. De acuerdo con Chapman (1998), las alas de base estrecha son de insectos de vuelo lento, las alas amplias se asocian a vuelos rápidos. Los contornos irregulares tienen la finalidad de camuflaje. Las alas endurecidas son para protección.

Uno de los detalles más sobresalientes sobre este tema, está en el plegado de las alas. Como ya sabemos no tienen músculos y necesitan un sistema de control durante el vuelo, de ahí que tengan una serie de líneas de flexión que responden a la tensión y se extienden o doblan para favorecer el paso de corrientes según se requiera (Grimaldi y Engel, 2005), para maximizar la producción de fuerzas aerodinámicas (Chapman, 1998).

Engel, 2005), para maximizar la producción de fuerzas aerodinámicas (Chapman, 1998).

<sup>77</sup> Se refiere a las etapas del desarrollo.

<sup>78</sup> La iridiscencia: es el fenómeno óptico en el que el tono de la luz varía de acuerdo al ángulo desde el que se observa la superficie



a) Ejemplo de variantes de plegados modificado de K. Hansen McInnes, 2005.

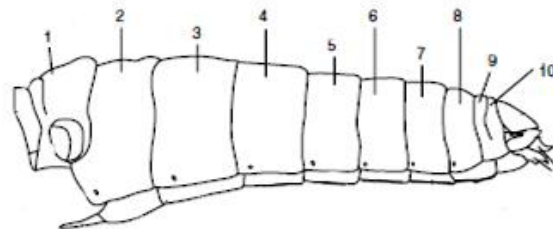
b) Ejemplo de diversidad de formas modificado de Chapman.

En reposo las alas se llevan sobre el dorso en la mayoría de los insectos (Chapman, 1998). Las alas también tienen sensilias que funcionan como mecanorreceptores y se cree que ayudan a controlar la estabilidad del vuelo (Chapman, 1998). En las moscas las alas posteriores se modificaron en halterios que tienen la función de dar estabilidad y un tipo de vuelo único. Sin duda son elementos de diseño interesantes de desarrollar.

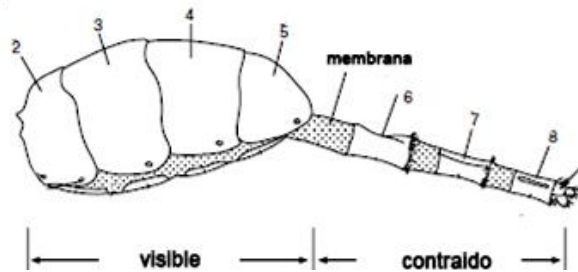
### 3.2.3.3. Abdomen

El abdomen está especializado para funciones viscerales de digestión, excreción, respiración, gametogénesis y copulación (Grimaldi y Engel, 2005). Su función fundamental es la reproductiva.

a) saltamontes



b) mosca



c) tijerilla



Ejemplos de segmentos de insectos a) saltamontes b) mosca. Modificado de Chapman 1998.  
c) cercos de tijerilla. Modificado de Grimaldi, 2005.

De acuerdo con Grimaldi (2005) el abdomen primitivamente está compuesto de 11

segmentos más un segmento postmetamérico. El segmento 1 está modificado para articularse con el tórax; del 1 al 7 hay vísceras; del segmento 8 a 10 están los genitales y el segmento 10 está reducido normalmente. Todos los insectos presentan reducción en al menos un segmento.

Los segmentos distales del abdomen son cónicos y permiten una función telescópica y a veces están más fuertemente esclerotizadas para que el insecto perfora el sustrato (Grimaldi y Engel, 2005).

Los cercos son apéndices en el segmento 11. Típicamente tiene una función sensorial, aunque en algunos Dermápteros (como la tijerilla) tiene forma de pinzas o sirve de elemento de sujeción. El ovopositor se encuentra también en el abdomen y es la parte con la que el insecto pone sus huevos; para algunas especies como los himenópteros, se ha modificado y sirve para inyección de veneno (Gullan y Cranston, 2005). Entre otras cosas para utilizar encontramos en el abdomen elementos telescópicos, retractiles, dispensadores, tenazas y sujeción, y opciones sensoriales para desarrollar objetos en Diseño.

### **3.2.4. Locomoción**

Este es otro tema que podría llevar toda una tesis, ya que es sumamente extenso e involucra el conocimiento de todo lo mencionado anteriormente sobre morfología así como la intervención del sistema nervioso y en ocasiones sensorial.

La pertinencia en mencionar este tema y el siguiente es alentar al diseñador en la búsqueda de opciones dentro del estudio de insectos para diseñar. La locomoción es un mecanismo que han desarrollado todos los animales ya que les ayuda a encontrar alimento, dispersarse, encontrar pareja (Chapman, 1998). Este desplazamiento en los animales (incluyendo a los insectos) se da por vía terrestre, aérea y acuática.

#### **3.2.4.1. Terrestre**

La mayoría de los insectos se mueven sobre la superficie del suelo caminando o corriendo. El cuerpo del insecto siempre está en la búsqueda del mantenimiento de la postura. Incluso una ráfaga de aire puede generar un cambio de postura y genera el llamado reflejo de posición postural (Chapman, 1998) que a grandes rasgos funciona con una serie de reflejos por acción neuronal que varían en función de la posición. El ángulo entre tibia y fémur de las patas delanteras (sensoriales) es cercano a 90° mientras que en las posteriores (propulsión) es por lo general de 45°. En Diseño esto nos da pauta para la ubicación de elementos de propulsión o estabilidad, por ejemplo.

De acuerdo con Chapman, al caminar, los insectos tienen patrones de movimiento que en general funcionan para la mayoría con el uso de tres puntos de apoyo, es decir levanta tres patas y deja las otras tres de apoyo (hormigas). El centro de la gravedad del insecto lento siempre se encuentra dentro de este trípode, dando una gran estabilidad (Gullan y Cranston, 2005). Aunque otro patrón es cuadrúpedo (saltamontes). Esta información ha sido altamente estudiada por especialistas en biomecánica o robótica para el desarrollo de elementos mecánicos.

La velocidad al caminar depende de cada insecto (Chapman, 1998). Se logra también al aumentar la frecuencia del movimiento de las patas acortando el período de retracción; acrecentar la longitud de la zancada; la alteración de la postura triangular, etc. (Gullan y Cranston, 2005) Esto nos da una pauta de diseño en función de nuestras necesidades. ¿Que buscamos? ¿Más estabilidad o velocidad? ¿Ambas? De acuerdo a nuestras preguntas y opciones, es la forma en que podemos encontrar los parámetros para nuestra búsqueda en el mundo natural.

En general los insectos usan energía mecánica que se almacena en el músculo y cutícula (Chapman, 1998).

En los insectos saltadores, se requiere un mayor desarrollo de la pata trasera y por

tanto de la musculatura de las mismas, especialmente en la articulación femoro-tibial (Chapman, 1998). En el fémur y combinaciones de articulaciones de la pata es almacenada la energía. Esta tensión es liberada de forma repentina, lo que resulta en la propulsión de los insectos en el aire (Gullan y Cranston, 2005). El salto también les ayuda a despejarse del piso para abrir las alas sin problemas.

Es importante recordar que existen otros mecanismos de salto que no implican las patas como es el caso de los Colémbolos, quienes cuentan con una modificación abdominal (furca) que funciona como catapulta para el insecto (Chapman, 1998).

Para cada uno de estos movimientos, existe un uso particular de la musculatura con sus modificaciones correspondientes en el exoesqueleto en cuanto a flexibilidad, peso y dimensiones. De ahí la importancia que hay en el estudio a profundidad.

### **3.2.4.2 Acuática**

La actividad acuática depende de los hábitos respiratorios. Los que están sumergidos permanentemente tienen branquias, otros se sumergen con un almacén de aire que renuevan, lo que genera flotabilidad (Chapman, 1998), solo por mencionar algunos sistemas.

Existe también la capacidad de caminar sobre el agua ayudados de la tensión superficial y de la tracción de las patas delanteras y el empuje de las traseras (Chapman, 1998).

Muchos insectos tienen la capacidad de nadar, para ello necesitan modificaciones que le permitan hacer un mayor empuje de agua (como si fuera un remo). Esto se logra ampliando la zona apical de las patas favoreciendo la retracción eficaz mediante el uso de pelos y espinas (Gullan y Cranston, 2005).

Otros utilizan cutículas hidrófugas (repele el agua), flecos (Gullan y Cranston, 2005) o sustancias químicas (Chapman, 1998).

Para el nado la mayoría utiliza las patas traseras y en ocasiones se combinan con las patas medias y cada uno tiene sus respectivas modificaciones estructurales, que pueden llevar incluso a la fusión de la coxa y el tórax (Chapman, 1998), concentrando el trabajo de potencia en el trocánter y de retracción en el fémur.

A diferencia de los caminadores, para los nadadores las patas se mueven juntas, es decir que no solo se modifican formas, sino combinación de elementos dependiendo de la función que se quiere obtener.

La eficiencia corresponde en algunas especies a mayores superficies aplanadas y más lejanía del tórax. Aunque la velocidad depende también de la frecuencia de los trazos de nado y aumenta con el tamaño del insecto. Otra característica en los insectos que nadan es el cuerpo aplanado dorso-ventralmente, lo que les da estabilidad (Chapman, 1998).

Esta proporción superficial nos ayuda a entender que la estabilidad en el agua depende de la base y la propulsión del área que se maneja. Esto puede parecer obvio quizá para quien se dedica a esto, pero para los no conocedores, puede significar un ejemplo práctico donde se genere un entendimiento en cómo las leyes de la Física influyen en los cuerpos acuáticos.

### **3.2.4.3 Aérea**

El aleteo, al igual que el resto de los movimientos en los insectos, es producido gracias al trabajo de músculos específicos. Sin embargo también depende de la elasticidad del tórax (Chapman, 1998). Se trata de una forma de locomoción sumamente detallada de la que se pueden obtener una cantidad impresionante de datos y ejemplos de las capacidades de vuelo. La función principal del ala es generar fuerza de levantamiento (Chapman, 1998).

Esta tesis proporcionará solo algunos detalles que ejemplifiquen y generen puntos

de interés en para diseñador interesado en este tipo de Biomimética.

De acuerdo con Chapman al igual que con el salto, el mecanismo de vuelo funciona mediante la acumulación de energía en la cutícula, los músculos de vuelo, mediante la torsión del tórax y con ayuda de unas almohadillas de resilina. Toda esta energía es posteriormente liberada. Además, el proceso de vuelo lleva consigo movimientos específicos, en su mayoría ayudados de fuerzas aerodinámicas:

1. Trazo del plano, es el movimiento del ala en relación con el cuerpo. Para el revoloteo es casi horizontal y se hace oblicuo cuando el insecto vuela más rápido.
2. Amplitud de trazo del movimiento del ala, que va de los 70 a los 130°
3. Frecuencia del aleteo, que ayuda a dar potencia de salida.
4. Angulo del cuerpo del insecto de 30 a 50°

Durante el aleteo las alas no solo van de arriba hacia abajo, sino que se retuercen (Chapman, 1998). Esto ha sido blanco de múltiples estudios ya que se cuenta con mejor tecnología que permite observar en cámara lenta los movimientos que antes no era posible percibir. La armonización del batir de las alas es mantenido a través de la rigidez del tórax (Gullan y Cranston, 2005).

### **3.2.5. Sistema sensorial**

El sistema sensorial es también una cuestión detallada debido a que los insectos responden a diferentes tipos de estímulos y es por ello que no se entrará en detalle. Solo se mencionaran algunos ejemplos que pueden ayudar al diseñador a encontrar opciones para estudios posteriores.

Conocer del sistema sensorial de los insectos como se ha venido mencionando, ayuda en el Diseño (entre otras) a generar nuevas formas de percepción del entorno. Si entendemos estos mecanismos podremos desarrollar elementos de ayuda para discapacidades, que a veces por incluir tecnologías muy novedosas son costosos y, por lo tanto, inaccesibles a una gran proporción de la población que requiere de ellos. El diseñador puede colaborar con este tipo de diseños buscando alternativas que sean menos inaccesibles de producir o adquirir.

En un trabajo conjunto con electrónica se pueden desarrollar dispositivos de control o estabilizadores automáticos.

Veamos algunos detalles del sistema sensorial. De acuerdo con lo investigado por Gullan y Cranston (2005), al igual que en los humanos se requiere de la acción neuronal. Los órganos sensoriales están dispuestos en todo el cuerpo del insecto.

Estos órganos de los sentidos les ayudan a diferenciar y reconocer depredadores, si es uno o varios, microclimas, variaciones en humedad, flujo de aire y temperatura, incluso son auxiliares en la navegación del insecto especialmente en la noche, y son capaces de detectar estímulos térmicos, mecánicos químicos y visuales.

Ya conocimos la sensilia que es el órgano básico sensorial del insecto y se encuentra sobre la cutícula. Ayudan, entre muchas cosas, a mantener la orientación de su cuerpo, a detectar sonidos y otras vibraciones. Esto puede ayudar a desarrollar sensores para transporte de material que requieran constante equilibrio, sistemas en automóviles o elementos de rehabilitación.

Otro ejemplo para estudiar son los insectos que producen sonidos (como estridular), porque mediante una caja acústica con ayuda una serie de dientes o crestas raspan y hacen sonidos que son amplificados para ser incluso molestos para los seres humanos que tenemos un tamaño mucho mayor. Esto puede servir para mejorar cajas de sonido o aparatos transmisores que no requieran mucho consumo de energía.

Como se puede observar, existen muchas opciones de estudio, y al acercarse a las publicaciones y libros de los expertos, se tiene la opción de acercarse a un sinnúmero de ejemplos de particularidades de familias o especies.

Ahora que conocimos la constitución del cuerpo de los insectos, veamos uno de los procesos más impresionantes e importantes en los insectos, la metamorfosis.

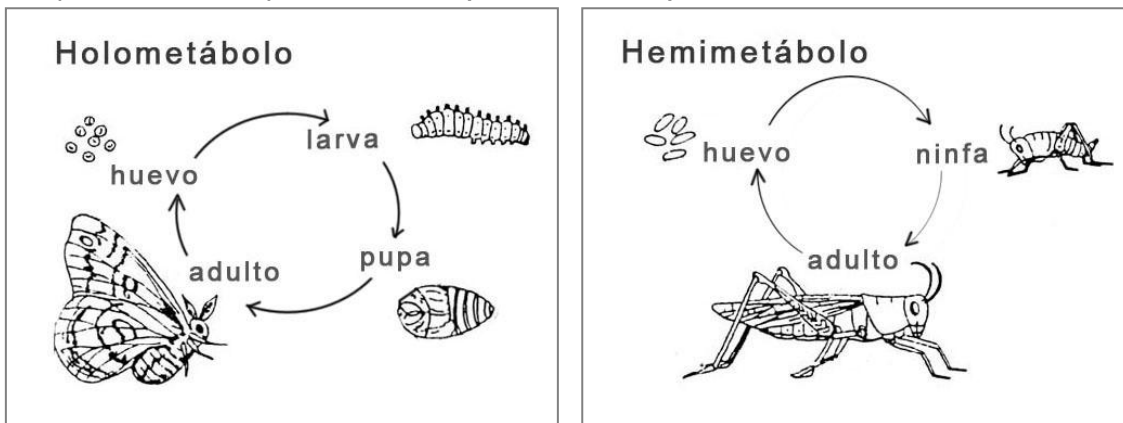
### 3.2.6 Metamorfosis

Se trata de un proceso de transformación sumamente importante que se da en los insectos. En general ayuda a que las fases juveniles y adultas se “desvinculen” ecológicamente hablando, esto trae una ventaja evolutiva que radica en que los drásticos cambios entre el insecto inmaduro y el maduro pueden llegar a crear grandes diferencias de hábitos respecto a la otra etapa. Esto ayuda a evitar la competencia entre los mismos miembros de una especie.

Existen dos tipos de metamorfosis: completa e incompleta.

Se llama holometábolos a los insectos que sufren metamorfosis completa, es decir que cambian su apariencia y características drásticamente del estado larvario al adulto (Hickman,1978).

Holometábolo, del griego *holos*=entero; *metabole*=cambio (Gibb, 2006), es un desarrollo que tiene cuatro etapas: huevo, larva, pupa, y adulto. Del huevo surge la larva cuya función principal es comer y crecer, su apariencia es parecida a un gusano. Las alas se desarrollan ocultas bajo la cutícula. En la etapa de pupa la larva de insecto hace un cascaron duro donde vivirá, dejara de comer y de moverse por un periodo de tiempo. Ahí la larva cambiará hasta tener las características del adulto. Una vez que está lista, sale de su capullo y el nuevo insecto se estira despacio por un par de horas mientras su exoesqueleto se seca y se endurece (Hickman,1978).



Tipos de metamorfosis y las fases de cada una. Modificado de la guía de prepa abierta S.E.P.

Son hemimetábolos aquellos que cambian parcialmente para llegar a la adultez, y poseen una apariencia física muy similar desde que nacen. En estado inmaduro se les conoce como ninfas. Usualmente les falta el paso llamado “pupa” (Hickman,1978). En el desarrollo hemimetábolo (griego, *hemi* = mitad; *metabole* = cambio) sus cambios más evidentes se dan en el aumento de tamaño y la aparición de alas.

Suelen tener la misma alimentación que los adultos. Las mudas<sup>79</sup> permiten que crezca la cutícula y sea más elástica que la anterior (Hickman,1978). Estos insectos tienen varias mudas hasta alcanzar el tamaño adulto.

<sup>79</sup> Muda: proceso de producir una nueva cutícula (gracias a la estimulación hormonal) y el desprendimiento (o ecdisis) de la vieja cutícula.

Se llama ametábolos (griego *a* = sin; *metabole* = cambio) a los animales que no se transforman (Gibb, 2006). Este proceso como diseñadores puede resultar atractivo porque nos brinda opciones para el desarrollo de elementos de guardado y genera posibilidades de plegado, además de que se puede estudiar el desarrollo de la cutícula con los mismos fines antes mencionados en una manera análoga, como protección o incluso la misma retención de humedad. Ahora que conocemos la morfología del insecto, veamos cómo son clasificados y esto para qué le sirve al Diseño conocerlo.

### 3.3. Clasificación de los insectos

Las clasificación de los insectos al igual que todos los organismos vivos, son jerárquicos, es decir, el más grande de los taxones se subdivide en taxones sucesivamente más pequeños. Por lo tanto, cada taxón tiene un determinado nivel (rango) dentro del sistema. Grupos del mismo valor se dice que pertenecen a la misma categoría taxonómica. Todas las categorías son importantes ya que nos ayudan a conocer más información, pero existen categorías que son básicas y en el ejemplo se encuentran señaladas (>). Para mostrar la disposición jerárquica y familiarizarnos con la idea, tomaremos los nombres de las distintas categorías. La abeja de la miel, *Apis mellifera*, servirá como ejemplo base de clasificación:

- Dominio**
- Reino**
- Filo o División**
- Clase**
- Orden**
- Familia**
- Género**
- Especie**

Clasificación de los seres vivos



Ejemplo para la clasificación de una abeja común.

- |              |                          |
|--------------|--------------------------|
| > Reino      | Animalia                 |
| > Phylum     | Arthropoda               |
| subphylum    | Pancrustacea o Unirramia |
| superclase   | Hexapoda                 |
| > Clase      | Insecta                  |
| subclase     | Pterygota                |
| infraclasse  | Neoptera                 |
| división     | Oligoneoptera            |
| > Orden      | Himenóptera              |
| suborden     | Apocrita                 |
| superfamilia | Apoidea                  |
| > Familia    | Apidae                   |
| subfamilia   | Apinae                   |
| Tribu        | Apini                    |
| subtribu     | -                        |
| > Género     | Apis                     |
| subgénero    | -                        |
| > Especie    | <i>Apis mellifera</i>    |

A grandes rasgos a los insectos se les puede clasificar en dos subclases: Apteriygota (insectos sin alas que incluye los ordenes Protura, Thysanura y Collembola) y la Pterygota (insectos alados que incluye el resto de los órdenes)(Borror y White, 1970).



Orden Diplura, un ejemplo de Apteriygota. Foto de North Carolina State University



*Actias luna* Linnaeus, un ejemplo de Pterygota, Holland, 1903

La clasificación, es un medio de organización que ayuda a hacer más eficiente la búsqueda de información sobre los organismos ya que nos ayuda a inferir características implícitas en las especies sin necesidad de una descripción total de la misma lo que nos provee de algunos datos sobre las teorías que se manejan en su filogenia.

Clasificar ayuda a hacer predicciones sobre el organismo estudiado, por ejemplo, si los individuos han sido asignados a un determinado taxón con criterios estructurales específicos, entonces sería posible predecir (en términos generales) sus hábitos (incluyendo su origen), las características internas y fisiología, con base en lo que se sabe de los otros individuos, mejor estudiados miembros del mismo taxón.

Así, al conocer las características generales de los grupos obtendremos una gran cantidad de información que podremos relacionar unos insectos con otros por medio de sus generalidades. Esto es útil para Diseño a fin de no necesitar una descripción a detalle del más de un millón de especies existentes. Ahí está la utilidad de encontrar solo los insectos más representativos.

El conocimiento de la clasificación taxonómica dará las pautas para estudiar y buscar las características que deseamos conocer con base en las generalidades.

### **Una clasificación puede ser natural o artificial**

Las clasificaciones artificiales se diseñan de manera que los organismos pertenecientes a diferentes taxones dentro del sistema puedan ser separados sobre la base de caracteres individuales. Su valor es restringido y la información que reflejan sólo se puede utilizar para la finalidad para la que fueron inicialmente diseñados (Dhooria, 2008).

La clasificación "natural" ofrece relaciones de las especies y nos indican el grado de similitud que guardan los organismos (Dhooria, 2008). Casi todas las clasificaciones modernas son naturales o dicotómicas.

Para un diseñador considero que es mucho más útil la clasificación natural ya que en general nos enfocamos más sus características como especie y la relación que esto tiene con los otros organismos.

Se utilizará para esta tesis la clasificación tradicional basada en relaciones filogenéticas. Veamos ahora, cómo se trabaja la nomenclatura de los insectos.

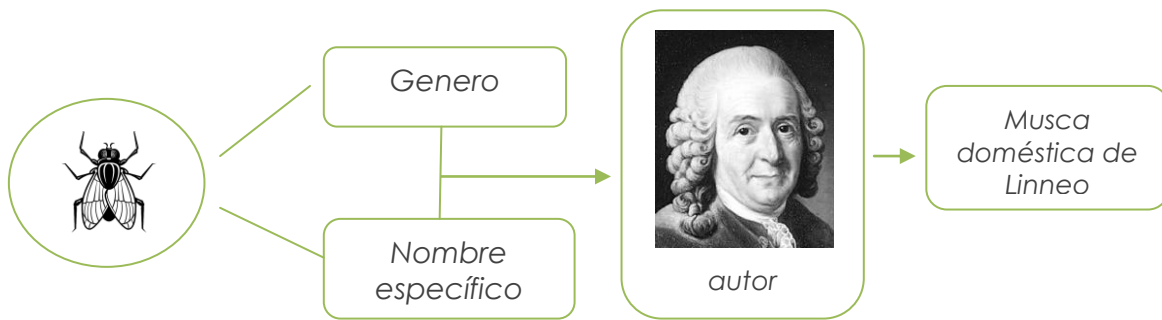
### **3.4. Nomenclatura de los insectos**

Como sabemos, el reino animal se divide ampliamente en grupos. Para los científicos, la clasificación se formaliza en un conjunto jerárquico de hipótesis de sus características, grupos (taxones), y las relaciones entre los grupos (Thompson, F. C. 1996) y en este caso de insectos.

Este proceso se lleva a cabo en cualquier tipo de animal y el conocer esta información es una herramienta indispensable para proporcionar etiquetas en los grupos taxonómicos con el fin de facilitar la comunicación entre los científicos y proporcionar la universalidad en los nombres (Dhooria, 2008).

El sistema de Linneo proporciona dos nombres a las especies descritas (un binomio). El primero es el nombre genérico (género) y el segundo el epíteto específico ambos se escriben en itálicas. Generalmente esta seguido del nombre de una persona (el autor) por ejemplo: *Musca domestica* Linn. – mosca doméstica de Linneo, ahí el género es *musca* y el epíteto específico es *domestica* (Gullan y Cranston, 2005).





El nombre científico es asignado por el especialista y su aplicación sigue ciertas reglas, la mayoría son griegos o latinos. Siguen las reglas de nomenclatura de todos los animales (Gullan y Cranston, 2005), y son necesarios para una comunicación sin ambigüedades, cualquiera que sea la procedencia del científico. Cuando el diseñador busca información, es con estos nombres que se debe hacer.

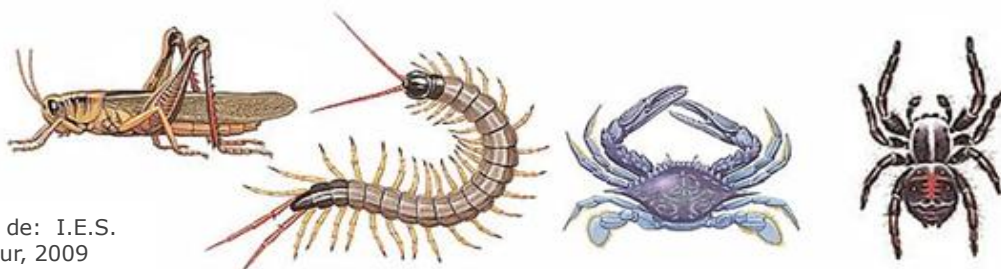
El nombre común es el que usa la mayoría de las personas y en general la palabra con que se designa a un insecto se refieren a órdenes completos; como "escarabajo" los coleópteros. Otros ejemplos son chinche, mosca, termita, etc. Por ejemplo mantis y campamocha, hacen referencia al mismo insecto; de igual modo catarina y mariquita. El nombre común casi no nos brindará información sobre el insecto y además puede llegar a generar confusión debido al uso de cada región en un mismo insecto.

Un dato interesante es que los insectos pueden estar siendo estudiados por dos personas en diferentes lugares, y pueden llegar a ser nombrados de diferente manera sin que el especialista se enterare de ello. Si esto pasa se debe buscar cual nombre fue utilizado primero y a éste se le considera el nombre correcto, dejando a los otros nombres como sinónimos.

### 3.5. Los artrópodos

Anteriormente vimos que dentro de los invertebrados hay un grupo llamado artrópodos y que en él están los insectos (Filo Arthropoda y Clase Insecta, respectivamente). El filo de los artrópodos incluye varias clases entre las que están los arácnidos (arañas, alacranes y ácaros), varios tipos de crustáceos<sup>80</sup> (camarones, langostinos), miriápodos<sup>81</sup> (ciempiés, milpiés) y los insectos, que representa a la clase más numerosa de los artrópodos.

Podemos decir que por sus características generales insectos, milpiés, crustáceos y arañas están por decirlo de algún modo "emparentados".



Modificada de: I.E.S. Sierra Sur, 2009

<sup>80</sup> Crustáceo: Clase de artrópodos de respiración branquial, cubiertos generalmente de un caparazón duro o flexible y con dos pares de antenas

<sup>81</sup> Miriápodos: Animales antenados de respiración traqueal, cuerpo dividido en anillos, mandibulados y con numerosos pares de patas

Los artrópodos son un grupo muy diverso, su nombre deriva del griego *arthron* = articulación; *podia* = o patas; es decir "los de patas articuladas" (Resh y Ring, 2009) Se trata de un grupo cuya evolución e interrelaciones entre los organismos que lo forman, han sido considerablemente debatidas durante más de un siglo.

Su desarrollo evolutivo ha sido colosal y sus características principales son que su cuerpo articulado les da grandes ventajas y poseen un exoesqueleto que funciona como un escudo (único en el reino animal) cuya dureza es variable.

Este exoesqueleto hecho de quitina y proteínas, ha permanecido a lo largo de su existencia como un atributo de vital importancia para protegerlos de su entorno y reduce la pérdida de agua. (Resh y Ring, 2009), está fortalecido con sales y soporta constantes modificaciones como vimos en el proceso de la metamorfosis.

Son variados en tamaños, pueden ir desde las 80  $\mu\text{m}$  del ácaro biliar, hasta los 3.6 m (con las patas extendidas) del cangrejo conocido como centolla (Resh y Ring, 2009).

El phylum Arthropoda se divide en cuatro linajes principales considerados subphyla: Marelomorpha, Arachnomorpha, Crustaceomorpha y Atelocerata (Hexápoda y miriápodos<sup>82</sup>) los cuáles difieren en el número y tipo de apéndices.

Los insectos son por tanto Artópodos hexápodos del subphyla Atelocerata. Los insectos son los representantes más dramáticos del proceso de metamorfosis entre los artrópodos (Hickman,1978).

Hablemos ahora de la diversidad en a través de los órdenes de los insectos.

---

<sup>82</sup> Grimaldi D. y Engel M. (2005) Evolution of the insects. Cambridge University, UK. Press, Pag. 99

# 4



## DIVERSIDAD DE LOS INSECTOS

## 4. La diversidad de insectos

¿Porque son tan diversos los insectos? Como ya vimos los insectos han existido desde hace por lo menos 400 millones de años (Grimaldi y Engel, 2005), es decir en el Silúrico (aprox. hace 438 a 408 millones de años) y se cree que estaban posiblemente en el Silúrico Tardío alrededor de 420 millones de años (Grimaldi y Engel, 2005).



La pregunta es ¿Cuántos hay? De acuerdo a una publicación de Kevin J. Gaston hay cifras calculadas del departamento de Entomología del Museo de Historia Natural de Londres de 1976 (sin publicar) con un estimado de 827,000 especies (Gaston, 1991)<sup>83</sup>. Las estimaciones más actuales encontradas del año 2009 hablan de un número de 1,004,898 especies<sup>84</sup>. Grimaldi y Engel sugieren que solo el 20% de los insectos han sido nombrados. Se trata de estimaciones numéricas ya que la vasta riqueza de las especies y lo inhóspito de algunas regiones no facilita el proceso de búsqueda; además las averiguaciones toman mucho tiempo y los resultados se conocen hasta su publicación.

Como se puede apreciar, las estimaciones son variadas, esto nos ayuda a entender que los datos irán cambiando conforme se hagan descubrimientos, sin embargo, la precisión numérica no es un factor relevante para esta tesis. Sin embargo, estos datos se presentan a fin de mostrar lo extenso de las posibilidades presentes y futuras. Lo importante para los diseñadores es conocer que existen campos con gran número de posibilidades para trabajar.

### 4.1. Características generales de los principales órdenes

Para poder aprender a diferenciar con mayor facilidad esta gran diversidad de los insectos, se presenta una sinopsis de sus características más representativas de acuerdo a los órdenes en los que son agrupados. El número de órdenes puede variar en función del autor y de los avances de las investigaciones, llevando incluso a nomenclaturas nuevas.

En taxonomía como ya se mencionó, el orden filogenético de los elementos es sumamente y ayuda a encontrar relaciones entre organismos, debido a que se organizan de lo más primitivo hasta lo más complejo.

En este texto se incluye la información que se consideró más interesante para Diseño con la finalidad de ayudar a un rápido acercamiento a esta área disímil.

La clasificación con que se ha trabajado, está basada en Triplehorn, Ch.A. y Jonson, N.F., 2005 y se ha dispuesto en orden filogenético.

#### Protura

Alrededor de 500 especies descritas. Son difíciles de encontrar. Viven en musgo, madera podrida, el suelo y la hojarasca. No posee antenas, alas, ni ojos y su tórax es débil, pequeño, blanquecino y alargado. Su aparato bucal es perforador.



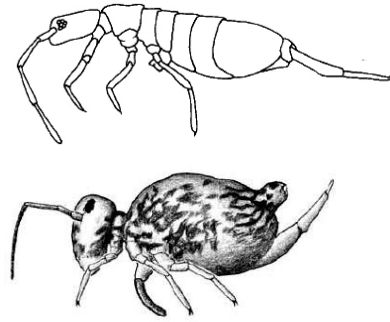
Tienen seis patas pero solo utilizan cuatro para caminar (tetrápodos) las patas anteriores están dirigidas hacia adelante. Se alimentan de hongos en la raíz de las plantas.

<sup>83</sup> Según datos obtenidos de The Magnitude of Global Insect Species Richness KEVIN J. GASTON Conservation Biology, Vol. 5, No. 3 (Sep., 1991), pp. 283-296

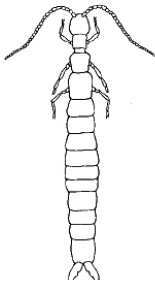
<sup>84</sup> FOOTIT R.G. AND ADLER P.H. (2009). Insect biodiversity: science and society. Chichester. U.K.

## Collembola

Cerca de 6.000 especies descritas. Viven en diversos hábitats en todo el mundo, desde las cuevas, al lado de las aguas dulces o marinas, el suelo y la vegetación en descomposición. Son insectos diminutos, sin alas y con cuerpo alargado u oval. Los ojos compuestos de los colémbolos se reducen a algunas facetas. Las piezas bucales se reducen y se oculta dentro de la cabeza. En el tercer y cuarto segmento abdominal, tienen una estructura bifurcada llamada fúrcula que forma un mecanismo de resorte para impulsarlos en el aire. La mayoría de las especies se alimentan de hongos, descomposición, excremento o microorganismos.



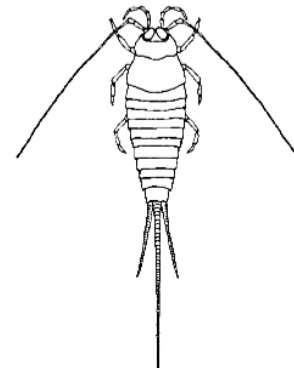
## Diplura



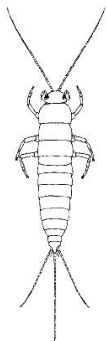
Hay alrededor de 700 especies citadas. Gustan de los lugares húmedos, por ello viven en el suelo, madera podrida, o en la hojarasca. Por lo general son de tamaño pequeño, aunque algunos llegan a 50 mm de largo. El cuerpo es estrecho, no tienen ojos, no presentan escamas y sus antenas son largas. El aparato bucal es mandibulado retraído dentro de la cabeza. Las patas incluyen cada una cinco segmentos y con par de garras laterales. Tienen cercos con forma de pinzas. Hay especies herbívoros y depredadores.

## Microcoryphia

Hay cerca de 504 especies descritas. Viven bajo corteza de los árboles o piedras. Tienen cuerpo de tamaño moderado y comprimido lateralmente, con el tórax arqueado. Los ojos son compuestos y bien desarrollados con ocelos bien desarrollados para la vida nocturna. Todas las especies carecen de alas. Tienen mandíbula monocondílica. Tienen un filamento terminal. Ovipositor rígido para perforar y poner huevos. Pueden saltar por la flexión rápida del abdomen. Se alimentan de algas, musgos, y otros materiales vegetales. Suelen ser nocturnos.



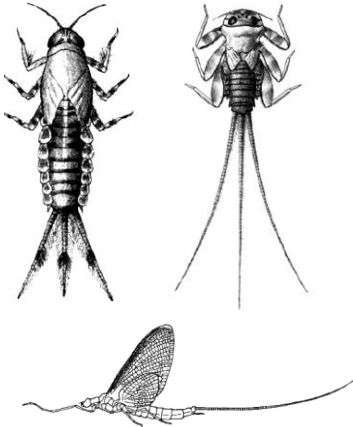
## Thysanura



527 especies descritas. Son de tamaño pequeño, alargados y dorsoventralmente comprimidos. El cuerpo suele estar cubierto de escamas. No presentan alas. Las piezas bucales están adaptadas para la masticación y el ojo compuesto es pequeño o está ausente. Carecen de ocelos. No tienen alas y presentan un largo filamento que termina entre los cercos. En su mayoría diurnas y omnívoras. Ágiles corredores, se mueven rápidamente. Presentan escamas brillantes (plateadas), de ahí su nombre "pececillo de plata".

## Ephemeroptera

3046 especies descritas. Las ninfas son acuáticas y se les encuentra en una variedad de ecosistemas acuáticos, sistemas de corrientes frías, pequeños y lentos ríos o lagos. Las ninfas efímera son la base proteica de la cadena alimentaria de agua dulce, muy sensibles a las impurezas por ello son indicadores fiables de la calidad del agua. Las efímeras inmaduras son completamente acuáticas y respiran a través de una serie de branquias abdominales laterales y requieren un año de desarrollo.



Son de cuerpo blando, alargado. Tienen un distintivo corsé costal en la base de las alas anteriores. Las alas traseras casi carecen de la región anal. Todas son membranosas. Tienen de dos a tres filamentos caudales y sus patas delanteras son largas. Solo tienen boca los estadios ninfales que están adaptados para masticar y se alimentan de algas, desechos orgánicos y otros son depredadores.

En estado adulto sus piezas bucales están ausentes porque no se alimentan, ya que como su nombre sugiere, tienen efímeras vidas. Estos insectos no viven más que unos pocos días (algunos no superan 2 horas) con el propósito de reproducirse y dispersarse.

## Odonata

5680 especies descritas. Se dividen en varios subórdenes cuyo nombre común es más conocidos: libélulas, caballitos del diablo y mariposas dragón. Se les encuentra en hábitats de agua dulce y salobre. Tienen abdomen largo y delgado. Los adultos tienen cabeza ancha con grandes ojos compuestos. Las antenas son cortas. Tienen patas fuertes con espinas para ayudar a cazar insectos al vuelo. Las piezas bucales están adaptadas para masticar y están fuertemente dentadas debido a que son depredadores. Las alas son grandes y estrechas, membranosas y reticuladas. Los adultos son voladores y utilizan la vista para encontrar a sus presas.

Las ninfas acuáticas respiran con la ayuda de las branquias.

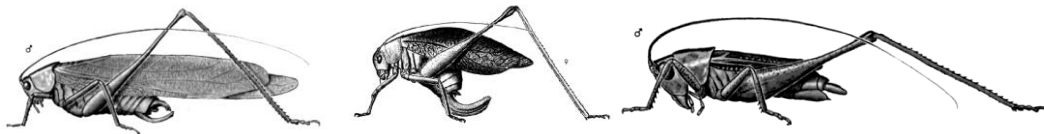
Los adultos son típicamente diurnos o crepusculares, solo de vez en cuando son nocturnos.



## Orthoptera

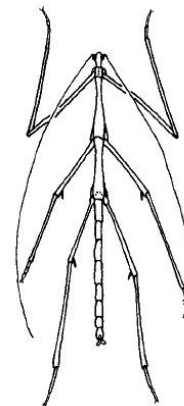
23,616 especies descritas. Son anatómicamente diversos. Por lo general habitan en la vegetación y se alimentan de ella. El abdomen es largo y cilíndrico. Tienen ojos compuestos y a menudo están presentes tres ocelos. La mayoría de los adultos pueden volar y sus alas delanteras se caracterizan por numerosas venas. Las alas traseras también son venosas pero membranosas y se pliegan en estado de reposo. Las piezas bucales están adaptadas para masticar. Algunos suelen tener antenas más largas que el cuerpo. Las patas traseras son fuertes y grandes porque se adaptan para saltar (fémur grueso lleno de músculos) con espinas en la superficie dorsal. Son animales nocturnos.

Los machos se distinguen por el sonido que producen por el roce del ala con unas protuberancias en la pata. Muchos de coloración críptica<sup>85</sup> que se asemeja follaje o la corteza



### Phasmatodea

2853 especies descritas. Conocidos como insectos palo e insectos hoja son notables imitadores de los tallos, ramas y hojas. Habitan en lugares templados y tropicales. El insecto palo es largo y delgado, es el más largo existente, pudiendo llegar a 55.5 cm. Otros son aplanados lateralmente, modificado para asemejarse a las hojas. Su cuerpo es a menudo espinoso con la cabeza prognata. Normalmente no tienen ocelos. Tienen boca para masticar. Las alas están ausentes de la mayoría de las especies. Las especies aladas son más comunes en las zonas tropicales. Las patas son similares en apariencia y están adaptadas para caminar. Pueden permanecer en el estadio de huevo durante más de un año, dispersos por separado en el suelo semejando semillas. Sus movimientos son lentos y semejantes al de las ramas o las hojas.



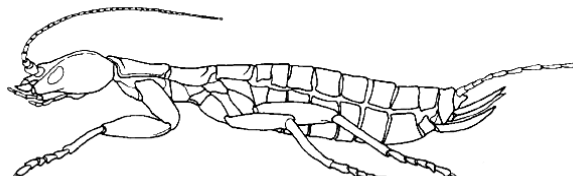
La coloración críptica (generalmente de color verde o marrón) los hace difíciles de detectar. Son especies fitófagas que se alimentan por la noche y permanecen prácticamente inmóviles durante el día. Si se les molesta o ataca, fingen su muerte incluso por horas.

### Notoptera – Grylloblattodea

Cerca de 25 especies. Habitan en lugares fríos, a lo largo de los bordes de los glaciares o cuevas de hielo. Su cuerpo es blando, cilíndrico, alargado, delgado y sin alas.

Tienen cabeza hipognata. Con ojos compuestos reducidos (o ausentes) y sin ocelos. Las patas están adaptadas para correr con coxas grandes. Sus antenas son largas y segmentadas.

Son principalmente nocturnos. Se alimentan de insectos muertos o materia orgánica descompuesta.



### Mantophasmatodea



Aproximadamente 3 especies. Se les encuentra en África.

Tienen cabeza hipognata. Son pequeños y tienen alas. Con aparato bucal para masticar. Antena larga y filiforme. Son depredadores. Similares a una mantis inmadura sin la característica modificación de las patas delanteras.

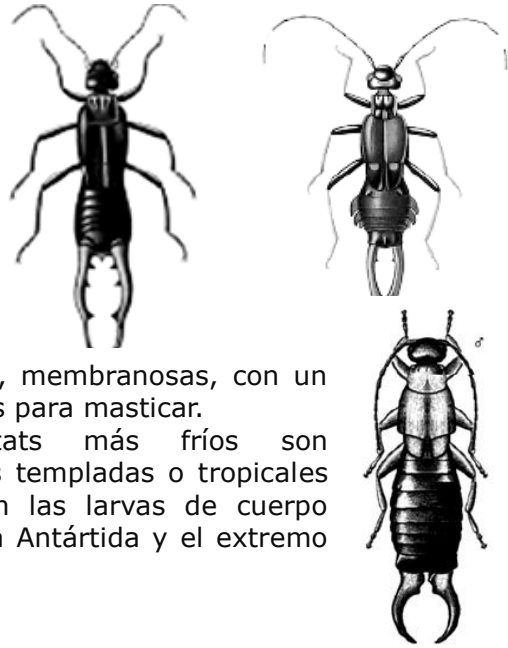
<sup>85</sup> Críptico: que se confunde o camufla con el entorno

## Dermáptera

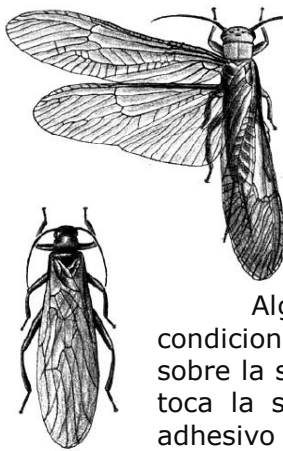
1967 especies descritas. Normalmente viven en hábitats ribereños, en las grietas, en la hojarasca o bajo la corteza de los árboles. Cabeza prognata y abdomen telescópico. El final de su cuerpo se modifica en una pinza llamada cerco que utilizan para cazar, apareamiento y en plegar las alas posteriores. Ausencia de ocelos. Tienen alas delanteras cortas, de cutícula que no sirven para el vuelo.

Las alas traseras suelen ser más grandes, membranosas, con un mecanismo de plegado único. Tiene piezas bucales para masticar.

Las especies que viven en hábitats más fríos son predominantemente herbívoras y las de regiones templadas o tropicales son en su mayoría depredadoras que prefieren las larvas de cuerpo blando. Se distribuyen a nivel mundial excepto la Antártida y el extremo del Ártico.



## Plecoptera



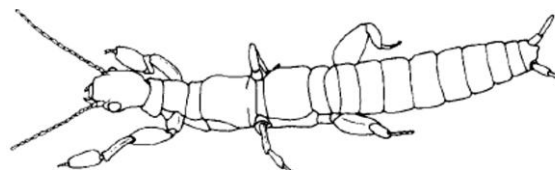
3497 especies nombradas. La mayoría son diurnos de adultos. Los inmaduros viven en el agua (pocos son terrestres) y las ninfas se llaman náyades. Gustan del agua dulce en movimiento. De adultos presentan cuerpo blando, de tamaño moderado y son comprimidos dorsoventralmente. La cabeza muestra dos o tres ocelos. Las antenas son largas, delgadas y muy segmentadas. Las partes de la boca son para masticar. Las alas son membranosas, con numerosas venas. Tienen fuertes músculos abdominales. La mayoría son aviadores pobres, pero corredores ágiles.

Algunas especies parecen modificar su ciclo de vida según las condiciones ambientales cambiantes. Las hembras depositan los huevos sobre la superficie del agua durante el vuelo, cuando el ápice del abdomen toca la superficie del agua y algunos de ellos tienen un revestimiento adhesivo activado por agua. Los adultos casi siempre salen de noche y durante el día se encuentran descansando en la vegetación. Son principalmente omnívoros o detritívoros.

## Embioptera - Embiidina

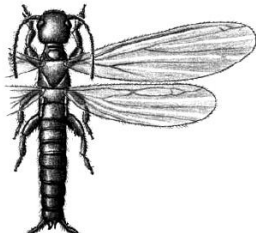
Existen 458 especies descritas. Se desarrollan principalmente en los trópicos, aunque algunos se extienden a regiones templadas. Viven en pequeños espacios que recubren de seda que producen y es parte de toda la vida del insecto. Algunos viven en colonias cuidando únicamente a su propia cría. Son en su mayoría pequeñas, con una cabeza prognata. Sin ocelos. Las hembras no tienen alas. Los machos pueden o no ser alados y a veces ambas condiciones se dan en una especie. Cuando hay alas presentes, la venación es reducida. Por las venas pasa hemolinfa y este insecto deja de bombear hemolinfa para hacer las alas flexibles y las "rellena" si necesita volar nuevamente. Tienen piezas bucales masticadoras.

Se fingen muertos si se ven amenazados y pueden correr velozmente hacia atrás gracias a grandes músculos de las tibias traseras. Se alimentan de corteza, musgos, líquenes, hojas secas y otros materiales vegetales.





## Zoraptera



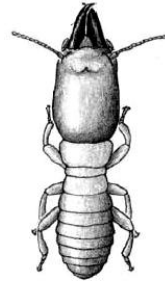
Son 34 las especies descritas. Se trata de diminutos insectos. Viven bajo la corteza de los troncos en descomposición o dentro de los nidos de termitas. Son ciegos. Hay alados y ápteros. Poseen antenas segmentadas. Tienen piezas bucales masticadoras y se alimentan de hongos y artrópodos pequeños muertos.

## Isoptera

2864 especies descritas. Las termitas (nombre común) son esencialmente sociales y más abundantes en las regiones tropicales y subtropicales. Son pequeñas de cuerpo blando y de gran variedad de formas y modificaciones de coloración. La forma también obedece a la función (reproductoras, soldado, ninfa, trabajadora), son individuos con un sistema de castas muy desarrollado donde se tiene una determinada tarea en la colonia. Las castas son de reproducción primaria (rey y reina) quienes viven por muchos años. Hay las reproductoras secundarias que en caso de ser necesario son una especie de reina sustituta para generar huevos con un cuerpo menos esclerotizado.

Los soldados son machos y hembras estériles. Tienen la cabeza muy grande esclerotizada; otros están armados con fuertes mandíbulas cortantes y varios cuentan con un pico que expulsa secreciones. Algunos soldados tienen cabezas muy grandes y esclerotizadas para bloquear los túneles. Las obreras en su mayoría son ciegas.

Aunque en términos generales se parecen a las hormigas, se les puede distinguir porque las termitas tienen una cintura ancha y antenas de cuentas, y dos pares de alas del mismo tamaño y forma. Las piezas bucales son mandibuladas para la masticación.

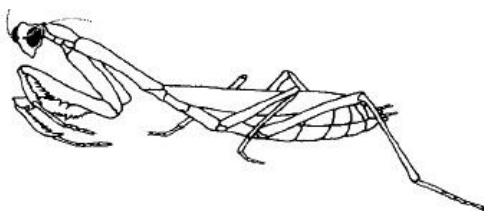


El principal alimento de las termitas es la celulosa. Esta es degradada por microorganismos que viven en el intestino grueso de la termita sin los cuales morirían de hambre. Dependiendo de su hábitat, tienen diversos tipos de viviendas, desde montículos (termiteros), nidos arbóreos y nidos subterráneos.

## Mantodea

2384 especies descritas. Habitan en el suelo, vegetación o troncos de los árboles. El tamaño de sus cuerpos es moderadamente largo. Sus estructuras y coloración son diversas, lo que usan para camuflarse imitando, hierba, tallos y flores.

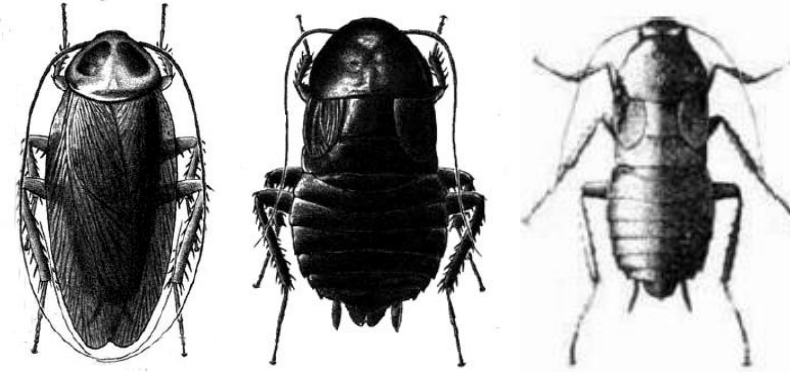
Los ojos de la mantis son grandes y abultados, con un gran campo frontal y tienen visión binocular. Las patas delanteras son rapaces, es decir están modificadas tanto del fémur y la tibia para extenderse hacia adelante y ayudar a capturar a su presa ayudados de una hilera de espinas. Ambas patas delanteras se pliegan una junto a otra (por eso el nombre de mantis religiosa).



Todas las mantis son depredadores desde su estado larvario, y llegan a comer incluso lagartijas y ranas. Se limpian constantemente ojos y cabeza con un parche de pelos finos ubicado en el fémur. Las patas medias y traseras son delgadas y no se modifican para correr o saltar.

## Blattaria - Blattodea

4565 especies descritas. En su mayoría habitantes de los bosques húmedos tropicales. Viven debajo de las piedras, corteza, troncos podridos y hábitats húmedos. Son insectos dorsoventralmente comprimidos con la cabeza oculta. Algunos no cuentan con alas. Pero cuando están presentes las alas anteriores están moderadamente esclerotizada y protegen las alas posteriores membranosas.

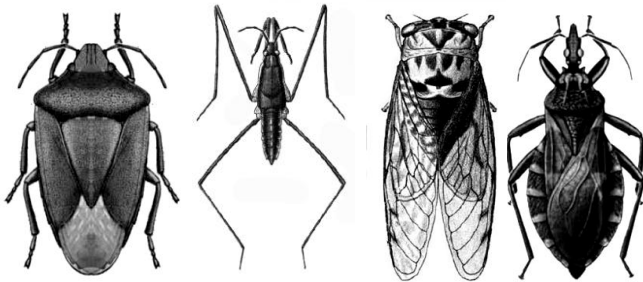
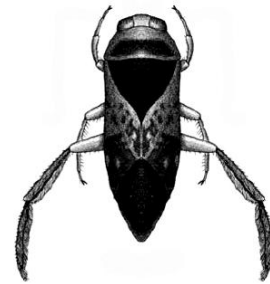


Las piezas bucales están adaptadas para masticar. El abdomen tiene 10 segmentos. Hay especies ovíparas, ovovivíparas, en incluso vivíparas. Este es un orden de insectos corredores, por lo que las patas traseras son similares en forma y tamaño a las patas del medio.

Algunas especies de cucarachas son partenogenéticas<sup>86</sup>. Las ninfas<sup>87</sup> se parecen a los adultos en forma aunque puede variar en su coloración. Sus antenas son filiformes<sup>88</sup> y llegan a tener más de 30 segmentos. Extremadamente polífagas, comen de todo: comida descompuesta y fresca, hojas, frutos, hongos, madera podrida, incluso excrementos de pájaros, guano y el estiércol. Emergen en la oscuridad aunque algunas tienden a ser diurnas.

## Hemiptera

Con 100,428 especies descritas. Son diversos en hábitos y hábitats. Algunos son terrestres, algunos viven en o sobre el agua. Tienen alas anteriores con la parte basal gruesa y endurecida, mientras la parte distal es membranosa. Las alas se pliegan planas sobre el abdomen. Definido por la pérdida de palpos maxilares tienen piezas bucales en forma de pico de succión que sale de la parte anterior de la cabeza. Ésta suele ser prognata y con musculatura especial para una succión fuerte.



La mayoría de ellos se alimenta de plantas y hay algunos depredadores de otros insectos y su diversidad se relaciona con las angiospermas.

## Thysanoptera

5749 especies descritas. Son pequeños, delgados y alargados. Algunos llegan a alcanzar una longitud de 12 mm. Sus ojos son compuestos y los ocelos están presentes.

<sup>86</sup> Partenogenéticas: Modo de reproducción donde la formación del organismo surge mediante la división de células femeninas sin necesidad de masculinas

<sup>87</sup> Ninfa: insecto que pasó los estadios larvarios y se prepara para la metamorfosis

<sup>88</sup> Filiforme: que es muy delgado o tiene forma de hilo.

Las alas en general son estrechas, con venación reducida, diversas en tamaño y presentan una franja marginal de pelos.

Las piezas bucales están adaptadas para raspar, con maxilares adaptados para la perforación y succión. El pre-tarso forma un órgano reversible que se utiliza para la adhesión. La mayoría de las especies se alimentan de los tejidos de plantas, frutas, esporas y polen.



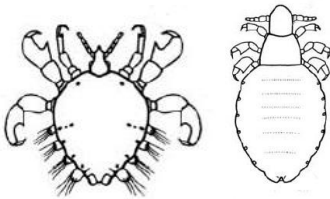
### Psocoptera

5574 especies se han descrito. Viven en espacios ocultos y húmedos.

Tienen cuerpo blando de tamaño muy pequeño (alrededor de 6mm). Tienen ocelos presentes a menudo saltones. Son alados con venación reducida. Su cabeza es grande y móvil con antenas largas y filiformes. La boca es mandibulada y se alimentan de materia animal, moho, polen y cereales.



### Phthiraptera



5024 especies nombradas de piojos. Todos los piojos son ápteros (sin alas), de cuerpo pequeño y aplanado dorsoventralmente de color pardo o pardo amarillento. Sin ojos. Las piezas bucales son reducidas o consisten en tres piezas penetrantes esclerotizadas chupadoras que se ocultan cuando no están en uso.

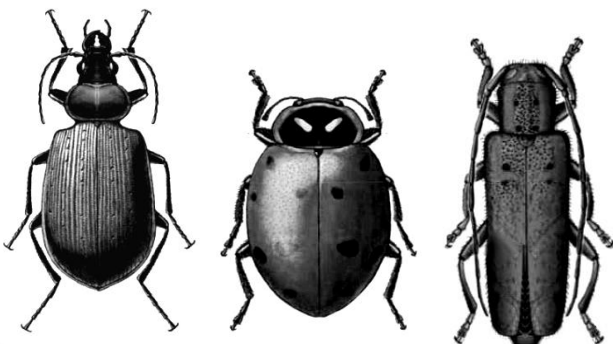
Como son parásitos succionadores tienen tarsos segmentados, cada uno con una pinza grande oponible a manera de pulgar, con lo cual se sujetan del pelo del huésped.

### Coleóptera

359,891 especies nombradas (Uno de cada cuatro tipos de animales es un escarabajo). Viven en pasadizos apretadas debajo de las piedras o cortezas, tierra, arena y agua. Tienen el abdomen unido al tórax. Los segmentos torácicos están fuertemente unidos entre sí pero permiten la flexibilidad. Ocelos perdidos y cercos ausentes. Tienen alas anteriores llamadas élitros que están fuertemente esclerotizadas, éstas cubren y protegen el abdomen y las alas traseras. Estas alas encajan entre sí, protegiéndolos de perder agua.

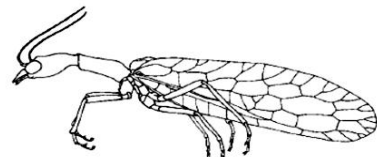
Las alas posteriores son membranosas y están plegadas bajo las alas anteriores, cuando el insecto está en reposo. Cuando los músculos se relajan y las alas, se despliegan. Los escarabajos tienen piezas bucales para masticar. Sus antenas son variables en segmentación y forma.

Se alimentan principalmente de plantas, hongos, excremento y cadáveres.



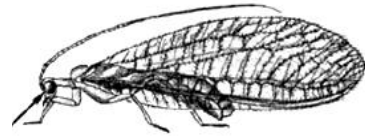
### Neuroptera – (Megaloptera + Raphidioidea)

Aproximadamente 5700 especies descritas. Tienen poblaciones representativas en las regiones tropicales. Varían en tamaño. Son de cuerpo blando.



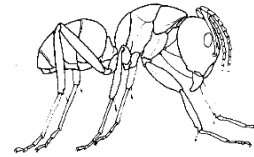
Los neurópteros tienen ojos compuestos bien desarrollados sin ocelos y suelen tener cuatro alas membranosas, transparentes y grandes, de venación abundante y en forma de red, que en reposo coloca sobre el dorso como un techo y son voladores relativamente pobres.

Su boca es mordera y en su mayoría son depredadores de insectos de cuerpo blando. Muchas especies adultas tienen colores pardos o verdes, aunque los hay en colores muy vistosos.



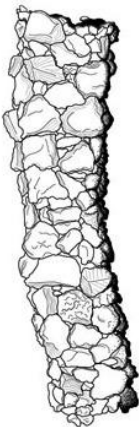
## Hymenóptera

144,695 especies descritas. Su biología es muy diversa. Los himenópteros se subdividen en dos subórdenes: Symphyta (moscas de sierra) y Apocrita (abejas, avispas, hormigas). Los ojos son grandes. Tienen tres ocelos presentes por lo general. La mayoría tienen cuatro alas membranosas.



Las alas anteriores son sustancialmente mayores que las posteriores y ambas se conectan durante el vuelo por medio de ganchos. La venación del ala anterior es compleja y extensa; el ala posterior tiene una venación reducida. Aunque en general las hormigas obreras y soldados no tienen alas. Todos presentan mandíbulas y las piezas bucales son para morder o masticar. Algunas abejas muestran una adaptación especial para masticar y chupar. La cabeza de los adultos por lo general es móvil, tienen antenas segmentadas y de formas variables. Frecuentemente muestra dimorfismo sexual. Se distinguen por crear linajes sociales. Hay especies fitófagas y también depredadoras. Los himenópteros son muy beneficiosos en términos de polinización de los cultivos.

## Trichoptera



Con 12,868 especies descritas, este orden es conocido por las construcciones de sus larvas.

Son insectos de cuerpo blando con largas antenas. Las alas son membranosas y están cubiertas con una especie de seda. Las piezas bucales en larva son para mascar y en adulto son para chupar o lamer líquidos.

Las larvas son acuáticas, se les conoce como frigáneas y presentan un par de apéndices a manera de gancho en el extremo del abdomen que utilizan para arrastrar las estructuras larvarias que construyen con piedras, ramitas y los materiales encontrados.



## Lepidoptera

Con 156,793 especies descritas, se trata de los insectos más conocidos. El 6% son "polillas" de vida nocturna. Su nombre común es mariposa. Todos los adultos poseen grandes ojos compuestos y algunos presentan dos ocelos, aunque en general carecen de ellos. La mayoría tienen cuatro alas membranosas, con escamas que generan los característicos patrones de color y el mecanismo de acoplamiento del ala es muy diverso.

Las piezas bucales están adaptadas para beber néctar y agua. Algunos lepidópteros primitivos tienen mandíbulas vestigiales. La parte bucal de la mayoría se conocen como espiritrompa, que tiene su propia musculatura y sensilias. La cabeza de un adulto se mueve libremente. Las patas suelen ser largas y estrechas. Las antenas son alargadas y multi-segmentadas y diversas en apariencia.

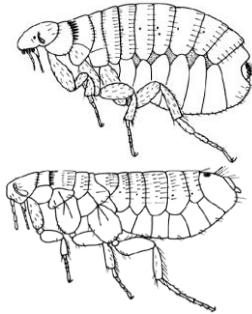
Las larvas de lepidópteros (orugas) están cubiertas de pelos. Tienen la cabeza fuertemente esclerotizada y las mandíbulas adaptadas para masticar, alimentándose de muchas cosas.

La mayoría de los lepidópteros vuelan activamente y son diurnos, salvo las polillas adultas que son predominantemente nocturnas.



## Siphonaptera

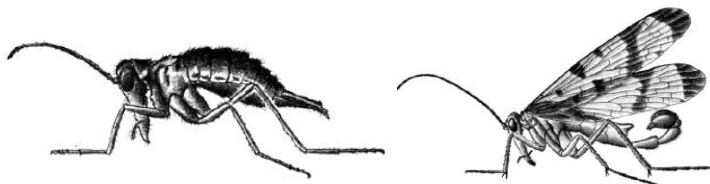
2048 especies descritas. Son parásitos de mamíferos y aves. Los adultos pueden ser reconocidos por el cuerpo sin alas y típicamente menor de 6 mm de largo. Todas las pulgas son ápteras. La cápsula de la cabeza es muy esclerotizada y tiene antenas cortas. Los ojos compuestos están ausentes pero cuentan con ocelos. Su cuerpo es comprimido lateralmente para moverse en el cuerpo del huésped. Las pulgas están protegidas por una densa esclerotización del cuerpo. Las patas son espinosas, con coxas grandes y patas traseras adaptadas para saltar. El aparato bucal está adaptado para perforación y succión.



## Mecoptera

681 especies descritas. Algunas son llamados moscas escorpión porque tienen los genitales hacia arriba y esto se asemeja a la cola de un escorpión. La mayoría de los adultos se encuentran en zonas muy boscosas. Son de tamaño moderado (de 25 mm de longitud) y de cuerpo delgado.

La cabeza es prolongada por debajo de los ojos compuestos (si los tienen) y cuentan con tres grandes ocelos. Las antenas son cortas y con segmentos compactos. La mayoría tiene cuatro alas relativamente largas y similares en tamaño, forma y venación. Éstas no son plegables y no son muy buenos voladores. Su aparato bucal es mandibulado con dos pares de palpos. Algunas especies tienen branquias. Se alimentan principalmente de insectos vivos, muertos y sienten atracción por el néctar de frutas. Otros comen musgo.



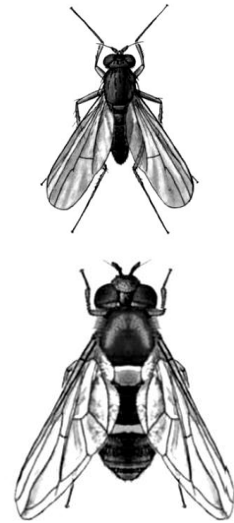
## Strepsiptera



Se conocen 603 especies. Varían mucho en forma durante cada etapa de su vida. Son parásitos internos, así que las larvas y las hembras suelen ocupar el abdomen del anfitrión. A semejanza en general una larva. Tienen ojos con grandes facetas, abultadas como las frambuesas y muy sensibles al movimiento. Han desarrollado piezas bucales de masticación. Las alas posteriores son grandes y membranosas. El macho adulto tiene alas y abandona al huésped.

## Díptera

152,244 especies descritas. Son reconocibles a simple vista y son muy diversas. Los adultos tienen el cuerpo relativamente blando. Grandes ojos compuestos y multifacéticos. La mayoría tienen tres ocelos, algunas dos. Las alas son membranosas y mesotorácicas. Parte de las alas se han modificado y reducido en halterios que se utilizan como órganos de equilibrio. Las piezas bucales están adaptadas para succionar y forman una probóscide, es decir una trompa del tipo perforadora para alimentarse de sangre, larvas y materia descompuesta (saprófagos). Algunas incluso son barrenadoras de madera. Las antenas son muy variables. Son portadoras de enfermedades y afectan a más personas que las enfermedades transmitidas por artrópodos combinados. Más que en cualquier otro orden son llamados por los nombres comunes: mosquitos, zancudos, moscas, etc. Por su relación estrecha con los seres humanos.



©

Estos son todos los órdenes de insectos con las características que en este momento se consideró son las más importantes a conocer desde el punto de vista del Diseño. Existen infinidad de estudios detallados en los libros de Entomología, donde incluso se aborda como se han hecho los lazos entre ordenes (relaciones filogenéticas) mencionando los estudios paleontológicos que se tienen en el momento para sustentar cada teoría.

Es posible encontrar muchos datos sobre insectos en internet, sin embargo prácticamente no hay nada referenciado. Por ello se recomienda al diseñador buscar solo en fuentes especializadas. Footit y Adler nos proporcionan incluso nombres de los expertos de cada orden y esto puede ser de utilidad para encontrar más publicaciones al respecto. Por su parte Grimaldi y Engel nos dan una serie de imágenes de cómo se ve el insecto en la realidad. Triplehorn, Ch.A. y Jonson nos proporcionan mucha información de las características generales de los insectos que puede ser muy útil como introducción.

Para esta tesis se decidió integrar imágenes de Gibb Timothy y Christian Oseto ya que acentúan en sus gráficos detalles importantes; también hay imágenes de Borror y White, que son claras representaciones en dibujo y proporcionan una asimilación de los detalles, lo cual puede ayudar al diseñador a ubicarlos rápidamente.

Podemos ver que la información en cada uno de los órdenes es muy variada y pese a que hay constantes evidentes, también hay particularidades muy interesantes de

conocer. La recopilación que aquí se presenta es solo una base que tiene la finalidad de favorecer a la toma de decisiones de los no especialistas, ayudando a discernir entre las opciones, la que sea más conveniente. A grandes rasgos podemos ver que las características físicas y funciones permiten una mejor adaptación al tipo de vida. Estos detalles son los que se consideran importantes de investigar y entender a fin de encontrar opciones para diseñar.

Proporcionar la información y herramientas necesarias es importante. Pero ¿Qué pasa con las herramientas que ya tenemos? ¿Las metodologías existentes funcionan? ¿Sirve en la práctica conocer esta información y la interacción con los expertos en áreas biológicas?

Para resolver estas dudas, se prosiguió a aplicar los conocimientos adquiridos en un ejercicio práctico. A pesar de que no fue posible realizar un trabajo práctico propiamente con entomólogos, se realizó una estancia en un Centro de Investigación en la ciudad de Guaymas, Sonora, a fin de generar un el acercamiento de cómo se realiza el trabajo de biólogos de otras áreas que no son Entomología. Esto sirve al diseñador para generar un acercamiento a un área diferente. Lo que se aprendió en esta estancia, es lo que se plasmó en el capítulo siguiente.

# 5



## CASO DE ESTUDIO



## 5. CASO DE ESTUDIO

Se ha hablado de las implicaciones del estudio de la Biomimética. También de las posibilidades extensas de su estudio enfocándonos particularmente a los insectos.

Sin embargo, con el fin de comprobar la interacción entre el Diseño y la Biología, se realizó un ejercicio práctico en el que aplicase todo lo anterior para la resolución de alguna una necesidad, ya que este es el objetivo del Diseño como disciplina creativa.

Durante la estancia de investigación se detectaron algunas opciones para trabajar que serán descritas en lo sucesivo.

Esta parte de la tesis, fue elaborada como un ejemplo de la forma en que se puede aprovechar la literatura de Entomología en la Biomimética para resolver un problema práctico y conocer algunas formas de trabajo de la Biología.

Como un trabajo adicional, resulta interesante analizar en paralelo la metodología basada en las analogías por palabras clave, para ver cómo funciona aplicándola al desarrollo de un trabajo práctico y analizar desde el punto de vista de investigador y el lado práctico para el profesionalista. Como investigador se determinará si hay mejoras en el proceso en sí. Como profesionalista se observará desde el punto de vista laboral basado en la propia experiencia.

Otro objetivo al hacer una estancia era verificar que realmente se puede trabajar en conjunto con otras áreas y aprender sobre el trabajo teórico de los investigadores de una parte de las áreas biológicas. La intención de realizar una investigación haciendo trabajo de campo en biología era analizar lo siguiente:

Cómo se da la interacción diseñador-biólogo.

Verificar si los biólogos pueden interesarse en el diseño.

Verificar (en la práctica) lo que sucede cuando la inspiración biológica va más allá de la suposición y llega de una investigación profunda.

Lo que a continuación se presenta es la conjunción entre la teoría y la práctica desde el punto de vista de Diseño. No se tiene como objetivo primordial calificar la detección de necesidades o el resultado del proceso creativo como tal, ya que eso es parte del cotidiano trabajo del diseñador.

El objetivo fundamental es utilizar los conocimientos de Diseño y las bases de Entomología aprendidas, en conjunto con una investigación adicional sobre un objeto biológico que resulte conveniente; así como la aplicación de una metodología en el desarrollo la solución de la necesidad.

Las limitantes en el desarrollo de un prototipo obedecen principalmente al tiempo, por ello se ha buscado que sean necesidades sencillas pero funcionales y cotidianas.

### 5.1. Descripción de la estancia

La estancia de investigación se realizó en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) de Guaymas, Sonora. El periodo para ella fue de dos meses con trabajo de tiempo completo en el Laboratorio de Ecofisiología<sup>89</sup>.

Los proyectos que se desarrollan en el Laboratorio son variados, ya que tienen proyectos que se realizan tanto en tierra como en mar y van desde la observación del entorno de un organismo vivo hasta la del comportamiento de alguno en su hábitat.

---

<sup>89</sup> El departamento de ecofisiología hace investigaciones sobre la biología de poblaciones, ecofisiología de los mamíferos acuáticos y aves marinas (especialmente en las relaciones entre la adaptación, la fisiología, la ecología y el comportamiento)

Esto enriquece la experiencia de cómo se trabaja en algunas áreas de la Biología. A pesar de que no se trabajó directamente con entomólogos, la estancia ayuda a tener una idea del trabajo de otra disciplina y de diversos enfoques de la misma, que en este caso particular se llevan a cabo en su mayoría en torno al Mar de Cortés.

A fin de conocer específicamente el tipo de trabajo biológico con el que se tuvo relación durante la estancia, se describe a continuación el tema de las mismas:

- Nicho ecológico y uso de hábitat de los delfines *Tursiops truncatus*
- Batimetría (estudio del relieve del fondo oceánico)
- Asociaciones interespecíficas de alimentación en el golfo de California (bochinches), es decir cuando muchos individuos de diferentes especies están comiendo juntos la misma presa
- Dieta de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) a través de la excreta
- El cangrejo terrestre llamado *Gecarcinus planatus* que vive en una isla del Golfo de California.

Cada una de las investigaciones mencionadas implica diversas maneras de trabajo y herramental, que fueron experimentadas mediante, caminatas, nado, trepar, levantar piedras, incluso solo esperar durante horas.

Toda la información presentada en este trabajo es resultado de las vivencias en la estancia de investigación y surge de la estrecha relación que se tuvo con los biólogos investigadores del CIAD.

Toda esta información es importante para un especialista en Biomimética debido a que ayuda a generar un panorama de cómo es el trabajo de algunas áreas de la Biología.

## 5.2. Detección de la necesidad

Para desarrollar este proyecto se determinó que era conveniente buscar una necesidad actual que se pudiera trabajar preferentemente funcionando a modo de entidad biológica<sup>90</sup> es decir:

Que satisfaga su función de forma económica con el mínimo de errores  
Que consuma el mínimo de energía y material para su construcción,  
mantenimiento, renovación.

### Consideraciones:

Para la detección de necesidades se dividió la búsqueda de opciones en 3 enfoques principales:

- Los organismos biológicos a los que se tiene acceso sencillo en esta zona pueden generar inspiración para un elemento de diseño.
- Desde el conocimiento del trabajo biológico de campo donde quizá se tengan necesidades específicas (dado que es el primer acercamiento práctico al trabajo biológico no es posible saber si las hay)
- Desde la ubicación geográfica, ya que la ciudad de Guaymas tiene un clima húmedo y de temperaturas mucho más elevadas que el centro de la República, lo que nos da opciones para resolver en un entorno concreto.

Opciones para búsqueda de necesidades:

Nuevos organismos  
para analizar

Necesidades en función  
del tipo de trabajo

Necesidades en  
función del entorno

<sup>90</sup> EGIDO, J. (2012). Biodiseño, Biología y diseño. México. Designio. Pág 35

### Organismos de la zona

Esta es la lista que se realizó con ayuda de los biólogos del CIAD, sobre los organismos más accesibles de la zona que fueron clasificados de la siguiente forma:

Voladores	Mamíferos marinos	Terrestres	Acuáticos
Gaviota	Delfín común	Chichimoco	Peces
Pelicano	Rayas	Venado	Estrella de mar
Fragata	Lobo marino	Zorra	Erizo
Colibrí	Tonina	Lagartija	Cangrejo ermitaño
Pájaros carpinteros	Cachalote	Iguana	Cangrejo
Zopilote	Ballena Jorobada		Calamar
Halcón pescador			Pulpo
Pato zambullidor			Coral
Correcaminos			Gasterópodos <sup>91</sup>
			Ligias

Esta lista brinda un panorama de lo rico de las opciones que hay para el estudio de entidades biológicas. Los artrópodos claramente son una opción abundante en posibilidades para observar cuando se está cerca del mar, pero no desde los insectos, sino desde los crustáceos.

Para el desarrollo de esta tesis ese no es problema, sino una ventaja, ya que lo importante es la solución de una necesidad mediante Biomimética y aprender cómo se desarrolla el proceso de interdisciplina en la práctica.

El siguiente es el desarrollo de las ideas de dónde surgió la detección de la necesidad con la que se decidió trabajar.

### Necesidades del entorno

El sol en el desierto es abrasador y cuando el aire no sopla el calor se vuelve insoportable en los exteriores, así que las necesidades más evidentes son en función de la temperatura: sombras, protección para el trabajo en exteriores, ventilación o enfriamiento menos costoso, etc.

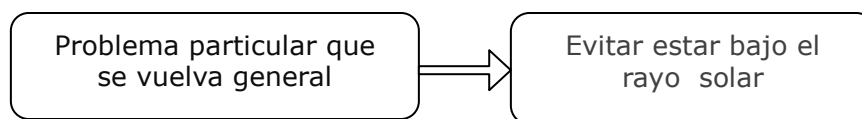
### Necesidades del trabajo de campo

- Algunas están estrechamente relacionadas con las mencionadas anteriormente, debido al tipo de clima del lugar. El trabajo de campo expone al investigador a lugares donde la protección es poca (en el monte buscando aves o insectos) o donde es nula (en una lancha buscando mamíferos marinos).
- El trabajo de campo del CIAD requiere el traslado de equipo especializado para diversos estudios y en particular el equipo pequeño es difícil de controlar.
- La búsqueda de organismos requiere del uso de equipo de trabajo especial; y cuando el diseñador sale de la zona de confort, puede detectarlo fácilmente (por ejemplo extensiones de extremidades para agarre de animales, trampas, cámaras de vigilancia, etc.)

En general, muchos de los problemas observados tienen un elemento en común: protegerse del sol. La exposición a los rayos solares es inevitable en estas zonas, especialmente en el trabajo de campo, como veremos al hablar sobre lo observado en el trabajo de campo de los biólogos de esta zona.

<sup>91</sup> Gasterópodos: en términos generales los gasterópodos son moluscos que viven en conchas.

Esto nos lleva además, a la posibilidad de que la solución de un problema particular (en el estudio de campo de la Biología) trascienda lo local y ayude en la vida cotidiana de la zona. Si se genera un elemento para una región concreta, a largo plazo pudiera ser aplicable a otros lugares con condiciones similares, a fin de favorecer a un mayor número de personas. La necesidad se define entonces como “el desarrollo de algún tipo de sombra que proteja del sol”.



Este problema es interesante porque no solo afecta a las personas, también a las plantas y animales. Al observar la vegetación de la zona, podemos percatarnos de que muchas plantas (como palmeras y cactus) para solucionarlo han reducido su superficie de contacto ya que son largas, angostas y fibrosas para mantener la humedad. Los seres humanos podemos resolver estos problemas con el desarrollo de elementos auxiliares, que es en este caso donde se encuentra el trabajo de diseño.

Llevar el Diseño a otras áreas de trabajo, nos ayuda a sensibilizarnos con respecto a otro tipo de necesidades, donde nuestra aportación puede hacer cambios contundentes, esto nos lleva a lo que Press y Cooper señalan (refiriéndose al Diseño) que es necesario “...que satisfaga en mayor medida las demandas de la gente y con un sentido de servicio.”<sup>92</sup>

Ahora sabemos de dónde surge la necesidad, veamos cómo se dio el desarrollo de las ideas con la aplicación de la metodología.

### 5.3. La metodología

Para resolver problemas con un proceso de Biomimética tenemos a mi parecer, dos métodos<sup>93</sup> muy útiles y claramente explicados en el libro “Biodiseño”.

Estos métodos vienen ejemplificados y desarrollados a detalle, así que si el lector está interesado en el tema, vale la pena que analice dicha información. El método que se ha utilizado como ya se mencionó es el de “analogía por palabras clave”.

Consiste en encontrar al menos 3 palabras clave de la función esencial de lo que se pretende desarrollar y a partir de ella, buscar sinónimos de las mismas palabras para ubicarlas en publicaciones o libros especializados.

Para este caso se decidió trabajar con una necesidad local y buscar el uso de bibliografía de insectos para la solución del problema.

La idea de la metodología es buscar coincidencias entre lo que queremos satisfacer y la información que existe. Luego se analiza y depura la información para tener lo que consideramos más viable en función de lo encontrado y así iniciar nuestro proceso creativo con esta información.

---

<sup>92</sup> PRESS, M. – COOPER, R. (2003). *The design experience: The role of design and designers in the twenty-first century*. Cornwall. Ashgate, pag 84

<sup>93</sup> EGIDO, J. (2012). *Biodiseño, Biología y diseño*. México. Designio . Pp. 148-185

Este esquema resume el proceso:

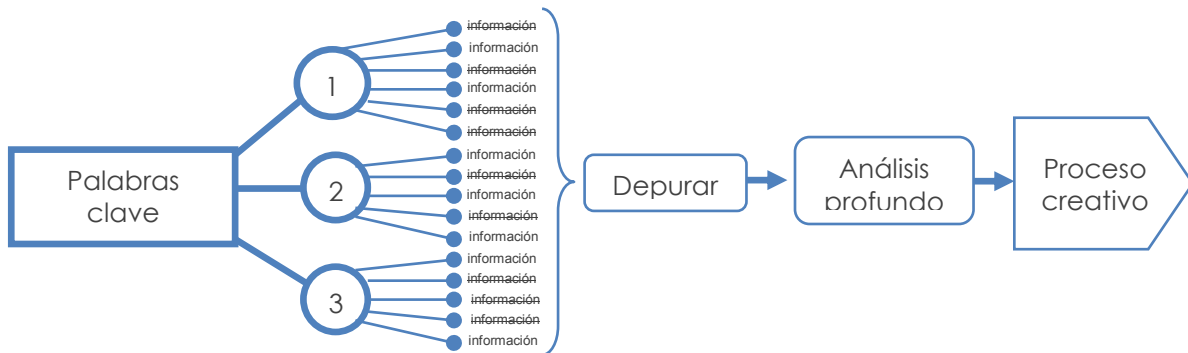


Figura 15. Resumen del proceso de analogías por palabras clave. Elaboración propia.

Este método es menos intuitivo o fácil de inferir que el otro que presenta el libro, es decir “analogías de organismos”. Sin embargo, me parece más adecuado para ser utilizado por el diseñador, porque trabaja en función de la búsqueda del satisfactor de una necesidad planteada previamente y permite buscar opciones dirigidas a una necesidad.

El método de analogías de organismos es intuitivo porque se dirige más a encontrar en las entidades biológicas, elementos interesantes para crear soluciones basadas en las características encontradas. Es decir, al organismo le buscamos aplicaciones. Si bien esto nos proporciona alternativas de diseño generales aplicables a diversas necesidades, pueden llegar a ser irrelevantes para una necesidad concreta.

Es decir, ambos métodos buscan analogías, pero las “palabras clave” ayudan a resolver necesidades específicas y “los organismos”, brindan alternativas generales sin una aplicación premeditada, tal como se refleja en el siguiente esquema:

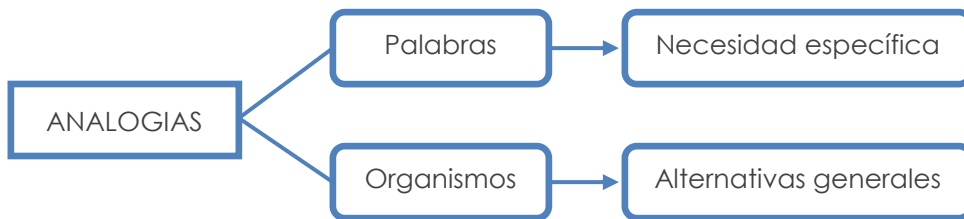


Figura 16. Tipos de analogías de la inspiración de organismos vivos y su aplicación. Elaboración propia.

Con el objetivo es verificar si las investigaciones de los especialistas son útiles en Diseño, la información aquí presente, se basa en la aplicación práctica de publicaciones y libros especializados sobre los elementos naturales elegidos (en este caso son insectos para verificar el uso de la investigación inicial).

Como se planteó en un principio, lo importante es despertar el interés de los diseñadores en el uso de las investigaciones teóricas del área de Entomología y Biología general, y así darle otro uso a los estudios existentes.

Es importante hacer énfasis en la relevancia de trabajar con investigación de entidades biológicas, ya que esto es lo que nos va a proporcionar detalles del mundo natural que no son perceptibles a simple vista, para su aplicación Biomimética.

#### 5.4. Trabajo de abstracción para la metodología

Antes de comenzar a utilizar la metodología de analogía por palabras clave, es importante realizar un buen trabajo de abstracción sobre lo que se desea investigar. Ésta es una de las cosas más importantes, ya que nos ayudará a limitar la búsqueda de información. A la metodología existente le añadiría dos pasos:

El primer paso en la metodología es: buscar las palabras clave funcionales. La duda al utilizar la metodología fue ¿Cómo saber si mis palabras seleccionadas son las adecuadas?

Se consideró que las palabras clave funcionales son aquellas que definan lo que necesitamos resolver, y para llegar a ellas, se requiere de un sencillo proceso de abstracción de las ideas que tenemos en mente para el proyecto.

Por ejemplo:

*Un avión sin alas no corresponde al concepto de avión y un helicóptero tampoco es avión pero ambos son transporte volador.*

*Es decir que un avión, un helicóptero y un transporte volador no son la misma cosa aunque sirvan para lo mismo.*

El diseñador debe ser capaz de determinar con claridad de premisas, ya que esto favorecerá la precisión de la información y por tanto de sus posibilidades de encontrar la inspiración adecuada. Definir lo que necesitamos nos lleva a hacer las preguntas adecuadas para obtener las respuestas más convenientes descartando desde el principio lo que es innecesario en el proceso de diseño.

Para esto se puede empezar con una sencilla lluvia de ideas de las palabras relacionadas con lo que necesitamos. Se hace una selección de las palabras que sean más utilizadas por la mayoría, ya que las palabras neutrales y sencillas tienen más posibilidad de ser utilizadas, lo que se traduce en más posibilidades de información para analizar.

Por ejemplo:

*No es lo mismo buscar en un texto la palabra "yuxtaponer" que "unir" o "juntar".*

Con lo anterior, no se pretende bajar el nivel de las investigaciones, sino aumentar el alcance de las mismas.

Es conveniente encontrar al menos tres características importantes que sean esenciales en el elemento a desarrollar, entendiendo por esencia el conjunto de características que hacen a algo ser lo que es.

Aquí entra el proceso de diseño tradicional, donde lo que se necesita es conocer más detalles de mi premisa "evitar estar bajo el rayo solar".

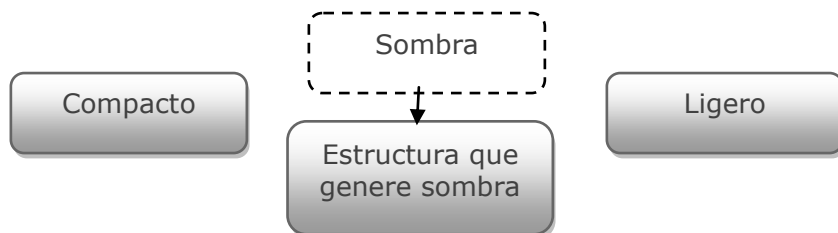
Este elemento se planea para satisfacer las necesidades de un grupo de biólogos investigadores (el usuario), para ello es importante saber ¿cómo es su trabajo? Y aquí es donde salir a trabajo de campo (como parte de la estancia de investigación) ayudó, porque se evidenció el panorama real del trabajo.

En general en el trabajo de dos meses, se observó que hay que caminar y cargar equipo para hacer búsquedas y recolección de muestras o datos. En ocasiones, cuando se analiza un animal, hay que esperar por horas para su efímera aparición, por esto, es básico que el elemento a desarrollar no pese, para que se pueda cargar constantemente, es decir que sea transportable y así pueda ser incluido en la carga básica.

Si nos basamos en los principios biológicos, no debe consumir energía adicional para funcionar. Esto nos deja la forma más común de protegernos del sol: una sombra.

Existe un objeto que casi cumple con todos los requisitos: el paraguas. Este es un objeto compacto, ligero y que nos da sombra. El problema con él es que no siempre es práctico, especialmente si tienes las manos ocupadas o si hace viento. Esto le da viabilidad a la búsqueda de otras alternativas.

Una vez que se tienen pensadas las limitantes de diseño, genero a partir de ello tres palabras:



La sombra es una proyección generada por el bloqueo de la luz, es decir que requiere un elemento que la produzca. Es por ello que las palabras de búsqueda fueron refinadas aun mas al sustituir sombra por "estructura" (que genere sombra).

A partir de aquí podemos seguir la metodología como se plantea en el libro. Se desarrolla una lista de sinónimos y antónimos de las palabras base. Después, se buscan dichas palabras en inglés para poder abarcar más información. Para este caso son las siguientes:

<b>palabra</b>	<b>significado</b>	
Cocoon	capullo	Envuelto
Coil	enrollar	Enroscar
Decrease	disminuir	Reducir
Dwarf	achicar	empequeñecer
Gather	amontonar	Reunir
Lessen	aminorar	Disminuir
Retract	retraer	replegar
Fold	doblar	plegar
Squeeze	exprimir	oprimir
Wrap	envolver	rodear

Se vuelve a hacer una selección de palabras de acuerdo a lo que se necesita saber, ya que en ocasiones, a pesar de tener una palabra que es sinónimo de la que queremos, no se utiliza en el sentido que la buscamos.

Por ejemplo en la búsqueda en una publicación de Biología la palabra "package" (paquete, embalaje, bulto) no es útil, ya que en su uso cotidiano se le da otra connotación.

Hasta este punto el proceso no presenta ninguna complicación. En general se basa en definir. Las dudas comienzan a aparecer cuando empezamos a trabajar en la búsqueda de las publicaciones de un área disímil, porque nos encontramos con una gran cantidad de información y de la cual es poca la aplicable a la solución de la necesidad de diseño.

### 5.5. ¿Cómo buscar información?

Pareciera evidente solo decir que se debe buscar en publicaciones. Sin embargo, es preferible realizar la búsqueda en un orden específico si consideramos los pros y los contras que presenta cada tipo de publicación.

Las fuentes más importantes para la Biomimética (partiendo del Diseño a la Biología) son: Libro impreso, libro digital y artículos científicos (papers).

La búsqueda para este proyecto, está dirigida a analizar solo textos que sean de Entomología para averiguar si la aplicación de los insectos facilita las opciones para diseñar en la práctica, tal como plantea esta tesis. Pero este tipo de búsqueda es aplicable a cualquier tipo de organismo. Ya que se observaron limitantes similares en un estudio sobre asteroideas (estrellas de mar).

Al empezar a trabajar en publicaciones de otra área, siempre es conveniente hacerlo por los libros, ya que en ellos es posible encontrar definiciones que van desde lo básico hasta lo más complejo.

Los libros impresos pueden ser de dos tipos:

- a) Libros de Biología básica que manejan terminología general de los posibles temas  
 Por ejemplo: Para este proyecto, esta parte ya no era necesario porque en el desarrollo de esta tesis se manejó la terminología necesaria para entender la Entomología.
- b) Libros específicos de un tema  
 Por ejemplo: libros de Entomología que fueron consultados para entender los detalles del organismo a estudiar. Estos solo son útiles si se tiene un bagaje del tema.

En el uso de artículos científicos se requiere conocimiento previo de los términos que se emplean y aun con ello, en ocasiones, las publicaciones son tan específicas que no proveen datos comprensibles a menos que se domine el tema. Y en general cuando vamos del Diseño a la Biología este conocimiento es muy poco probable debido a la formación diferente de las disciplinas, por lo que el apoyo en un experto es fundamental.

Si se cuenta con libros digitales, se tiene la ventaja de realizar la búsqueda por palabras de forma automática, esto nos lleva al segmento del libro donde la palabra se utilizó y de esta forma podemos leer a grandes rasgos la idea que la contiene. Así es más sencillo determinar si tiene relación con lo que estamos desarrollando.

Por ejemplo la palabra "fold":

PALABRA	FRAGMENTO DEL TEXTO	LIBRO
fold	...the mouthparts lie in a cavity of the head produced by the genae, which extend ventrally as oral <u>fold</u> s and meet in the ventral midline below the mouthparts	Insects structure and function, pag. 12
	When at rest, the wings are held over the back in most insects. This may involve longitudinal <u>fold</u> ing of the wing...	Insects structure and function, pag. 187

En este ejemplo las dos búsquedas contienen la palabra clave deseada. Uno habla de las partes de la boca (probóscide) y de cómo se ocultan en la cabeza y la otra nos habla de las alas y su forma de plegarse.

Al ubicar la palabra en los textos, reducimos la búsqueda rápidamente y podemos encontrar un objeto biológico concreto para analizar. Es por ello que el orden sugerido a seguir para realizar las consultas y agilizar el proceso es el siguiente:



<b>Publicación</b>	<b>Pro</b>	<b>Contra</b>
Libro impreso	Contiene información yendo de menos a mas	Cuando buscamos detalles pueden no estar en el índice y sin experiencia podían descartarse por pensarse poco útiles.
Libro digital	Es sencilla y automática búsqueda de palabras de manera digital	Pueden no estar muy actualizados (depende de la fecha de publicación).
Artículos científicos (Papers)	Contienen información detallada y actual de los temas.	Son muy específicos y usan mucha terminología.

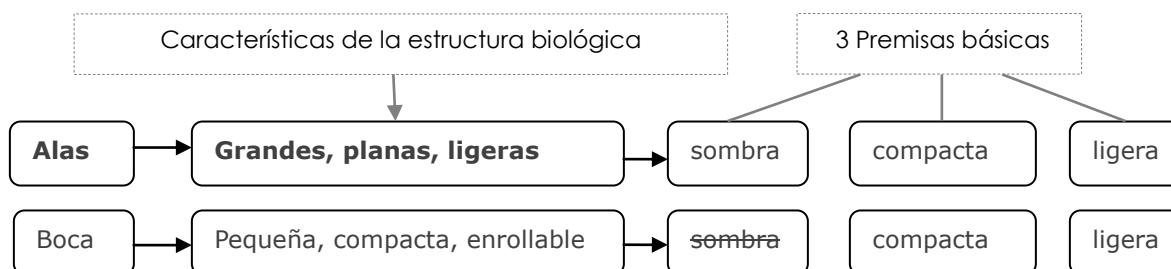
### 5.5.1. Las palabras y el objeto biológico

Siguiendo con el ejemplo, la pregunta ahora es ¿Cómo saber de entre las opciones encontradas, cuál resulta conveniente?

Lo primero es encontrar la parte biológica en que la palabra está incluida. Por ejemplo: en la tabla anterior la palabra "plegar" estaba relacionada con el plegado de las piezas bucales y de las alas.

Esto nos lleva a hacer un segundo análisis al que llamo **relación de palabras clave**, que consiste en describir características físicas o funcionales generales de la estructura biológica donde encontramos la palabra y preguntarnos ¿cuál de las ellas se acerca más a cubrir nuestras tres premisas básicas? (recordando, estas son: estructura que genere sombra, compacto, ligero).

Siguiendo con el ejemplo sería algo así.



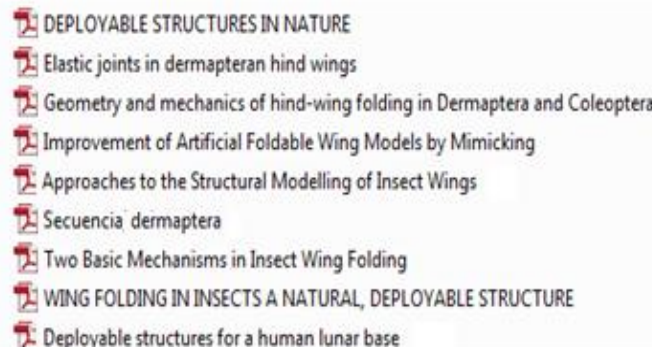
La boca no da ninguna pista de cómo generar una sombra. Por ello es descartada y en su lugar se toma la opción alas que en cuestión de diseño nos da idea de cómo genera sombra a partir del área.

Es importante aclarar, que este proceso puede ser mental, especialmente cuando ya se tiene experiencia. Aunque es conveniente llevar siempre un registro esquemático por escrito, que ayudará a organizar, asociar y evidenciar la viabilidad de las ideas.

De esta forma las alas se convirtieron en el objeto biológico de este ejercicio. Con esto se puede buscar la manera de generar sombras plegables a partir de la investigación de las alas.

## 5.6. Objeto biológico seleccionado

Como vimos en el capítulo 3 de esta tesis, los insectos tienen diferentes tipos de alas. Por ello se encontraron varias publicaciones que se desarrollan en torno a la morfología del ala. Éstas fueron analizadas y se les relacionó con las premisas plegar y doblar.



De los textos mencionados surgieron opciones interesantes sobre el plegado de alas en los insectos: forma, características concretas, hasta el ángulo de cada pliegue hasta la forma en que se realiza el plegado mismo.

### Dermaptera

Gracias a la investigación profunda, se enfatizaron opciones que normalmente habrían pasado por alto por desconocimiento del tema: la comúnmente conocida como "tijerilla" (*Forficula auricularia*) del orden de los dermápteros tiene un tipo de ala muy particular que resulta muy interesante para diseño.

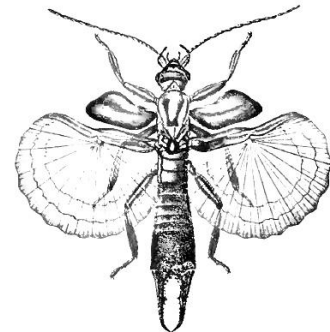


Las alas de la dermáptera deben estar bien plegadas bajo las tegminas para evitar "atorarse" en las pequeñas grietas y hendiduras donde se encuentran; de ahí la importancia de conocer las características del hábitat.

Esto nos da excelentes opciones para diseñar. Tenemos un ala muy compacta y bien guardada que pocas personas saben que existe.

La primera parte de la tesis fue útil para entender los términos que se manejan en las publicaciones de Entomología referentes al objeto biológico. Al conocer el código de comunicación fue posible generar una búsqueda más especializada sobre las alas del orden Dermáptera y de la estructura a detalle de las alas en general.

La bibliografía utilizada en esta parte se pondrá por separado ya que obedece solamente a la resolución de este ejercicio práctico y estaba enfocada a esta necesidad en particular.

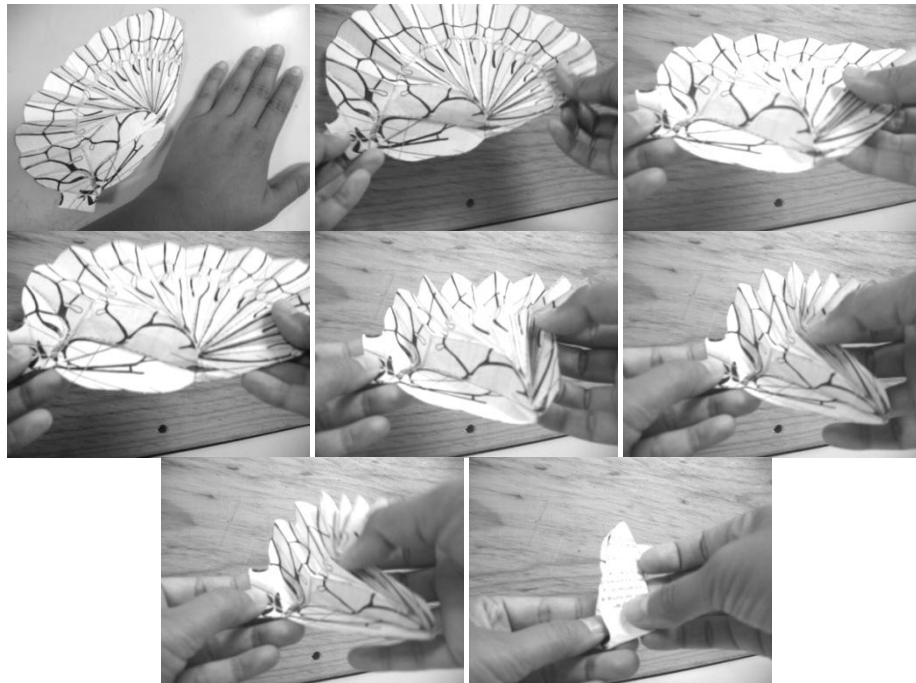


Esta es la información más relevante para la solución de la necesidad (desde el punto de vista del diseño) de los textos que hablan del ala de la dermáptera:

- 1) Tienen un ala posterior muy amplia.
- 2) El área desdoblada del ala es diez veces mayor que el paquete del ala.
- 3) Para desplegarlas se levanta el paquete de ala sobre la musculatura del tórax y se despliega por medio de un movimiento de frotamiento repetido de tórax y cercos.

- 4) La forma alar es diferente a las de cualquier otro grupo de insectos: son semicirculares, membranosas. Se plegan en forma de abanico.
- 5) La musculatura del tórax no es suficiente ya que el plegado es muy complicado.
- 6) Las alas plegadas tienen rigidez a la torsión irregular.
- 7) No son planas, sus ángulos forman 350°.
- 8) Alas izquierda y derecha se despliegan independientemente una de otra.
- 9) Siempre hay una cierta elasticidad para evitar un fallo estructural.
- 10) La presencia de resilina<sup>94</sup> en la estructura con 2 funciones: plegado del ala y la prevención de fatiga de material.
- 11) El parche venoso de resilina funciona como un mecanismo de control remoto de las venas y punto de refuerzo.
- 12) Las venas irradian desde el centro de la banda y no de su articulación.
- 13) Las venas son varillas largas con cierto grado de flexibilidad. Son usualmente tubulares y están entre dos membranas. Por dentro contienen músculo, tráquea y la hemolinfa<sup>95</sup>.
- 14) Las venas están combinadas de forma alterna en la estructura del ala, unas sobre ella y otras debajo ella.

Como parte de la investigación, realizó una muestra física del plegado del ala de la dermáptera, basada en las referencias de los artículos científicos, esto con la finalidad de verificar que el pliegue se diera como se indicaba. Las imágenes muestran la secuencia de doblado realizada basada en el tipo de ala mencionada.



No se procedió a utilizar las formas exactas del pliegue del ala debido a que eso implicaría una copia directa y no es lo que se pretende con este proyecto.

<sup>94</sup> Resilina: proteína similar a la goma para una torsión controlada

<sup>95</sup> Hemolinfa: Líquido circulatorio análogo a la sangre.

Realizar una investigación de los elementos biológicos a profundidad, nos lleva a generar un resultado con mayor cuidado en los detalles y a entender correctamente la función de los organismos vivos en que nos inspiramos.

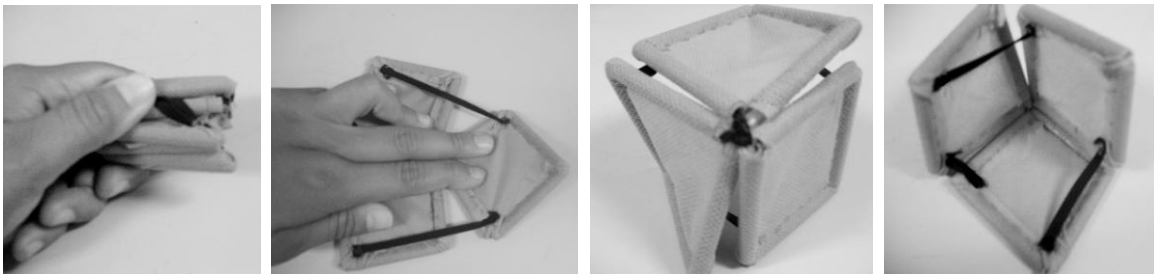
Veremos como a través de los detalles se generan grandes cambios (como utilizar un orden alternado de las venas para favorecer la resistencia). Esto no podría ser inferido solo con la sola observación superficial de lo que sucede en cada entidad biológica.

### 5.7. Aplicación en Diseño

Una vez conocida la información, se procede a trasladarla a conceptos de diseño necesarios para crear el objeto. Si abstraemos los 14 puntos anteriores, los aportes al Diseño quedarán de la siguiente manera:

- Área amplia en poco espacio
- Estructura hueca
- Flexibilidad en ambos sentidos aumenta la resistencia
- Pliegue radial
- Elasticidad disminuye la fatiga del material
- Refuerzos en los pliegues

Con esta información se desarrolló una maqueta pensando en un sistema estructural portátil para generar sombras, donde el ensamble se generara por la acción de fuerzas opuestas.



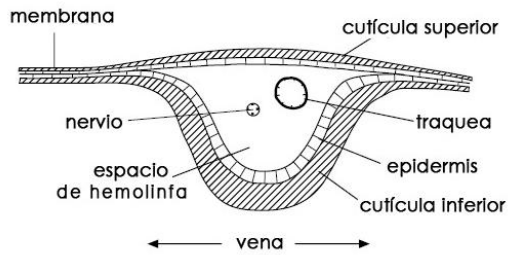
Autoensamble por acción de las fuerzas elásticas opuestas

El modelo se elaboró con tubo de plástico comercial (pvc) para simular la función de las venas que dan soporte, son flexibles y no implican mayor peso para el insecto. En el interior pasa un elástico de medio centímetro que hace la función de resilina. La membrana se elaboró con una tela (pellón) que es resistente y asemeja la ligereza del ala y que mediante costuras hace las veces de cutícula.

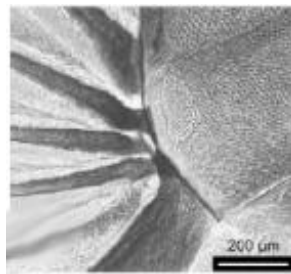
Esto nos da la oportunidad de tener un elemento ligero, transportable y cuyas áreas en general ayudan a generar sombra. Los materiales no implican gran peso para el biólogo y además si se moja, puede secarse fácilmente. Al ser plegable puede ser utilizado en la playa, en sitios de trabajo y en algunos trabajos en movimiento.

La parte estética y formal de este objeto no fué desarrollada porque eso implica un estudio antropométrico y geométrico que no es lo trascendental para cubrir el objetivo de este proyecto.

## Inspiración biológica

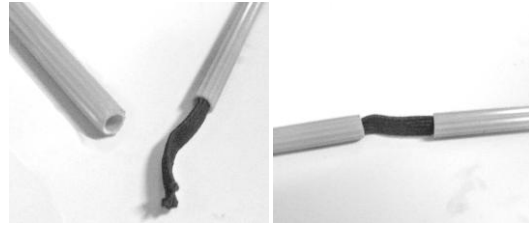


Sección esquemática a través de parte de un ala que incluye una sección transversal de una vena. Modificado de Chapman, 1998

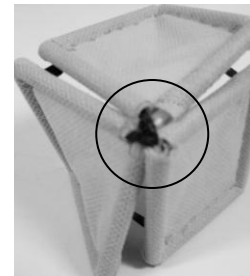


Union de resilina. Modificada de Elastic joints in dermapteran hind wings: materials and wing folding de F. Haas

## Abstracción material



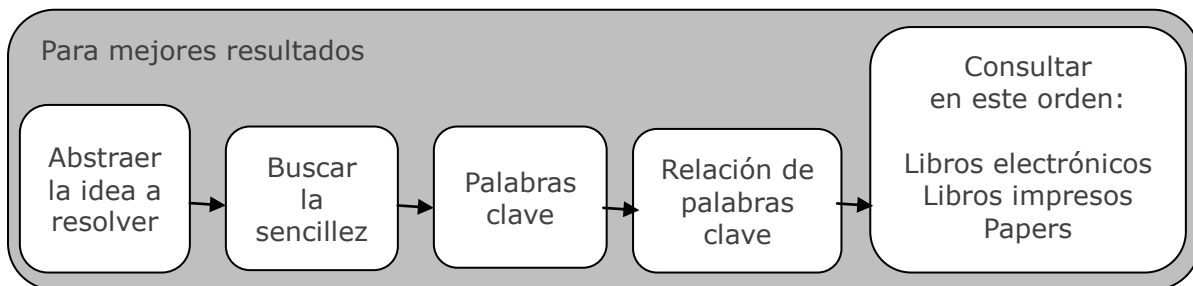
Estructura tubular flexible con elástico interior



Uniones elásticas para generar flexibilidad que convergen en diversos puntos.

## Conclusión del proceso metodológico:

En resumen este proceso tiene algunos puntos que pueden resultar importantes:



## Observaciones

- Utilizar un proceso metodológico en la Biomimética ayuda a generar ideas al trabajar con el Diseño y la Biología.
- Promueve el diseño estructurado y dirigido hacia un objetivo.
- La principal aportación de este tipo de trabajo genera principios que pueden ser aplicados en otros proyectos y no solo a la resolución de un problema específico.
- La investigación requiere tiempo lo que puede ser una limitante, ya que cuando el diseñador está en alguna empresa es difícil generar propuestas basadas en una investigación a detalle (al menos en la mayoría de la República Mexicana)

# 6



**EL TRABAJO EN EL CAMPO  
DE LA BIOLOGÍA**  
(Perspectiva de un diseñador)

## **6. EL TRABAJO DE CAMPO EN BIOLOGÍA (perspectiva del diseñador)**

Las innovaciones creativas utilizan efectos científicos fuera del campo en el que se desarrollaron<sup>96</sup>

Como hemos visto, la Biomimética no solo es una disciplina para la innovación. Nos lleva a acercarnos al trabajo de las áreas biológicas generando propuestas en equipo conocido como interdisciplina, donde el objetivo es el bien común. Con esta disciplina generamos hipótesis de un elemento biológico para que funcione a nivel de tecnología y en la teoría nos brinda muchas ventajas; al realizar una estancia de investigación se lleva a la práctica la parte teórica.

Resulta interesante para un investigador, conocer si hay alguna dificultad de trabajo o de comunicación y si es posible generar investigación para el desarrollo de productos que faciliten el trabajo con un área biológica.

Como ya hemos especificado, cada área de la Biología tiene sus particularidades, es por ello que este capítulo hace referencia únicamente a lo aprendido en el trabajo que se realiza para generar las investigaciones antes mencionadas que se realizan en el CIAD de Guaymas, Sonora. Esto puede ser útil de conocer para el diseñador porque la formación es distinta y gracias a este trabajo fue posible entender mejor el trabajo en conjunto que se realiza en un área de la Biología.

### **6.1. Proceso de comunicación**

En el proceso comunicativo fue donde se recibió la mayor aportación, y esta contribución se dio en etapas que surgieron de la relación entre el biólogo y el diseñador.

Al principio se generó un choque disciplinar, donde se evidenció que las maneras de trabajo son diferentes, el enfoque de trabajo, las habilidades y forma de expresarnos también.

El Diseño es más libre, los procesos creativos fluyen en la búsqueda de soluciones y nos regimos por especificaciones técnicas y productivas, comprobamos que los productos y servicios satisfagan a las personas. Somos una disciplina creadora que sabe entender las relaciones existentes en las partes de un todo. Desde la comunicación con productores hasta el entendimiento del usuario mismo.

Los biólogos (al menos en este tipo de trabajo) son más metódicos. Ellos siguen reglas y planes en la medida de lo posible (como veremos más adelante). Se basan en métodos que comprueban teorías. La mayor parte de las investigaciones y aplicación de ideas tienen un enfoque de entendimiento del mundo vivo y esto es lo que se plasma en ellas).

En el estudio biomimético tenemos la posibilidad de mezclar procesos de diseño y combinarlos con el conocimiento fundamentado de la Biología, para el desarrollo de alternativas.

El proceso comunicativo durante esta estancia se dio natural ya que ninguna disciplina esperaba algo particular de la otra, pero se tenía la curiosidad por descubrir al opuesto. Es la misma curiosidad que nos hace investigadores a ambos. Esto llevó a generar muchas preguntas. Los biólogos respondían y atendían cada pregunta dejando ver que la transmisión del conocimiento es parte de la investigación.

Con este proceder las palabras de Isaac Asimov al hablar de lo inalcanzable de la ciencia para los no especialistas resultaron claras: "...la ciencia es algo mágico e

---

<sup>96</sup> Katie Barry, Ellen Domb and Michael S. Slocum, TRIZ - What Is TRIZ? TRIZ ("Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva") <http://www.triz-journal.com>

incomprensible, alcanzable para solo unos cuantos elegidos, sospechosamente distintos a la especie humana corriente..."<sup>97</sup>, se vuelve tan especializada y se guarda tan celosamente que a veces es más fácil empezar a trabajar de cero, que continuar con los avances propuestos por alguien más.

Este proceso en intercambio de saberes fue fácil en el CIAD porque no había competencia alguna. Se trataba de simplemente compartir ideas con un lenguaje claro y buscar comprender la terminología nueva (como vimos con palabras como melón o batimetría). La comunicación se inició propiamente al tratar de explicar nuestras respectivas investigaciones, el tipo de trabajo que se hace en ellas y la finalidad. Esto dio pie al surgimiento de terminologías.

Además, tratar de conocer los organismos de la zona generó diálogos sobre comportamientos, nombres científicos y particularidades de los animales.

Con el tiempo, los mismos investigadores reconocían qué tipo información de Biología desconocíamos en Diseño y podría ser una particularidad interesante de conocer. Por ejemplo aprender que las diferencias óseas nos proporcionan información; explicaciones sobre un comportamiento o una parte del cuerpo concreta o el correcto uso de algún término.

Al principio no era evidente el interés del Biólogo en la labor del diseñador, ya que no están totalmente familiarizados con el tipo de trabajo que se realiza en esta área y en general, no parecían encontrar la relación de las dudas sobre Biología y su posible aplicación o relevancia para resolver necesidades de Diseño.

## **6.2. El trabajo de investigación en Biología**

El trabajo en Biología consistió mayormente en encontrar al ser vivo o la situación natural que se está investigando, en la zona donde ésta se genera. El procedimiento es variado, ya que como se mencionó con anterioridad, dependiendo de lo que se busque es a donde el investigador debe dirigirse específicamente.

Aunque pareciera obvio lo anterior, no lo es. Por ejemplo, buscar un tipo de pez no implica solo ir al agua, sino encontrar el lugar que éste frecuenta; si el objetivo es estudiar tiburones, se debe buscar también lobo marino, porque tienen una interacción biológica estrecha.

Hay salidas al campo en las que se puede recopilar información para más de una investigación y otras en las que solo se investiga una sola cosa.

Las investigaciones implican gastos de recursos e invertir en ellas mucho tiempo (aunque la mayor parte de este tiempo se invierte en esperar y buscar). Por esta razón la planeación es muy importante. Para las investigaciones de campo en el Laboratorio de Ecofisiología del CIAD se tiene equipo especializado para las tareas que se realizan. Ya que muchos proyectos son en el mar se requiere instrumental especializado como el siguiente:

- Colorímetro. Es una referencia de medición del color del mar
- Refractómetro. Mide la salinidad del mar
- Draga. Toma muestras del fondo marino
- Disco de Secchi. Mide la transparencia o turbiedad del agua.
- Ecosonda. Mide relieve marino (batimetría)
- Botella Niskin. Toma de muestras de agua
- Multiparámetro. Mide la salinidad, conductividad, temperatura del fondo, pH, presión atmosférica, oxígeno disuelto.
- Termómetro ambiental
- Termómetro (agua)

---

<sup>97</sup> ASIMOV I. (1979). Introducción a la ciencia. (Tercera edición). España. Plaza & Janes editores. Pág. 27



Se aprendió a manejar y leer todo este equipo. Esto ayuda a tener una idea clara de lo que hacen y a conocer el nombre de las herramientas básicas. En Diseño esto es muy útil porque se hacen evidentes necesidades que no se tienen en otras áreas.

Otra herramienta fundamental para todas las investigaciones es el Sistema de posicionamiento global (GPS) que ayuda a ubicar geográficamente zonas de trabajo precisas. Hay herramientas como las trampas, que requieren de características especiales para poder dejar cebo y atrayentes (comida) con la facilidad de lavado posterior, evitar ocupar espacio innecesario y sobre todo no matar al animal observado durante su estudio e incluso antes de estudiarlo si es que fue capturado (una trampa cerrada metálica en el sol, mataría de calor a un ratón encerrado en ella).

Las cámaras de video son un asunto importante, ya que se dejan en lugares estratégicos para regresar a buscarlas más tarde cuando tengan el registro de la existencia de un determinado animal. Deben resistir las condiciones del lugar donde sean colocadas y buscar la cámara apropiada (para agua o para tierra).

Los biólogos, llevan registros de cada elemento observado, generan tablas de datos y mediciones que son vaciadas para hacer cálculos estadísticos. Estos datos ayudan a entender lo que pasa en una zona particular.

Para ello lo primordial es la realización de dichas observaciones, y al principio, cuando no se cuenta con la sensibilidad necesaria, esto resulta ser una gran dificultad. Por ejemplo:

En tierra, los biólogos conocen las zonas en que puede haber algún tipo de roedor, lo que limita la búsqueda. Cuando una persona no sabe esto, buscar se vuelve imposible y una extensión de tierra puede resultar infinita. En el mar ocurre lo mismo, al salir a buscar mamíferos marinos se requiere de una observación constante de los detalles. Un brillo (dependiendo el estado del mar) puede ser señal de una aleta. Una especie de nube puede ser el agua expulsada por la exhalación de una ballena.

La vestimenta para salir al campo es un asunto importante, porque evita quemaduras por insolación, facilita la comodidad de trabajo, el movimiento, absorbe la transpiración y protege. Una de las cosas más importantes cuando pasas seis horas en una pequeña lancha en medio del mar, o caminando entre rocas, es evitar la deshidratación ya que de ello depende que puedas seguir trabajando.

Un detalle del trabajo de los biólogos que me pareció muy importante de señalar es la incertidumbre. Las salidas se deben planear con tiempo de anticipación y esto no garantiza que las cosas saldrán bien. Entre la planeación está averiguar las condiciones del clima y determinar si es o no factible la salida. Los biólogos en el mar por ejemplo deben tener en cuenta las corrientes de aire, ya que éste determina el oleaje y por tanto el poder realizar el trabajo. En ocasiones se está en el lugar adecuado (de acuerdo a la información o datos del GPS) y el animal no se encuentra en el lugar. Pueden pasar horas y simplemente no ser visto, en contra de todas las pruebas previas. Otras veces en cambio se encuentra la especie buscada y muchas especies más. Es decir, los planes, la investigación y preparación no garantiza un avistamiento, la naturaleza es impredecible al 100%.

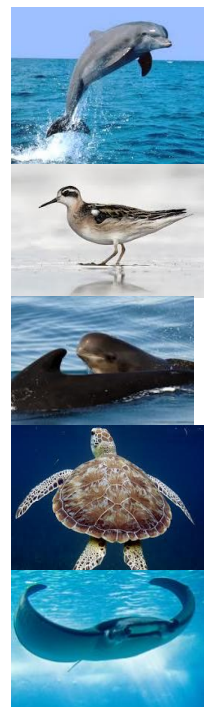
Hay partes del trabajo que son complicadas como buscar excretas y hacer un análisis (ya que en ellas hay gran cantidad de información sobre la dieta y estilo de vida de una determinada especie) o entrar a buscar especies en lugares poco accesibles.

Cada salida al campo trajo (sin falta) un nuevo conocimiento o especialización de los detalles aprendidos previamente. Como se mencionó aunque se busque solo un tipo de animal (por ejemplo delfines) existe la posibilidad de encontrar otras especies en la misma región. Entre más horas se invierten en una salida de campo, hay más horas de observación y esto implica un aumento de las posibilidades para avistar organismos vivos.

No se puede planear condiciones perfectas del área de trabajo en la investigación de campo en Biología. Algunas veces se hacen mediciones o búsquedas en la oscuridad, otras en una inestable lancha de motor sin espacio y el registro de datos puede hacerse tanto en tablas de datos como en la computadora misma.

Como ejemplo de los avistamientos en un viaje de un día y medio a mar abierto durante la estancia de investigación se pudieron observar:

Nombre científico	Conocida comúnmente
<i>Manta birostris</i>	mantarraya o manta gigante
Aves	El paíño negro, común, bobos, petreles
<i>Sterna máxima</i>	charrán real
<i>Phalaropus lobatus</i>	falaropo picofino
<i>Istiophoridae</i>	marlin
<i>Tursiops truncatus</i>	Tonina
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Ballena piloto
<i>Carcharodon carcharias</i>	Tiburón blanco
<i>Chelonia agassizii</i>	Tortuga prieta
<i>Sardina pilchardus</i>	sardina
<i>Alopias superciliosus</i>	Tiburón zorro
<i>Sphyrna mokarran</i>	Tiburón martillo
<i>Delphinus delphis</i>	Delfin comun
<i>Pluvialis fulva</i>	Chorlito dorado
Erizo, medusas, iguanas	Pez volador



Frecuentemente a los biólogos les bastaba con observar un pequeño fragmento de ellos para que se les reconociera y registrara. En diseñador no era capaz de percibir nada, entonces ¿cómo es posible trabajar en la práctica juntos?

### 6.3. Integración diseñador- biólogo

La integración se da con base en el trabajo constante y el mutuo interés. Fue posible aprender los términos que favorecían la comunicación, ya que estos se hicieron evidentes debido a su recurrencia en el trabajo básico.

Tener la oportunidad de trabajar y participar activamente de las investigaciones, sin duda favoreció un aprendizaje claro y espontáneo, porque las explicaciones siempre adquieren mayor sentido cuando se les acompaña de vivencias. Es por eso que la disposición de ambas partes es un factor importante; ésta ayuda a generar una enseñanza en el momento que se requiere, incluso fuera de horario de trabajo.

En este proceso se hicieron innegables las diferencias al observar un mismo elemento. El diseñador admira el entorno natural, especialmente los seres vivos, y observa estructuras, sistemas, formas. En tanto que el biólogo genera las explicaciones del mundo vivo.

La integración se da cuando ambas partes saben sus diferencias y sus fortalezas, compartiendo información común que genera una nueva manera de entendimiento. Este proceso llevó prácticamente un mes.

Una vez superada la etapa de conocimiento básico, definición de disciplinas y saberes, fue aun más fácil trabajar juntos.

La observación de seres vivos, requiere claves, y estas claves deben aprenderse a manera de código, y una vez dominadas, es posible colaborar. El proceso de interacción interdisciplinaria se puede definir en tres pasos:

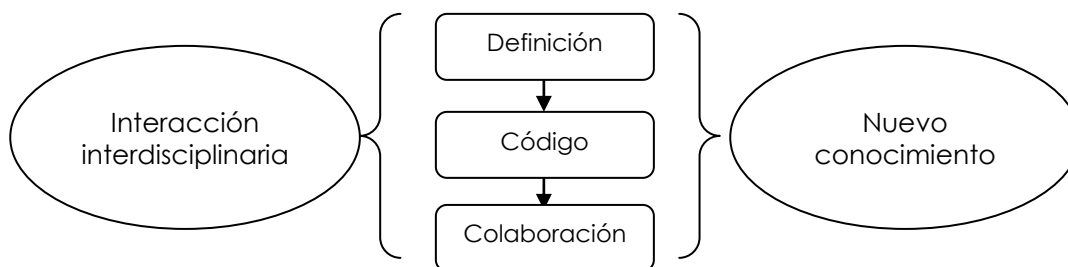


Figura 17. Proceso interdisciplinario en la Biomimética. Elaboración propia.

Un ejemplo para lo anterior -basado en la experiencia de la estancia de investigación- se puede describir de la siguiente manera:

<p>El primer día que se salió en buscar de toninas, apenas era posible ver a los animales salir del agua, a menos que lo hicieran constantemente y cerca de la lancha. El diseñador observaba el registro de una serie de datos que parecían más lejanos de definir a simple vista como género, actividad, edad. El avistamiento era difícil.</p>	<p>Definición</p>
<p>Para lograr avistamientos se recibieron indicaciones concretas para la observación a detalle así como información referente a lo observado mediante explicaciones y fotografías. Indicaciones sobre las características propias del género. Características del comportamiento del animal (por ejemplo: la tonina que se desplaza en línea esta en tránsito, si da vueltas es probable que se alimenten, etc.) y las características de comportamiento (los jóvenes son juguetones, si hay crías junto a un adulto se infiere que es una hembra, etc). Básicamente se educan los sentidos para detectar lo que se precisa observar</p>	<p>código</p>
<p>La colaboración en el trabajo se dio cuando ya no era necesaria información para las tareas básicas. El uso de instrumental y lectura del mismo estaba dominado, la forma de hacer anotaciones y los diferentes nombres de los datos (por ejemplo: estado del mar o Beaufort). Esto llevó a aportar observaciones y trabajo real.</p>	<p>Colaboración para el biólogo</p>
<p>Estar en el campo de acción es una manera de experimentar nuevas necesidades y mejoras en un trabajo. Y hacer propuestas pertinentes con respecto a cómo se lleva a cabo el mismo.</p>	<p>Colaboración para el Diseño</p>

# 7



**CONCLUSIÓN**

## 7. CONCLUSION

El mayor aporte recibido (más allá a un gran aprecio por las formas de vida y adquisición de conocimientos nuevos) fue el proceso de interacción y comunicación con un área diferente, aunado a una gama de nuevas necesidades para resolver con ayuda del Diseño.

A pesar de que el mar de Cortés está lleno de vida diversa e interesante para estudiar, se optó por continuar resolviendo con ayuda de la Entomología una necesidad surgida del trabajo en el campo, aunque no se trabajó en la parte práctica directamente con un centro de investigación entomológica, se logró el acceso a mucha información de este tipo que fue de gran utilidad para generar un trabajo de diseño.

El interés de los biólogos se generó a partir de observar una aplicación práctica de la abstracción de los conocimientos de Biología en el trabajo de Diseño (basado en la aplicación de la metodología descrita en el capítulo 4). Nuevamente se repitieron los patrones del proceso de interacción pero en sentido inverso (Diseño-Biología). Aunque los resultados terminaron en una sencilla maqueta, el proceso de abstracción, conexión de ideas e incluso las necesidades mismas fueron del interés de los biólogos con quienes se trabajó. Esto nos llevó a enfatizar las diferencias y habilidades de cada área del conocimiento, en un marco de respeto e interés por el trabajo ajeno.

Esta razón ayuda a determinar que el trabajo interdisciplinario de la Biomimética es factible en la práctica y que ayuda a generar propuestas trabajando en conjunto con un área tan aparentemente opuesta como lo es la Biología y además ayuda a despertar el interés de otras disciplinas por el trabajo en Diseño.

Además, el trabajo con la Biomimética es el recurso que tenemos en Diseño para encontrar un equilibrio en nuestro artificial hacer cotidiano. Nos lleva de alguna manera a evolucionar no solo en el sentido productivo sino en la forma en que generamos ideas y en cómo esas ideas las integramos al entorno vivo. De alguna manera podemos generar un equilibrio en medida de lo posible entre lo tecnológico y lo natural. Sin embargo, es importante mencionar que la Biomimética no es por sí misma un elemento que nos lleve a la sostenibilidad. Ésta solo nos lleva a entender a los organismos vivos y su forma de coexistir con el entorno y en nuestras manos y decisiones está la aplicación de lo que aprendamos, porque como ya vimos la cuestión ética es un asunto personal.

El trabajo de la Biomimética no es el único camino que se tiene para generar ideas para resolver necesidades humanas, sin embargo aporta una gran cantidad de elementos y procesos útiles aplicables en Diseño; esto siempre que se realice una buena investigación que nos acerque a la realidad. De alguna manera la Biomimética es un camino que puede ayudar a reducir el proceso de prueba y error del Diseño.

La investigación es lo más importante en el trabajo con la Biomimética, porque la observación llana no nos ayuda a entender los principios de funcionamiento de los seres vivos como se observa en el ejercicio práctico. En Diseño, se tiene la opción de apoyarse en el trabajo realizado en las ciencias con un rigor propio de las mismas, y es importante el respeto a ese trabajo mediante una investigación que además, ayuda a generar un trabajo de mayor calidad y favorece a brindar un mayor valor a las propuestas que se generan, porque tiene su base en elementos comprobados y estudiados.

Sin duda la investigación teórica puede resultar lenta en contraste con la premura que se tiene en el trabajo de Diseño en la práctica, pero este proceso puede considerarse como un generador de principios que serán aplicados a un mayor número de soluciones. Es decir que el tiempo invertido es proporcional a la utilidad del mismo.

La Biomimética se basa en el estudio de los seres vivos más que de la naturaleza. El conocimiento del entorno o naturaleza si es importante en medida que nos ayuda a determinar por qué un organismo funciona de una manera determinada. Pero el elemento biológico observado son los seres vivos.

Otro punto importante es el entendimiento de la complejidad que tienen los sistemas vivos y el equilibrio de los mismos. Si separamos del sistema "naturaleza" sub

sistemas basados en la clasificación taxonómica de los seres vivos, podemos observar la magnitud y posibilidades de los estudios biomiméticos.

Como ejemplo de esta tesis se utilizó el sistema insecto y sus características. Es posible determinar que todas las disciplinas importan por igual incluso cuando se dedican al estudio de un ser ínfimo. Los insectos pese a ser seres tan pequeños, poseen cuerpos tan complejos como el de cualquier mamífero y por tanto su estudio es igualmente complejo.

Al comenzar el estudio de un solo grupo de seres vivos, entendemos los vínculos que hay entre ellos y nosotros mismos como seres vivos. Una vez que comprendemos lo amplio de los temas podemos concluir que no es posible conocer a profundidad toda la información existente. Lo que si es viable, es conocer lo que deseamos y aprender a buscar la información que necesitamos con quien puede proveerla, para lo cual la comunicación y el entendimiento son de gran importancia.

Si queremos generar una buena comunicación es importante conocer el código de la misma, esto ayuda a generar un equilibrio en los saberes, mediante el establecimiento de un límite de las posibilidades que se tienen con relación a otra área.

Y si todo este proceso resulta favorable se puede ir incluso más allá de las disciplinas que colaboran entre sí, generando personas con conocimientos que se complementan y desean trabajar para un mismo propósito, esto es lo que conocemos como interdisciplina.

La gran conclusión de este texto es que el trabajo en equipo nos lleva a generar mejores resultados para el bien común, y la combinación de saberes promueve el desarrollo de nuevas investigaciones basadas en enfoques que, posiblemente, no se habían considerado previamente. El diseñador tiene la capacidad y habilidades de funcionar como elemento de unión de saberes de diversas disciplinas para proyectarlo en el desarrollo de trabajo interdisciplinar.

## REFERENCIAS

(Orden alfabético)

- ARISTOTELES (1981). *El arte de la poética*. México. Espasa Calpe.
- ARNETT, R. H. (1985). *American insects: handbook of the insects of America north of Mexico*. New York. Van Nostrand Reinhold.
- ASIMOV I. (1979). *Introducción a la ciencia*. (Tercera edición). España. Plaza & Janes editores.
- BOBES, J. et al (1993). *de calidad de vida*. Monografías de psiquiatría, Vol. 6
- BROCANO, F. (2000) *Mundos artificiales: filosofía del cambio tecnológico*. México. Editorial Paidós.
- CAPRA, F. (1996). *La trama de la vida, una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Nueva York. Editorial Anagrama.
- CORRAL-VERDUGO V. DE QUEIROZ PINHEIRO J. (2004). *Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable, Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, Editorial Resma.
- DE GREGORI, T. (Jun., 1986). *Technology the Negative Entropy Continuity or Catastrophe*, *Journal of Economic Issues*, Vol. 20, No. 2.
- DE FRANCO, F., J. M., PERDOMO, Y. C., & GODOY, E., *Preeminencia de la ética sobre la tecnología*. *Daena: international Journal of good conscience*.
- DERRY, T. K. (1998), *Historia de la tecnología*, México. México Siglo XXI
- EGIDO, J. (2012). *Biodiseño, Biología y Diseño*. México. Designio.
- FINDELI, A. (2001). *Rethinking design education for 21st century: theoretical, methodological and ethical discussion*. *Design Issues: volume 17, número 1*.
- FORBES, P. (2005) *The gecko's foot*. Harper Perennial, Londres.
- GILLOTT C. (2005). *Entomology. niversity of Saskatchewan, Edit. Springer*.
- GONZALEZ PÉREZ, U. (2002). *El concepto de calidad de vida y la evolución de los paradigmas de las ciencias de la salud*. *Rev. Cubana Salud Pública*. Vol.28, n.2.
- HELMS M. et al. (2009). *Biologically inspired design: process and products*, *Design Studies*, Vól. 30 Elsevier
- HESKETT J. (2005) *el diseño en la vida cotidiana*, Gustavo Gili.
- HICKMAN F. (1978). *Biology of animals*. Cleveland Pendleton.
- IBARRA ROSALES, G. (Enero-Marzo, 2009). *En ética del medio ambiente*, *Revista Elementos No 73*, vol. 16. Edit. Instituto de fisiología de la Universidad Autónoma de Puebla.
- J. GASTON K. (1991) *The Magnitude of Global Insect Species Richness Conservation Biology*, Vol. 5, No. 3.

KERCE W. Elyse (1992)., *Quality of life: meaning, measurement and models*. Navy Personal Research and Development Center.

LANZA, R. (2007). Una nueva teoría del universo. *Elementos: ciencia y cultura*. Julio-Septiembre vol. 14. Núm. 067, Puebla.

LLORENTE-BOUSQUETS, J. La búsqueda del método natural. Colección la ciencia para todos. Libro digital capítulo IV.

MARGOLIN V. (1998). Design for a sustainable world. *Design Issues* Vol. 14 number 2. Summer

MARGOLIN V. (1997). Getting to know the user. *Publicación de la conferencia "conociendo al usuario"*. Estudios de Diseño, Vol. 18, No. 3.

MOSQUERA DE CALDERÓN, S. (Diciembre, 2010). Mundo Biomímesis. La Revista el Universo. Editor Carlos A Yazca

PINCH, T. (1995). La construcción social de la tecnología, Innovación tecnológica y procesos culturales. *Nuevas perspectivas teórica.*, México. Fondo de Cultura Económica – UNAM.

PRESS, M. – COOPER, R. (2003). *The design experience: The role of design and designers in the twenty-first century*. Cornwall. Ashgate.

RICE, R.W, (1984). Work and the quality of life., *Applied social psychology annual*. Beverly Hills. In S.Oskamp (Ed.)

RUNES D., (1969) D. Diccionario de filosofía. Madrid, Ed. Grijalbo

SIMON H. (1969). *The Science of the Artificial*. Cambridge, Massachusetts, Londres. The MIT Press.

STANISLAV N. G. (2011). *Insect Biotechnology, Biologically-Inspired Systems 2*. Chapter 13: Insect-Inspired Technologies: Insects as a Source for Biomimetics. Edit. A. Vilcinskas. Kiel, Germany.

STAIRS, D. (1997). Biophilia and Technophilia: Examining the nature/cultural Split in design theory. *Design Issues* Vól. 13, No. 3.

SKINNER, B.F. (1963). *Science and Human Behavior*. Nueva York. McMillan Press.

SMALLWOOD and GREEN. (1982). *Biología*. México DF. Publicaciones cultural, SA. Pág. 1

TOFFLER, ALVIN. (1973). *El shock del futuro*. PLAZA & JANES, S.A.

VALDÉS MARGARITA M. (compiladora) (2004). *Naturaleza y valor: una aproximación a la ética ambiental*. México, D.F. UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas Fondo de Cultura Económica.

WOESE C; KANDLER O. Y WHEELIS M. (1990) *Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eucarya*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 87, No. 12



**BIBLIOGRAFÍA**  
Capítulo 3  
(en Orden alfabético)

BORROR, D.J. (1981). An introduction to the study of insects. (5th edition). Saunders College, Philadelphia.

BORROR D. J. AND WHITE RICHARD E. (1970). A field guide to insects America north of Mexico. Boston, N.Y. Houghton Mifflin.

CHAPMAN R.F. (1998). The insects, *structure and function*. U.K. Cambridge University Press.

FOOTTIT R.G. AND ADLER P.H. (2009). Insect biodiversity: *science and society*. Chichester. U.K.

GIBB, T. AND OSETO C. (2006). Arthropod collection and identification: *field and laboratory techniques*. Purdue University, Indiana. Elsevier Inc.

GRIMALDI D.S., ENGEL M. (2005). Evolution of the insects. Cambridge University, UK. Press.

GULLAN P. J. AND CRANSTON P. S. (2005). The Insects An Outline of Entomology. Blackwell Publishing. Department of Entomology, University of California.

HICKMAN. (1978). Biology of animals, Edit. Mosby.

M. S. DHOORIA. (2008). Encyclopedic Dictionary of General & Applied Entomology. Punjab Agricultural University, India . Edit Springer.

RESH V.H. AND CARDÉ R. (2009) T. Encyclopedia of Insects, second edition, Elsevier.

THOMPSON, F. C. ( 1996) . Names: The keys to biodiversity . In " BioDiversity II"

TRIPLEHORN, CH.A. y JONSON, N.F. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Brooks/Cole.

**BIBLIOGRAFÍA**  
**Utilizada en el desarrollo del ejercicio práctico**  
CAPITULO 4

AZHAR M. et al. (2010). Improvement of Artificial Foldable Wing Models by Mimicking the Unfolding, *Folding Mechanism of a Beetle Hind Wing*. Journal of Bionic Engineering 7. 134–141

GRUBERA P. et al. (2007). Deployable structures for a human lunar base. Acta Astronautica. Pp. 484–495

HAAS, F. (1994). Geometry and mechanics of hind-wing folding in Dermaptera and Coleoptera. Universidad de Exeter, tesis para el grado de Maestro en filosofía, Facultad de ciencias.

HAAS, F. y WOOTTON R.J. ( 1996) Two Basic Mechanisms in Insect Wing Folding. Biological Sciences, Vol. 263, No. 1377. Pp. 1651-1658

HAAS F; GORBB y WOOTTON H. (2000). Elastic joints in dermapteran hind wings: materials and wing folding. Arthropod Structure & Development. Pp. 137–1469

HAAS F. et al. (2012). New evidence on the mechanics of wing unfolding in Dermaptera (Insecta). Arthropod Systematics & Phylogeny. Pp. 95 – 105

VINCENT F.J (2001). Deployable structures in nature. Centre for Biomimetics. The University of Reading, U.K, Edit. S. Pellegrino.

WOOTTON, H. (2003). Young and Evans, Approaches to the Structural Modelling of Insect Wings. Philosophical Transactions: Biological Sciences, Vol. 358, No. 1437. Pp. 1577-1587

**Páginas WEB**

<http://biomimicry.net/>  
<http://www.bbc.co.uk/mundo>  
<http://engineering.illinois.edu>  
<http://www.ojocientifico.com>  
[http://www.utoronto.ca/qol/qol\\_model.htm](http://www.utoronto.ca/qol/qol_model.htm)  
<http://www.triz-journal.com>

<http://www.ted.com/>  
TED Ideas worth spreading

Charles Anderson discovers dragonflies that cross oceans; publicada: 2009

Janine Benyus, shares nature's designs; publicado: Abr 2007

Eythor Bender, demos human exoskeletons; publicado: Mar 2011

Robert Full, on animal movement; publicado: Nov 2007

## GLOSARIO

Apical:	Se habla de la parte distal al cuerpo.
Áptero:	Que no tiene alas.
Apterygota:	Insectos sin alas que incluye los órdenes Protura, Thysanura y Collembola.
Basal:	Se habla de la parte próxima al cuerpo.
Bioma:	Denominación dada al conjunto de ecosistemas característicos de una zona biogeográfica con vegetación y especies animales que predominan en él.
Cercos:	Localizados normalmente en el extremo del abdomen cuyas formas (morfología) y función son variadas desde órgano sensorial hasta defensivo.
Chelicerata:	Se trata del subphyllo de los artrópodos que no tienen antenas y cuentan una modificación a manera de apéndice para sujetar el alimento. Los hay de tres tipos: tijera, navaja y pinza.
Cóndilo:	Protuberancia redondeada en la extremidad de un hueso que encaja en el hueco de otro para formar una articulación.
Críptica:	Que se confunde o camufla con el entorno.
Detritívoros:	Que se alimenta de materia en descomposición.
Dorsoventral:	Es el plano del cuerpo que va de la parte dorsal (superior) a la ventral (inferior).
Dorsum:	La porción superior entera del insecto.
Esclerito:	Placa endurecida de cutícula (esclerotizada, formada por quitina y proteínas) que forma parte de su exoesqueleto y se encuentra delimitada por suturas, surcos o articulaciones.
Esclerotizado:	Generalmente se usa al referir a la cutícula endurecida formada por quitina y proteínas.
Filiformes:	Que es muy delgado o tiene forma de hilo.
Gena:	Área lateral de la cabeza bajo los ojos se denomina.
Halterios:	Son alas posteriores modificadas que poseen algunos insectos (como los Dípteros) que indican la posición espacial ayudando a mantener el equilibrio.
Hemimetábolos:	Artrópodos que sufren metamorfosis incompleta y usualmente carecen de pupa. Son cambios menos drásticos y las características físicas entre larvas y adultos son similares.

Hemolinfa:	Líquido circulatorio (análogo a la sangre).
Higrorreceptor:	Que capta los cambios de humedad.
Holometábolos:	Artrópodos que presentan metamorfosis completa y cambio drástico de apariencia.
Longitudinal:	Plano del cuerpo que va de la parte anterior (cefálica) a la posterior (caudal).
Ninfa:	Se dice cuando el animal pasó los estadios larvarios y se prepara para la metamorfosis.
Mandibulata:	También conocidos como antenados, son los que presentan antenas y apéndices masticadores.
Mecanorreceptor:	Órgano sensorial que funciona con la presión mecánica o las distorsiones.
Morfología:	Parte de la Biología que estudia la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta.
Mudas:	Proceso de producir una nueva cutícula (gracias a la estimulación hormonal) y el desprendimiento (o ecdisis) de la vieja cutícula.
Ocelos:	Ojos simples de los insectos.
Omatidios:	La unidad básica que forma el ojo compuesto.
Palpo:	Estructura sensitiva de la boca.
Partenogenético:	Modo de reproducción donde la formación de un nuevo ser es por división de células femeninas sin necesidad de masculinas.
Pleural:	Porción lateral del insecto completo.
Pleuron (pl. pleura):	Placa lateral del segmento de exoesqueleto.
Pleurite:	División del pleuron.
Probóscide:	Es un apéndice alargado y tubular ubicado en la cabeza, que se puede utilizar para alimentación.
Propioceptor:	Parte sensible que informa al organismo de la posición de los músculos, es la capacidad de sentir la posición relativa de partes corporales contiguas.
Pterygota:	Insectos alados que incluye el resto de los órdenes.
Pupa:	Estado por el que pasan algunos insectos en el curso de la metamorfosis. Para ello el insecto se encierra en una cápsula

para protegerse mientras los órganos juveniles se reabsorben y el organismo adopta una estructura totalmente distinta.

Quimiorreceptor:	Órgano sensorial capaz de captar sustancias químicas.
Sensilias:	Unidad sensorial básica de un artrópodo.
Sternum:	La parte baja del segmento de exoesqueleto.
Sternite:	Subdivisión del sternum.
Surcos:	Son en su mayoría puntos de inflexión para dar rigidez.
Suturas:	Unión de placas distintas en el cuerpo del insecto.
Tagmosis:	Segmentos o tagmas que conforman la unidad que es el insecto.
Tarsómero:	Se utiliza para nombrar las divisiones del tarso en la pata del insecto.
Tergite:	Subdivisión del tergum
Tergum (pl. terga):	Placa superior del segmento de exoesqueleto (también llamada notum; pl. nota).
Termorreceptor:	Órgano sensorial capaz de captar la temperatura.
Transversal:	Plano del cuerpo que va a través del eje longitudinal de un extremo lateral al otro.
Venter:	La parte baja del insecto completo.
Vertex:	La parte superior sobre los ocelos y entre los ojos compuestos.