



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL
POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL
TECNOLOGÍA

BIOMIMÉTICA SUSTENTABLE

Confort térmico en las viviendas de las megalópolis, caso Ciudad de México

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRA EN DISEÑO INDUSTRIAL

PRESENTA:

María de los Angeles Mercado Jiménez

Comité tutor:

M.D.I. Aura Rosalía Cruz Aburto (Facultad de Arquitectura, UNAM)

M.D.I. Erika Marlene Cortés López (Facultad de Arquitectura, UNAM)

Mtro. Ángel Mauricio Grosó Sandoval (Facultad de Arquitectura, UNAM)

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, agosto 2018



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.

BIOMIMÉTICA SUSTENTABLE

Confort térmico en las viviendas de las megalópolis, caso Ciudad de México

Maestrante: María de los Angeles Mercado Jiménez

Maestría en Diseño Industrial

Posgrado en Diseño Industrial

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



UNAM
POSGRADO
Diseño Industrial

Comité tutor:

M.D.I. Aura Rosalía Cruz Aburto (Facultad de Arquitectura, UNAM)

M.D.I. Erika Marlene Cortés López (Facultad de Arquitectura, UNAM)

Mtro. Ángel Mauricio Grosó Sandoval (Facultad de Arquitectura, UNAM)

DIRECTOR DE TESIS:
M.D.I. Aura Rosalía Cruz Aburto

SINODALES

M.D.I. Erika Marlene Cortés López
Mtro. Ángel Mauricio Grosó Sandoval
Dr. Janitzio Egido Villareal
M.D.I. Areli Maciel Regalado

Agradecimientos

A las personas que siempre han creído en mí y que me enseñaron a luchar por mis convicciones, mi familia, en especial a mi hermana, mi madre y mi padre, quienes siempre me han apoyado y orientado. A mi compañero de vida, Rafic quien se ha convertido en mi motor, motivándome siempre a llegar más lejos y a superar cada reto.

A mis compañeros del *Posgrado en Diseño Industrial* en quienes encontré a verdaderos amigos con los que compartí victorias y una que otra derrota; en ellos hallé a grandes personas de quienes me llevo lecciones tanto dentro como fuera del aula.

A mi comité tutor, en especial a Aura Cruz Aburto, Erika Cortes y Ángel Groso, quienes apoyaron el desarrollo de mi trabajo desde sus inicios, orientando y nutriendo mi investigación de manera invaluable.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Posgrado en Diseño Industrial por darme la oportunidad de formar parte de esta institución y con ello, de vivir experiencias que han nutrido mi vida tanto a nivel profesional como personal.

Por último, a todos los amigos, compañeros y maestros que han influido mi trabajo de manera directa o indirecta. Este trabajo es el resultado de observaciones, lecciones y experiencias vividas a lo largo de un proceso académico que ha reorientado mí actuar y mí pensar.

Contenido

Introducción	12
Planteamiento del problema	17
Preguntas de investigación	22
Objetivos de la investigación.....	22
Hipótesis	22
Capítulo I. Antecedentes	23
1.1 Problemática ambiental a nivel mundial. Cambio climático.....	27
1.2 Problemática ambiental desde las megalópolis.	33
1.3 Impacto ambiental del diseño y la construcción.....	38
1.4 Regulación térmica como parte de la generación de la problemática ambiental en las megalópolis. (Confort térmico).....	41
1.5 Conclusiones del capítulo	46
Capítulo II. Estado del Arte	47
2.1 Aproximaciones teóricas en torno a la sustentabilidad	48
2.2 Propuestas sustentables en la construcción	50
2.3 Construcción sustentable en las megalópolis	56
2.4 Aproximaciones teóricas de la biomimética	58
2.5 Conclusiones del capítulo	67
Capítulo III. Marco teórico metodológico	69
3.1 Sustentabilidad y biomimética.....	70
3.2 Metodología de la biomimética	80
3.3 Análisis de casos de estudio.....	88
3.4 Conclusiones del capítulo	91
Capítulo IV. Desarrollo del Modelo Biomimético para solucionar problemas de diseño. El caso del confort térmico en las megalópolis	92
4.1 Megalópolis, Ciudad de México	93
4.2 Modelo teórico para toma de decisiones de diseño	100
4.3 Caso de estudio, Ciudad de México.....	137
4.4 Conclusiones del capítulo	188
Conclusiones.....	190

Índice de ilustraciones 194
Bibliografía..... 195

Prólogo

Todo problema de diseño comienza por una pregunta que nos hacemos sobre el mundo que nos rodea, cuando por medio de la investigación decidimos ampliar nuestra información sobre el tema, alimentamos aún más la inquietud transformándola en una posibilidad de investigación. Enfrentarnos a una problemática de la cual no podemos encontrar una respuesta concreta, sugiere que se trata de una situación cuya solución aún no ha sido alcanzada satisfactoriamente, por lo tanto se vuelve necesario realizar una investigación en torno a ésta. La investigación será el sustento de la innovación¹ y definirá el rumbo que nos llevará a alcanzar nuestro objetivo: añadir conocimiento para generar soluciones capaces de trascender las propuestas actuales.

Notar los problemas ambientales a los que nos enfrentamos actualmente en la Ciudad de México y en el mundo, fue la inquietud que motivó mi investigación. Al comenzar a investigar sobre las posibles soluciones sustentables existentes, se presentó el concepto *biomimética*. Ésta cuenta con un prometedor planteamiento teórico desde la sustentabilidad, sin embargo es también la responsable de generar soluciones no sustentables, pero visualmente “naturales”, una clase de híbridos artificiales inspirados en especies biológicas. A pesar de estar basada en principios aparentemente evidentes y evolutivos del mundo natural, la aplicación de la biomimética tiene un alto grado de complejidad.

Al inicio de la investigación procuré acercarme a la sustentabilidad desde mi materia de estudio, el diseño de interiores; abordando el tema desde una nueva y creativa perspectiva, la biomimética. El objetivo fue entonces reinterpretar las soluciones artificiales a las problemáticas de confort del ser humano en los interiores. Siendo el área de práctica del diseño interior arquitectónico velar por el confort del ser humano, acercar esta práctica a una visión naturalmente sustentable me pareció un ángulo que valía la pena estudiar. Procurar alcanzar el confort del ser humano involucra factores biológicos, físicos, sociales y culturales, entre otros, por lo tanto decidí limitarlo a la búsqueda del confort térmico, dentro del cual podría estudiar tanto las soluciones cuyas emisiones atacan directamente al medio ambiente, (sistemas de aire acondicionado y

¹ Innovar: mudar o alterar algo, introduciendo novedades. (Real Academia Española, 2018)

calefacción) como los métodos constructivos y soluciones que tienen un impacto negativo en el medio ambiente, desde su producción hasta el fin de su vida *útil* (ej. uso de aislantes en muros y ventanas dobles). Pero la biomimética no es un simple método, es una forma de vivir, ya que tiene el potencial de orientar las decisiones que tomamos, haciéndonos conscientes del ecosistema que estamos interviniendo. Mi siguiente cuestionamiento fue, cómo hacer que la gente deje de lado las soluciones dañinas, actualmente implementadas, y adopte los principios y estrategias biomiméticas como una forma de encontrar el balance perfecto entre su propio confort y el del medio ambiente. Tener un espacio que brinde protección y cobijo fue la primera razón por la cual comenzamos a crear construir, por lo tanto el hogar, nuestro lugar de resguardo debía ser la materia de estudio de la investigación. Por lo tanto mi reflexión fue, si logramos introducir los principios biomiméticos dentro del núcleo de la vida (desapegada de los principios naturales) del ser humano, entonces podremos sentar de forma *natural*, un nuevo paradigma dentro de la sociedad.

Aunado a los factores ambientales y de confort humano, también existen otros dos factores que parecían siempre interponerse en el camino hacia la sustentabilidad: las inversiones económicas y la dificultad de lograr una transición hacia las ideologías sustentables en un mundo ya construido. Estos dos factores, cuyas raíces se encuentran ligadas, plantearon dos premisas más en la construcción del problema de estudio: limitar las adaptaciones a casas ya construidas y plantear la mínima inversión requerida.

Siendo habitante de una de las ciudades más grandes y más contaminadas del mundo, la soluciones a los problemas generados por nosotros mismos deben darse aquí mismo. Entonces el problema de estudio debía incrementar sus alcances. Si los núcleos del mundo artificial² son, en donde el problema ambiental generado por el ser humano comienza, entonces la solución debe ser dada desde las grandes ciudades desarrolladas que continúan en expansión, abordadas aquí como megalópolis. Por ende los alcances de la investigación deben enfocarse en el cambio de paradigmas de estas ciudades ya construidas, como los focos de generación de contaminantes

² El mundo artificial es abordado como un concepto que hace referencia a todo aquello que ha sido creado por el ser humano.

ambientales. En el cercano caso de la Ciudad de México, es posible notar la falta de espacio y recursos físicos para continuar construyendo. Nos hemos convertido en pobladores de una ciudad que ha alcanzado y sobrepasado su límite de crecimiento en cuanto a construcciones. Solucionar en vivienda nueva problemas sustentables, iría en contra de la propia sustentabilidad, ya que requeriría de la inversión de capital y recursos para construir algo nuevo y desechar algo que durante su construcción, también dejó una huella ambiental en el planeta.

Por otro lado el factor económico ataca tanto a las megalópolis, como a su población. En las grandes ciudades existe un gran desbalance de ingresos económicos entre sus habitantes. Por ello, para que un nuevo paradigma que pugne por la sustentabilidad sea aceptado, este debe poder ser accesible tanto para ciudadanos cuyos ingresos permitan vivir rodeados de lujos, como para personas cuyas prioridades de inversión económica sean, cumplir con las necesidades básicas de sus familias, como lo es la alimentación. Actualmente tanto las personas con el potencial económico para invertir en revertir el problema ambiental, como aquellas cuyas necesidades básicas rebasan las necesidades del planeta, no invierten en la mejora del medio ambiente; ya sea por falta de información sobre las repercusiones que nuestra presencia en la tierra está teniendo en el medio ambiente, o por la falta de interés en resolver problemas que creen que no les afectarán directamente. Limitar la inversión económica de las mejoras biomiméticas al hogar, sería solo un factor a resolver dentro del problema de la transición hacia la sustentabilidad.

Existen también factores políticos y económicos a tomar en cuenta dentro de esta transición. Dirigentes de países, como los Estados Unidos, aseguran que el ser humano no es tan poderoso como para tener influencia alguna en las condiciones de habitabilidad en la tierra, sin embargo estos se encuentran en un grave error. Cada pequeña acción que un ser humano realiza para su beneficio en el mundo artificial, tiene pequeñas repercusiones en el mundo natural. Si tomamos en cuenta que pertenecemos a una sociedad, conjunto de muchas personas, que crece a pasos agigantados, entonces la gravedad de las repercusiones se evidencia.

Al comenzar a profundizar en el tema de estudio, palabras como calentamiento global, cambio climático, CO₂, combustibles fósiles y contaminación ambiental comenzaron a ocupar mis búsquedas más frecuentes. Fue en este momento en el que me di cuenta de que el problema era mucho mayor de lo que yo lo había planteado; sin embargo, cuando se busca hacer a nuestro planeta más sustentable, no hay pasos pequeños, sino un conjunto de pequeñas acciones que desenlazan en grandes cambios. Un variado número de soluciones basadas en investigaciones sustentables y biomiméticas han fomentado resultados concretos, algunos de ellos ya aplicados en países como Holanda, donde se ha multiplicado la implementación de energía eólica y Francia donde se utiliza cada vez más la energía solar. No obstante estas son soluciones que, aunque basadas en principios de vida en la naturaleza, aun procuran abastecernos de energía para continuar con nuestro mismo estilo de vida. Entonces aportar una solución concreta más a la gran biblioteca de estudios especializados (algunos más exitosos que otros), no puede ser una respuesta que pueda ir más allá de donde nos encontramos ahora.

Planteado esto, las dimensiones del problema se incrementan, y la importancia de tomar decisiones en la dirección correcta se hacen necesarias. El mundo no requiere de la creación de más artefactos, es tiempo de analizar los alcances de lo que hemos producido, y de orientarlos hacia nuevos objetivos. En esta investigación no se abordarán las creaciones tecnológicas como fin del estudio, sino como un medio para explorar y entender mejor los principios de la naturaleza para adaptarlos al mundo que el ser humano ha creado. Se pretenden sentar las bases del diseño de un mundo, a partir del reconocimiento de la problemática por parte de los ciudadanos, desde el entorno construido por ellos mismos. Como principio, el reconocimiento de las implicaciones en el hogar que han fomentado la generación de contaminantes en el medio ambiente, para después llevar este modelo a la creación de un nuevo ecosistema, a partir del diseño de una estrategia que nos guíe hacia un nuevo paradigma sustentable. El objetivo de esta investigación es, marcar el principio de un proyecto que puede continuar siendo desarrollado por otras especialidades con competencias específicas para alcanzar un proyecto conjunto, por medio del cual se

rediseñe un paradigma que, como consecuencia, nos guíe hacia la adaptación del diseño del mundo artificial.

Adentrarse en el estudio de los principios naturales³ (planteados por la biomimética), sugiere preguntarse, ¿Por qué no podemos aceptar que la sustentabilidad⁴ ya existe, pero la estamos buscando en el lugar equivocado? ¿Por qué hay tantas innovaciones y soluciones sustentables, algunas de ellas brillantes, pero que no proliferan? Probablemente podríamos dar respuesta a esto apelando a la falta de recursos económicos, fallas en la educación o de poderes confrontados. Pero si encontramos la forma de introducir un paradigma biomimético que rijan nuestra forma de actuar en el mundo (desde las pequeñas acciones que podamos tomar en la forma de comprender y construir nuestro hogar), entonces podríamos potencializar los beneficios de las propuestas sustentables actuales. Presentar las soluciones biomiméticas hipotéticas, sentadas en los principios de la vida, que pueden ser aplicadas en la forma de vida del ser humano para alcanzar uno de los problemas de confort a resolver, el confort térmico en un espacio artificial construido, puede llegar a tener repercusiones a gran escala tanto en los campos de especialización, como en la colectividad.

³ (Benyus J. , 2009)

⁴ Concepto que será definido en el Capítulo III. Marco teórico metodológico 1. Sustentabilidad y biomimética.

Introducción



¿Qué es la sustentabilidad y cómo la alcanzamos?, frente a la crisis ambiental a la que nos enfrentamos en la actualidad, las búsquedas por una respuesta a esta pregunta se han incrementado. Alcanzar la sustentabilidad no es un tema novedoso, sin embargo continúa siendo un tema recurrente ya que no existen soluciones que hayan sido capaces de abarcar la complejidad del problema a abordar. Existen un sinnúmero de propuestas sustentables con diferentes enfoques alrededor del mundo, algunas de estas enfocadas al uso limitado de recursos no renovables, otras que buscan reemplazar tecnologías dañinas por tecnologías menos nocivas, algunas otras se han enfocado en estudiar los ciclos de vida de los productos con el fin de minimizar el impacto negativo de estos, mientras que otras proponen la desmaterialización del diseño reemplazando lo material por servicios; todas estas propuestas tienen el potencial de generar un impacto positivo en el ambiente. No obstante el alcance de los esfuerzos aislados se ve limitado frente a las dimensiones del problema a abordar. Aunado a esto la falta de un acuerdo en cuanto a qué es la sustentabilidad, no permite que la suma de esfuerzos encuentre un sólido punto de partida.

La implementación de nuevas propuestas tecnológicas a favor del medio ambiente (como los sistemas de captación de agua, paneles solares, turbinas eólicas, calentadores solares, entre otras), así como los esfuerzos por disminuir las emisiones dañinas (combustión en fábricas y en el área automotriz), señalan a las grandes ciudades como los lugares donde se ha vuelto crucial dar solución a la falta de sustentabilidad. Es decir, tanto las tecnologías al alcance de los habitantes de las megalópolis⁵, como su estilo de vida fomentan el deterioro del medio ambiente. El estilo de vida como punto de partida de la problemática sustentable en las grandes ciudades incluye nuestra forma de actuar, consumir, desechar, habitar, entre otras. Reconocer el estilo de vida como una problemática sustentable, propone la necesidad de cambiar el punto de partida desde el cual estamos generando soluciones. El presente estudio se

⁵ Término abordado en el desarrollo del Capítulo I. Antecedentes 2. Problemática ambiental desde las megalopolis. *Megalópolis: A very large or principal city, a metropolis (occas. as a proper name); (now sometimes) spec. a continuous urban sprawl formed from the expansion of adjoining cities. Also: the way of life characteristic of such a city.* (Oxford English Dictionary, 1978)

ha enfocado en el estudio del habitar del ser humano, específicamente en su forma de construir y de dar solución a las condiciones térmicas que le provocan incomodidad.

Retomando la pregunta expuesta anteriormente, ¿qué es la sustentabilidad?, encontraremos que existe una forma mundialmente aceptada para dar respuesta a esto. La Organización Mundial de las Naciones Unidas define el desarrollo sustentable como: *{...} la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*⁶. Frente a esta declaración podemos cuestionarnos, ¿debemos permitir que esta definición antropogénica oriente nuestro actuar frente a la búsqueda de la sustentabilidad? Si fuese una cuestión que busca el beneficio exclusivo del ser humano habitante de las grandes ciudades, entonces podríamos asegurar que esta definición es certera, sin embargo se trata de la salud del medio ambiente, gracias a la cual podríamos asegurar la sobrevivencia del ser humano y el resto de las especies; en este escenario el ser humano se convierte en un actor más dentro de esta gran problemática. Siendo el fin dar respuesta a los dilemas de la sustentabilidad y ser capaces de generar propuestas viables para todos los involucrados, se propone estudiar la sustentabilidad desde 3.8 millones de años de experiencia, es decir desde los ejemplos encontrados en la naturaleza⁷.

El estudio y la aplicación de principios naturales al diseño es la materia de estudio de la biomimética, nuestra conexión más directa entre el conocimiento científico y su aplicación en las propuestas tecnológicas del ser humano. A pesar de tratarse de una propuesta prometedora, cuyos alcances podrían fomentar la salud ambiental, esta se ve limitada cuando se expone el conocimiento biológico a los métodos y materiales generados por el ser humano; en consecuencia las propuestas humanas basadas en este conocimiento científico pierden congruencia con el medio ambiente y los principios de la vida. El objetivo de utilizar como insumo de la innovación sustentable el conocimiento biológico no puede ser fundamentado en la mera imitación, sino en la comprensión y correcta aplicación de los principios de la vida, reconociendo las limitaciones que existen cuando se busca adaptar una estrategia natural por medios

⁶ (United Nations, 2016)

⁷ (Benyus J. , 2009)

humanos. Se propone aprender a extraer conocimiento y no recursos de la naturaleza, sin olvidar que existen factores propios de la especie humana, como la cultura, economía, interacciones sociales entre otras, que también deberán tomarse en cuenta para generar propuestas significativas. Buscar la aceptación de la reorientación del paradigma sustentable implica que todos los factores antes mencionados serán tomados en cuenta, esto evitará la falta de congruencia de las propuestas y facilitará su aplicación. Somos parte de un sistema y estamos interconectados, por lo tanto nuestra forma de actuar y materializar nuestras ideas deberá fomentar la salud de la totalidad del sistema.

Materializar ideas partiendo del conocimiento teórico científico, conocimiento biológico en el caso de esta investigación, representa un nuevo reto para los diseñadores, un reto en el que se propone plantear las problemáticas considerando a todos los posibles actores del sistema; por lo tanto este deberá reconocer la interdisciplinariedad. La búsqueda de la sustentabilidad comenzó teniendo como objetivo disminuir los daños causados al medio ambiente; la lucha comenzada por la biomimética sustentable tiene como objetivo detener el daño causado y convertirnos en parte del ciclo virtuoso del ecosistema⁸. Somos una especie con el potencial de crear soluciones, sin embargo hemos actuado fuera de los límites establecidos por la naturaleza, si fomentamos el reconocimiento de estos límites, nuevos retos que exijan de nuestro poder de innovación se presentarán y comenzaremos a diseñar de modo congruente con nuestro entorno. No se busca proponer una solución sustentable más, sino alimentar la teoría de la sustentabilidad a partir de la conjunción de la sabiduría y el conocimiento, con el fin de hacer propuestas realmente sustentables.

El presente es un estudio sobre cómo enfrentamos situaciones que nos producen incomodidad y como las sobrellevamos; y de cómo, si modificamos el punto desde el cual partimos para dar soluciones, potencializamos un cambio radical en nuestra forma

⁸ El ecosistema es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema, incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales dependen unas de otras. Las relaciones entre especies y su medio, resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2018)

de actuar. Se propone que este punto de partida sea la naturaleza⁹, ya que se trata de sabiduría existente, la cual gracias al desarrollo tecnológico se encuentra cada vez más al alcance de nuestra especie. El presente estudio representa un apoyo teórico que fomenta la congruencia entre lo que pensamos y lo que decimos, entre nuestra forma de materializarlo y comunicarlo. Se pide al lector que olvide todo aquello que cree que es una solución, y que abra su mente a nuevas formas de conocer, solo así podrá innovar sustentablemente.

⁹ Principios de la vida y estudio de especies biológicas

Planteamiento del problema

Vivimos en un planeta que ha sido habitado, explotado, conquistado y civilizado por millones de años. Destruimos, construimos, creamos productos y todo lo necesario para facilitar la existencia del hombre, pasando inadvertido lo que la naturaleza había dispuesto para nosotros. De tal forma que el hombre actuó en contra del planeta y buscó nuevas formas dentro de su propio raciocinio para sobrevivir. Actualmente existen diversas formas de procurar convivir con la naturaleza de forma más armónica y de evitar así la destrucción total de las condiciones óptimas de habitabilidad en la tierra: métodos de captación de agua de lluvia, paneles solares, reúso de agua, pinturas ecológicas, certificaciones LEED, son algunas de las soluciones que el ser humano ha creado para intentar reducir el impacto ambiental. Pero nada de esto ha sido suficiente, el impacto económico es aún elevado y en muchos países la cultura aun no permite que estos avances sean aplicados. Aunado a esto el diseño de soluciones que buscan la armonía con el medio ambiente, a corto plazo generan un gran impacto económico, contaminan y no siempre ha tomado en cuenta las implicaciones de insertar al objeto en el medio. La necesidad de dar solución a la destrucción del medio ambiente nos ha llevado a crear ciudades 100% ecológicas, como Masdar¹⁰ en Medio Oriente, la cual utilizando la mejor tecnología ecológica al alcance del hombre, es el más claro ejemplo de como una ciudad debería funcionar. Sin embargo, somos habitantes de un mundo superpoblado¹¹, el cual ya no resiste la destrucción de más bosques y planicies para el desarrollo de comunidades que crecen sin control; el requerimiento actual del mundo es transformar la manera en que el hombre ha concebido sus ciudades, comenzando por la casa habitación, núcleo estructural indispensable para el ser humano.

Las megalópolis son grandes ciudades con un desarrollo incontrolable, las cuales han alcanzado su máxima capacidad de construcción, pero a pesar de ello continúan expandiéndose hacia el espacio rural y natural. Estas son el más claro ejemplo de la confrontación entre el mundo del ser humano y el natural. En el presente proyecto, las

¹⁰ Proyecto ubicado en Abu Dhabi de Foster + Partners. (Hubadala Company, 2016)

¹¹ (...) a mediados de 2015, la población mundial alcanzó los 7.300 millones de personas, lo que significa que, en 12 años, el número de personas en el mundo ha aumentado en 1.000 millones. (Naciones Unidas, 2015)

megalópolis serán abordadas como el nudo central donde los problemas ambientales, producto de la industrialización, se han generado, pero también como el lugar ideal para concebir un cambio significativo a favor del medio ambiente natural. A partir del desarrollo de ciudades basadas en principios biomiméticos, las fronteras entre los ecosistemas tendrán el potencial de dejar de ser barreras, para convertirse en puentes entre los diferentes ambientes, permitiéndoles interactuar de manera simbiótica.

Con el fin de optimizar los resultados alcanzados en esta investigación, se introducirá un caso de estudio dentro de la Ciudad de México. En este se buscará mostrar la aplicación del modelo teórico en una construcción real. Al estudiar la Ciudad de México, estaremos abordando a una de las más grandes megalópolis del mundo, por ende una de las que más daños ambientales causan a nivel mundial. El caso de estudio aquí presentado tiene como objetivo limitar las estrategias a analizar y el contexto en el que estas han sido implementadas. Aunque parte del objetivo del siguiente trabajo, las condicionantes climáticas no serán el único punto focal del estudio, ya que la problemática radica en la inserción de los principios biomiméticos a las casas de las megalópolis como vía hacia la sustentabilidad. El punto central es, atacar una problemática humana, definida aquí como el confort térmico, siendo materia futura de estudio, diversos aspectos relacionados con la habitabilidad del hombre.

Alcanzar el confort térmico en ciudades como la Ciudad de México, podría no parecer un tema relevante, ya que es una megalópolis que a lo largo del año mantiene temperaturas relativamente estables; sin embargo existen variantes, cada vez más significativas en las temperaturas registradas a lo largo de un día, mucho mayor es la diferencia de temperaturas registradas a lo largo del año. Los habitantes de la Ciudad de México no estamos habituados a grandes cambios de temperatura en el ambiente, pues, según el lugar geográfico que ocupamos, no nos ha sido necesario adaptarnos a cambios climáticos drásticos. Por ello, los recientes cambios registrados en la temperatura al interior de los hogares, significan un reto a superar para alcanzar el confort en el hogar. En el libro *Diseñando para un mundo complejo* del filósofo John Thackara, el autor se refiere al ser humano como una especie que al encontrarse con limitantes, lejos de detenerse ante estas, las ve como posibles retos a superar y va en

contra de las leyes de la naturaleza hasta sobrepasar los límites. El reto al que nos referimos en este contexto, es al mismo que cualquier otra especie en la naturaleza busca resolver para alcanzar un confort en el que su cuerpo se encuentre en condiciones óptimas para el desarrollo de sus actividades. Ejemplo de esto son las madrigueras, los nidos y la propia piel y pelaje de algunos animales; las cuales por medio de materiales, estructuras y construcciones intuitivas, les brindan protección de las adversidades del medio ambiente natural.

Dependiendo de las condiciones climáticas y geográficas de cada región, corresponden ciertas especies de flora y fauna, las cuales están adaptadas para su supervivencia, en ocasiones incluso con morfologías diferentes de una zona a otra no obstante de ser la misma especie. La especie humana se ha extendido a lo largo del globo terráqueo, formando parte de ecosistemas a los que su morfología no podría adaptarse sin la ayuda de las tecnologías que ha desarrollado. El reto del diseño en este marco es, asegurar la supervivencia de una especie que ahora pertenece a todas las regiones del mundo. Una especie que no ha requerido grandes lapsos para adaptarse, sino que ha adaptado el medio ambiente para su beneficio. Comenzando por estrategias biomiméticas para regular pequeñas fluctuaciones de temperatura en el ambiente personal del ser humano, puede conllevar un gran paso hacia la adaptabilidad del ser humano a un ambiente natural cambiante, sin la necesidad de realizar más intervenciones que invadan, repercutan o dañen el ambiente natural. Se trata de rediseñar el imaginario en torno a la sustentabilidad.

Adentrándonos en el tema de la casa habitación se plantean ciertas problemáticas térmicas al interior que llevaron al hombre a generar respuestas efectivas pero que están dañando irreversiblemente al mundo: iluminación interior, ventilación artificial, calefacción, uso de concreto, pinturas y selladores, entre otros, han generado lo que actualmente consideramos hogar, sin embargo es un hogar que la naturaleza jamás hubiera creado. Estudiando la naturaleza podemos encontrar soluciones a las mismas problemáticas de confort interior, a las que el hombre se ha enfrentado, que ya han sido resueltas por otras especies durante 3.8 millones de años de evolución¹². Al llegar

¹² (Biomimicry Institute, 2016)

a esta disyuntiva es cuando nos debemos hacer la misma pregunta que el principio de Biomimética se hace, *¿qué haría la naturaleza?*

El ser humano no es superior a ninguna especie del planeta tierra, pero éste tiene a su favor el raciocinio, y la capacidad de manipular y desarrollar nuevas tecnologías, gracias a las cuales ha sido capaz de construir un mundo a su medida. El problema de este mundo es precisamente el hecho de que sea un mundo, ajeno al existente, sobre el cual se ha construido; existe una ruptura entre el mundo que el hombre ha construido y el no humano. Los ecosistemas han dejado de funcionar de manera conjunta, los límites entre ecosistemas son evidentes y la desaparición de especies de sus ecosistemas naturales por la urbanización va en aumento. Hemos pasado de pensar en el ser humano como una especie más de la naturaleza a considerarlo, como el creador de un mundo ajeno al existente, comúnmente referido como el mundo artificial; no habiendo razón para tiranizar el concepto, ya que se trata de las creaciones de una especie más de la naturaleza utilizando ciertos medios para alcanzar metas, sin embargo el ser humano es una especie que crea a expensas del bienestar del resto de las especies. En este contexto el llamado mundo de lo artificial se autotiraniza, convirtiéndose en el mundo que requiere ser intervenido para restaurar el equilibrio del planeta.

La problemática abordada en esta investigación yace en el desequilibrio que existe entre los ecosistemas con y sin intervención humana; las soluciones producto del raciocinio humano han fomentado la generación de barreras entre los ecosistemas, las cuales impiden un intercambio simbiótico y la creación de relaciones virtuosas entre los diversos ambientes. En ésta investigación se reconoce que las propuestas sustentables actualmente aplicadas no alcanzan a abarcar la complejidad del problema a abordar, debiendo replantear nuestra forma y métodos para proponer soluciones. El incremento de las variaciones térmicas en las ciudades desarrolladas, las Megalópolis, han promovido la aplicación de soluciones nocivas para el medio ambiente, provocando el aumento de contaminantes generados en estos ecosistemas. Estudiando las soluciones propuestas por las diferentes especies en la naturaleza se evidencia la disparidad existente entre la forma de resolver limitaciones desde el raciocinio del ser humano y el

resto de las especies de la naturaleza. Por lo tanto se enfatiza la necesidad de introducir una nueva forma de dar solución a los problemas ambientales.

Preguntas de investigación

Pregunta general

¿Cómo se puede ofrecer una aproximación sustentable a las problemáticas ambientales generadas en las megalópolis?

Pregunta particular

¿Cómo se puede ofrecer una aproximación sustentable al confort térmico en las viviendas existentes de las megalópolis?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Desarrollar un modelo teórico a partir del análisis de los principios y estrategias biomiméticas, como vía para restablecer la sustentabilidad innata de la naturaleza en las megalópolis

Objetivos particulares

Desarrollar un modelo teórico sustentable para orientar las soluciones hacia el confort térmico en las viviendas existentes del ser humano en las megalópolis.

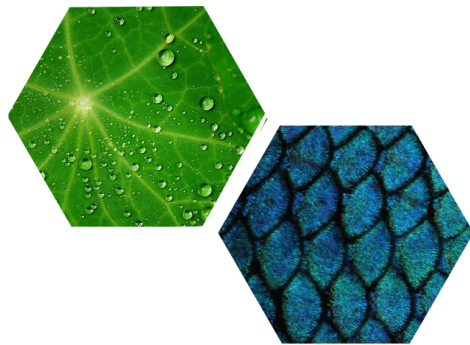
Construir el conocimiento adquirido dentro de la Ciudad de México para evaluar la viabilidad de las estrategias aplicadas actualmente en la vivienda Agua Cristalina¹³.

Hipótesis

Si desarrollamos un modelo teórico de aproximación a los principios y estrategias biomiméticas como vía para solucionar un problema intrínseco de la habitabilidad del ser humano, podremos proponer una aproximación a un modelo de sustentabilidad capaz de restablecer la relación entre el medio ambiente natural y el construido.

¹³ Caso de estudio, vivienda ubicada en la Ciudad de México en la zona denominada Ajusco.

Capítulo I. Antecedentes



Existen múltiples soluciones aisladas en cuanto a alternativas sustentables para resolver las problemáticas térmicas a las que el ser humano se enfrenta. Sin embargo resulta importante concebir todas estas dentro de un mismo sistema, el cual deberá considerar el análisis del flujo iterativo de las condiciones térmicas en el hogar. Dentro del enfoque de la presente investigación, nos referimos a generar un método para la aplicación de principios biomiméticos para la regulación térmica en el hogar. En la actualidad eventos tales como Biomimicry Challenge¹⁴, invitan a la innovación a partir de inspiración biomimética, es ahora tiempo de cuestionarnos a qué modelo de mundo responde esto. Al intentar dar respuesta descubriremos que es el mismo modelo de producción y consumo; por ello resulta necesario concebir el paradigma biomimético¹⁵ como una forma de integración de un sistema, no como soluciones aisladas.

El gran acervo de propuestas hacia la sustentabilidad, abordan las distintas problemáticas del medio ambiente desde diferentes ángulos, generación de producto-servicio-sistema, generación de fuentes de energía renovables alternas, creación de laboratorios interdisciplinarios, entre otros. Es decir, soluciones que van desde la tecnología hasta los cambios sociales. Ha llegado el momento de preguntarnos ¿Por qué estamos dejando regir el movimiento hacia la sustentabilidad por esfuerzos aislados sin un punto de partida en común? ¿Por qué, a pesar de comenzar a tener impactos a pequeña escala con potencial de mejoras significativas a gran escala, nos estamos planteando metas en un futuro remoto cuando podríamos unificar nuestro origen? Si bien es cierto que no hay una sola solución correcta hacia la sustentabilidad, también es cierto que de querer lograr un verdadero cambio que se refleje de manera positiva en el planeta, será necesario orientar todas las propuestas bajo un mismo principio. Todos nos regimos por principios naturales, y en cuanto a estos debemos decidir sobre las modificaciones que queramos realizar. Existen metas en conjunto, como las establecidas en el Acuerdo de París sobre el cambio climático celebrado en

¹⁴ Concurso anual en el que estudiantes y profesionistas participan proponiendo soluciones a problemáticas globales desde tomando a la naturaleza como fuente de inspiración. (Biomimicry Institute, 2016)

¹⁵ Concepto en el que se profundizará en el Capítulo II: Estado del arte 4. Aproximaciones teóricas a las biomimética.

noviembre de 2016¹⁶ firmado por 175 países (entre ellos México). En él se establecen una meta y un periodo de tiempo, en el cual por medio de regulaciones políticas se invita a los países a cumplir con un acuerdo en común; medidas, en su mayoría relacionadas con la generación de energía, manejo de desechos y obtención de recursos, están siendo implementadas. No obstante, permanecen basadas en un mismo modelo de vida y se buscan soluciones diversas en cada geografía, en ocasiones sin aparente relación. El puente que el diseño es capaz de construir entre las decisiones globales y los agentes sociales requiere de unificación y dirección. Es en este nicho donde se vislumbra la necesidad de orientar de forma *natural*¹⁷ tanto los objetivos como las decisiones y herramientas a aplicar hacia la sustentabilidad; comenzando en la escala humana, desde las construcciones que el ser humano ha concebido para protegerse y aislarse de las condiciones externas.

Actualmente existen avances tecnológicos en búsqueda de mejorar las soluciones antes dadas, estos procuran abordar las necesidades humanas desde la emulación de prototipos encontrados en la naturaleza; ejemplo de esto: la tecnología de generación de energía eólica con base en la imitación de la motricidad del vuelo de los colibríes¹⁸, recolectores de agua del ambiente por la emulación de escarabajos en el desierto¹⁹, pavimentos capaces de imitar la función de la fotosíntesis de las plantas para limpiar el aire del ambiente de las ciudades²⁰. Infinidad de proyectos a nivel micro y macro están siendo desarrollados. El objetivo del presente trabajo no es realizar una recolección de soluciones biomiméticas para fomentar su aplicación en diferentes contextos; es dar una pauta para la correcta aplicación de principios llevados a la realidad convencional del habitante de las grandes megalópolis; es decir, establecer las problemáticas a enfrentar y los criterios de la naturaleza para posteriormente proponer un modelo que permita la toma de decisiones que, según la tesis sostenida en la presente investigación, tendrán el potencial de generar un futuro urbano sostenible. Cuando se abordan temas orientados hacia la sustentabilidad, no existen normas

¹⁶ Objetivos de desarrollo sostenible Organización de la Naciones Unidas. (United Nations, 2017)

¹⁷ Término utilizado para hacer hincapié en la necesidad de un paradigma con orientación biomimética.

¹⁸ Tecnología Tyer Wind (Vynd Solutions, 2017)

¹⁹ Tecnología Agua de niebla. (Agua de niebla, 2017)

²⁰ Tecnología ecoGranic. (PVT, 2017)

universales, criterios ni soluciones que deban ser aplicados de forma global. Esta situación es cada vez más evidente, ya que no solo debemos tomar en cuenta las condiciones dadas por el ambiente, como clima, flora, fauna, geografía, entre otras; tratándose del estudio de la situación medioambiental de las megalópolis, las soluciones deben también responder a un contexto social, cultural, económico y político. Los estudios antes mencionados pertenecen a las ciencias humanas, por lo cual se sugiere un profundo estudio por parte de otras especialidades para abordar estos temas de manera concreta. A raíz de esta investigación se busca afirmar la capacidad de adaptación de la naturaleza para insertarse en diferentes contextos, existiendo la posibilidad de aplicar de forma universal (con modificaciones contextuales) los criterios de la vida a tomar en cuenta al decidir sobre las alteraciones al ambiente por la intervención del hombre.

Analizar el efecto de comenzar por la inserción de los principios biomiméticos en el hogar como forma de introducir el paradigma y permitirle al ser humano formar una nueva concepción con el potencial de ser reconocida y adoptada, será el resultado de futuros estudios relacionados con la influencia que el espacio privado (íntimo) tiene sobre el usuario; es decir, el estudio de la aceptación cultural de un nuevo paradigma en la forma de construcción y de ser en el mundo. Debemos aceptar que somos parte del mundo natural y que también somos naturaleza con el potencial de adaptabilidad. Se declara que el presente trabajo no estará terminado hasta ser posible un análisis cultural que permita la comprensión real de los alcances del proyecto. Para ofrecer una propuesta integral será necesario tomar en cuenta factores humanos que aún no han sido ahondados en el presente estudio.

Establecido esto, a continuación se dará razón del enfoque hacia las categorías a estudiar: El problema ambiental que aqueja al planeta, las megalópolis como agentes activos en la generación del cambio climático, la casa habitación del hombre como espacio que lo protege y aísla del ambiente exterior, la búsqueda del confort térmico a favor de la protección de nuestra especie, lo cual ha resultado en el deterioro del medio ambiente externo por el cambio de las condiciones preestablecidas.

En el presente trabajo no se tomará en cuenta una diferenciación entre mundo artificial y mundo natural. Se tomará en cuenta todo como parte natural, pues si bien es cierto que el ser humano ha creado objetos que la naturaleza no hubiera podido generar por sí misma (ya que se han utilizado medios físicos y químicos creados por el hombre), el ser humano al ser parte de la naturaleza y manipulador de su medio ambiente circundante, lo adapta y modifica para su propia sobrevivencia, de tal forma que se declara que incluso aquello concebido por el ser humano deberá ser considerado parte del mundo natural. Probablemente dejar la dualidad entre natural y artificial atrás sea el punto de partida para generar un verdadero cambio biomimético.

1.1 Problemática ambiental a nivel mundial. Cambio climático.

La temperatura mundial se ha incrementado 0.6°C^{21} , se prevé que continúe en aumento a medida que la población urbana continúa en expansión. Los pronósticos para el año 2050 estiman que el número de ondas de calor, así como su frecuencia y duración se incrementarán significativamente, siendo éstas fenómenos recurrentes cada década. Al mismo tiempo podemos encontrar claros ejemplos de la expansión urbana en estudios realizados acerca del territorio de los Estados Unidos de América, donde se prevé el incremento de la zona urbana, la cual ocupará un tercio del territorio del país. Por otro lado se prevé que para el 2050 la población mundial será de 9.700 millones de personas²², de las cuales dos tercios vivirán en zonas urbanas²³. El potencial de afectación del alza de temperaturas para el ser humano, se verá reflejado principalmente en las grandes ciudades debido a la forma en que estas están concebidas. La información aquí presentada ha sido obtenida de estudios realizados a nivel mundial; estos datos son actualizados constantemente gracias al uso de nuevas tecnologías que permiten tener una mayor precisión. Resulta importante hacer mención de la constante atención que los fenómenos climatológicos están obteniendo a nivel

²¹ (Alcofrado, 2008)

²² Está previsto que la población mundial aumente en más de 1.000 millones de personas en los próximos 15 años, por lo que se alcanzarían los 8.500 millones en 2030, 9.700 millones en 2050 y 11.200 millones en 2100. (Naciones Unidas, 2015)

²³ (Hoag, 2015)

mundial, pues las repercusiones son cada vez más drásticas y evidentes; esto las ha convertido en objetos de estudios, publicaciones y motor de políticas y regulaciones con influencia directa en nuestra vida cotidiana.

Las condiciones climáticas de la tierra se encuentran directamente relacionadas con la atmósfera, ya que la humedad, las precipitaciones y el viento son fenómenos atmosféricos. Por lo tanto, la composición química de ésta, y sus posibles modificaciones a causa de las emisiones desde la superficie de la tierra, tienen un efecto directo en las condiciones climáticas del planeta. La atmósfera está compuesta por un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de otros gases, el aumento o la disminución de cualquiera de estos componentes puede resultar en el cambio de las condiciones ideales para la generación y permanencia de vida en la tierra. A lo largo de la historia de nuestro planeta la atmósfera ha sufrido cambios drásticos en su composición, lo que ha generado cambios climáticos abruptos que en ocasiones han dado como resultado la desaparición de especies de plantas y animales por las condiciones hostiles del ambiente. Actualmente se está generando un cambio que se ha visto reflejado en los últimos 100 años, Chungu²⁴ afirma que dichos cambios en la atmósfera de la tierra y por ende en las temperaturas registradas se encuentran directamente relacionados con la industrialización y el desarrollo socioeconómico de nuestra especie; alteraciones atmosféricas que anteriormente eran resultado de fenómenos como las explosiones volcánicas, están siendo ahora provocadas por la acción del ser humano.

El efecto invernadero, fenómeno al que se atribuye el calentamiento global, está relacionado con la entrada y salida del calor del sol por la atmósfera de la tierra. Este fenómeno es descrito como la entrada de onda corta de los rayos de luz en la atmósfera de nuestro planeta durante el lapso que el sol ilumina la superficie terrestre, y la eventual salida del calor, durante la noche. De haber una entrada y salida igualmente equilibrada entre el calor que entra y el que sale, la temperatura promedio de la tierra sería de aproximadamente -18°C ²⁵. Gracias a la composición de la atmósfera, no todo el calor absorbido durante las horas de luz tiene la oportunidad de salir al ponerse el sol

²⁴ (LU, 2016)

²⁵ (Smith, 2015)

fuera de la superficie de la tierra. A este efecto, necesario para la generación de las condiciones climáticas ideales para nuestra especie, actualmente se le atribuyen connotaciones negativas, al ser también el responsable del aumento de la temperatura en el planeta por no permitir el paso del calor fuera de nuestra atmósfera. De continuar incrementándose los gases causantes del efecto invernadero, producto de la quema de combustibles fósiles, generación de metano, quema de carbón, uso de componentes químicos dañinos para la atmósfera, entre otros, puede generarse un abrupto cambio en las condiciones climáticas de la tierra. Continuar con nuestro estilo de vida actual podría generar el deshielo de los polos, incremento del nivel del mar, baja o alta de temperaturas en continentes enteros y por ende el desplazamiento de las sociedades en búsqueda de mejores condiciones en diferentes geografías²⁶.

Para obtener una mejor comprensión del impacto ambiental negativo que las zonas urbanas provocan en el ambiente, a continuación se definirá la relación entre el efecto de las islas urbanas de calor²⁷ y el calentamiento global. Las ciudades desarrolladas tienden a tener un aumento de temperatura en comparación con las zonas rurales próximas a estas, definido como el efecto de isla urbana. El aumento en la temperatura se da, mayormente, por la falta de superficies de absorción causadas por la construcción. Dicho efecto es descrito por la medición de la diferencia de la temperatura más alta registrada en una zona urbana, en comparación con la más baja registrada en las zonas rurales aledañas²⁸. Este efecto se presenta en las grandes ciudades, sin embargo debido a la expansión poblacional, estas grandes ciudades generan pequeñas ciudades aledañas, es decir, sub-núcleos de islas urbanas. Se da una disminución del efecto en grandes ciudades, pero un mayor número de réplicas al extenderse el espacio urbano. Las condiciones podrían entonces comenzar a afectar las zonas suburbanas. Como consecuencia del aumento de la población, se incrementa la necesidad de acercar servicios de transporte, hay un aumento en el consumo de

²⁶ (Smith, 2015)

²⁷ Concepto *Isla urbana (Urban Heat Island)*, definido por Alcofrado en el texto *Global Warming and the Urban Heat Island* (Alcofrado, 2008)

²⁸ (Alcofrado, 2008)

energía, agua y otros recursos, y como resultado el daño al medio ambiente se acrecienta.

No existe suficiente información ni métodos estandarizados que puedan certificar el efecto directo de las islas urbanas en el calentamiento global, pues el aumento de temperatura dentro de ellas no aumenta la temperatura global, sin embargo se puede asegurar que tienen un efecto indirecto en el fenómeno, debido a las emisiones que dentro de ellas se producen. Existe una gran diversidad de opiniones científicas en cuanto a la influencia que las grandes ciudades tienen en el cambio climático. Uno de los factores a estudiar es el aumento de la población y en consecuencia el aumento en el consumo de energía por el aumento de la quema de combustibles fósiles para satisfacer las necesidades de un mayor número de habitantes. Con el aumento del efecto de las islas de calor urbanas existe un mayor consumo de energía, debido a las variabilidades de temperatura, las cuales demandan mayor uso de sistemas de calentamiento o refrigeración²⁹. El estudio presentado por Alcofrado asegura que, aunque la actividad humana que está afectando las condiciones globales se redujera, el impacto proyectado al futuro por las emisiones actuales aún no se vería reflejado. Esto último evidenciando que, las consecuencias globales ahora percibidas no alcanzan aun a reflejar el daño causado hasta el momento en la atmósfera.

El cambio climático tiene un evidente efecto en las condiciones del planeta, el ser humano, al ser habitante de este, se verá directamente afectado por dichos cambios, provocando esto un impacto antropogénico reflejado a nivel social, cultural y económico. Los efectos del cambio climático tienen el potencial de modificar enteramente los ecosistemas, entendidos estos como sistemas en los que la flora y la fauna de diferentes especies participan para mantener el equilibrio. La teoría de la *selección natural* de Charles Darwin, sostiene el grado de adaptabilidad que las especies biológicas tienen al presentarse cambios en su ambiente. Las especies tienen la capacidad de adaptarse, o en un escenario menos favorecedor, desplazarse en búsqueda de mejores condiciones para su sobrevivencia. Sin embargo estudios

²⁹ (Alcofrado, 2008)

sostienen que se prevé que para el año 2050³⁰ un millón de especies de plantas y animales se habrán extinto. Dicha extinción se encuentra relacionada con la presencia de agentes antropogénicos, modificación de los ecosistemas naturales y el cambio climático. La desaparición de la biodiversidad que mantiene a los ecosistemas en equilibrio, a causa de los efectos del calentamiento global, representa también un riesgo para la sobrevivencia ideal del ser humano, quien depende de algunas especies para alimentarse y mantener un estado de salud óptimo. Por otro lado, la proliferación de especies causantes de enfermedades, puede resultar en un riesgo para el ser humano.

El ser humano es una especie más, y como tal tiene la capacidad de adaptarse a las condiciones de un contexto cambiante; sin embargo su grado de adaptabilidad pudiera ser significativamente menor al del resto de las especies, pues a lo largo de la historia nuestra especie ha procurado modificar y adaptar el entorno para su sobrevivencia, antes que adaptarse biológicamente al mismo. Si bien es cierto que dependiendo de la geografía que el ser humano ocupa en el planeta, es capaz de soportar de mejor forma las adversidades climatológicas, por ejemplo, mayor resistencia a los rayos del sol por la pigmentación de la piel, resistencia a condiciones de bajas temperaturas, entre otras. También es cierto que han sido las soluciones creadas por él mismo las que le han permitido adaptar las condiciones naturales para asegurar su sobrevivencia. Ejemplos de adaptaciones biológicas son más comunes de encontrar en zonas que presentan condiciones de temperatura extremas. El ser humano, en búsqueda de refugio del entorno natural, comenzó a construir, con sus propios medios, objetos que lo aislaran del exterior, esto lo llevó a encontrar soluciones que se contrapusieran a las condiciones que ponían en riesgo su sobrevivencia. Una vez superada esta necesidad, el hombre continuó desarrollando tecnología capaz de mejorar las condiciones en las que se encontraba, solucionando ahora las situaciones que le provocaban insatisfacción. La reproducción continua de las necesidades y tecnología cada vez más avanzada, comenzó a generar repercusiones para el medio ambiente, las cuales en sus inicios no parecían tener mayor impacto, sin embargo estos procesos replicados al paso de los años están demostrando tener un impacto que en ocasiones parece irreversible.

³⁰ (Paradowski, 2016)

El quinto reporte del panel por el cambio climático de la ONU, considera que al menos a partir de 1950³¹ el cambio climático se está dando por razones antropogénicas. Se atribuye el cambio climático a las actividades que alteran la composición atmosférica por la acción directa o indirecta de las actividades humanas³². Aseguran que de ser así, este proceso puede reorientarse si se modifican las acciones de la sociedad y las leyes que la regulan³³. En un escenario más amplio de las repercusiones de nuestras acciones sobre la tierra, los modelos de predicción del cambio climático, estiman que para el 2100 la temperatura mundial se incrementará entre 1.8°C y 4.0°C³⁴. El aumento de temperatura traerá consigo la alteración de las condiciones actuales de los distintos ecosistemas, como las precipitaciones, sequías, tormentas, y modificaciones en la biodiversidad.

Aunado a las implicaciones antes mencionadas, el cambio climático tiene también un grado de afectación en la economía del mundo antropogénico, siendo esta el centro rector de diversas discusiones. Por un lado se analizan las implicaciones económicas que los desastres naturales causados por el calentamiento global pueden provocar, mientras que otros estudian las medidas regulatorias que se pueden tomar para mitigar económicamente los efectos negativos que, por ejemplo, una empresa de producción de energía puede provocar en el medio ambiente. Tanto las regulaciones económicas como las inversiones necesarias tras un desastre natural deben tomar en cuenta la participación de la sociedad y de los gobiernos para regularlas. Este argumento, el cual no se profundizará en este momento, es mencionado con el fin de evidenciar que las implicaciones del cambio climático abarcan distintos niveles dentro del mundo natural y antropogénico. Las condiciones naturales de la Tierra son también causantes de los cambios climáticos que ahora presenciamos, sin embargo no resulta fácil delimitar el grado en el que cada una de estas están transformando el medio ambiente. Las únicas medidas que podemos controlar se encuentran en el nivel antropogénico, siendo este mediado por cuestiones de tipo natural, social, educativo,

³¹ (Pan, 2016)

³² (United Nations, 2017)

³³ (Pan, 2016)

³⁴ (Pan, 2016)

cultural y económico que no debemos pasar por alto al tomar una decisión que modifique las condiciones previamente establecidas.

1.2 Problemática ambiental desde las megalópolis.

Para comenzar a definir las megalópolis como el punto de partida para el presente estudio, haremos referencia a la primera vez que el término fue incluido en un diccionario. Esto fue en 1978 cuando el Oxford English Dictionary lo definió como:

A very large or principal city, a metropolis (occas. as a proper name); (now sometimes) spec. a continuous urban sprawl formed from the expansion of adjoining cities. Also: the way of life characteristic of such a city. (Oxford English Dictionary, 1978)³⁵

Una ciudad principal, una metrópoli; también definida como una continua extensión urbana formada por ciudades colindantes, es decir, una ciudad donde ya no existen distinciones entre lo urbano y lo rural. Según Gottman un fenómeno postmodernista y postindustrial, un desarrollo geográfico progresivo³⁶. Pevio a esta definición existieron otros teóricos que abordaron el tema desde diversos ángulos. Originalmente una megalópolis era una ciudad de la antigua Grecia (371 AC) planeada a gran escala. Con el propósito de acercar al lector al enfoque que la presente investigación refiere, continuaremos abordando el tema desde dos teóricos, Geddes³⁷ y L.Mumford³⁸ quienes propusieron un panorama menos alentador para el concepto de la megalópolis. Estos lo introdujeron en una teoría de la evolución dividida en seis etapas³⁹: Eopolis, el pueblo; Polis la conjunción de los pueblos; Metrópolis, una ciudad capital emergente; megalópolis, el declive; Tyrannopolis, sobre expansión urbana basada en la explotación económica; hasta llegar a la Necrópolis, ciudad abandonada o en guerra.

³⁵ (Oxford Univeristy Press, 2017)

³⁶ (Gottman, 1990)

³⁷ (Gottman, 1990)

³⁸ (Gottman, 1990)

³⁹ (Gottman, 1990)

Retomando algunas de las ideas de L. Mumford y Geddes, el presente trabajo utilizará el término megalópolis para referirse a las grandes ciudades que se encuentran en la última etapa de desarrollo urbano, es decir, se encuentran en declive. Entendiendo el declive como la destrucción del medio ambiente natural por la intervención de la urbanización. Es aquí donde se ubica nuestro problema de estudio, en la necesidad de tomar acciones radicales frente a la inminente destrucción a la que se enfrenta el planeta, a no ser que la forma de vida del ser humano se vea modificada. Las ciudades se encuentran en constante crecimiento, el cual se ha visto acelerado debido a la demanda poblacional, posibilitada por el también acelerado, desarrollo tecnológico. Estos problemas son más evidentes en las ciudades en desarrollo⁴⁰, en donde la demanda de recursos y principalmente lugares para vivir se incrementa cada vez más. Es por esto que resulta necesario puntualizar que de generarse un cambio, este debe comenzar en las grandes ciudades. Ciudades donde la calidad ambiental está evidentemente más afectada que en otras ciudades de menor desarrollo, pero que se han convertido en grandes focos de expansión de problemas ambientales.

Aunado al concepto de las megalópolis se encuentra la relevancia de buscar generar un cambio en las construcciones existentes de las grandes ciudades. En el caso de ciudades como la Ciudad de México, se ha evidenciado en los últimos años el gran aumento de construcciones residenciales verticales. Esto es un reflejo de las necesidades de la población, pero también un llamado de atención al crecimiento que próximamente generará un declive en la calidad de vida de esta ciudad. Construir implica grandes cantidades de inversiones económicas y energéticas, generación de desperdicios y contaminantes. Mencionar esto podría sonar contradictorio ya que nos hemos referido a las megalópolis como ciudades aparentemente desarrolladas en su totalidad, sin embargo, estas ciudades superpobladas requieren ser regeneradas para hacer más eficiente lo ya existente. La respuesta ante el desmesurado desarrollo de las grandes ciudades se encuentra en comenzar por corregir el pasado, como única vía para asegurar un futuro.

⁴⁰ (Gottman, 1990)

En cuanto a las implicaciones ambientales, diversos estudios biológicos relacionan el aumento de temperatura en las ciudades por la generación de CO₂ y nitrógeno en las zonas urbanas. Un estudio realizado en el 2015 en EUA, *Do cities simulate climate change?*⁴¹ sostiene, aún a manera de hipótesis (pues es necesario someter el estudio a un mayor periodo de observación y extensión hacia otras especies para fundamentar de mejor forma los resultados), que la aparición de insectos herbívoros *Melanaspis tenebricosa* (Hemiptera: Diaspididae) está directamente relacionada con el aumento de la temperatura en las ciudades. Para realizar el estudio aquí referido, se recurrió a las bases de datos de las temperaturas registradas y de la densidad de *Melanaspis tenebricosa* en una zona específica. Los resultados arrojados declaran que hay una mayor aparición de esta especie en las zonas urbanas debido a las elevadas temperaturas, en comparación con la información obtenida una década antes. Además de estudiar a una especie de insectos, el estudio debió también tomar en cuenta la flora, en específico el maple rojo (*Acer rubrum*), cuyas características, también modificadas por los cambios climáticos, permiten la mejor sobrevivencia de esta especie de insectos en temporadas cuando la temperatura disminuye. Con el análisis de este estudio se busca evidenciar que es en las zonas urbanas donde se está generando y mostrando un cambio en las condiciones existentes, reflejo de esto es la aparición y en ocasiones desaparición de especies que relacionan su presencia en un ecosistema con la temperatura. El artículo sostiene también que el estudio de las especies biológicas puede ayudar a predecir los cambios en la temperatura global, cuando se estudian estos desde las zonas urbanas.

Una investigación realizada por Jochner en el 2013⁴², se centró en el estudio de la relación entre la floración del Abedul en el espacio urbano y rural. La autora aquí sostiene que las condiciones en las ciudades tienden a ser más cálidas y secas por la gran cantidad de contaminantes en el aire, lo cual afecta directamente la producción y dispersión del polen. El resultado de este estudio mostró que la especie se extendió de acuerdo al alza de temperatura en las zonas urbanas, mientras que en las zonas rurales no hubo una relación en cuanto a la temperatura, sino al tiempo de

⁴¹ (Youngsteadt, 2015)

⁴² (Jochner, 2013)

reproducción, el cual fue evidentemente menor en la zona rural que en la urbana. Se hace énfasis al presentar los resultados de este estudio, que las condiciones del suelo, clima y especies analizadas no se pueden tomar como una generalidad, sin embargo resultan de éste pruebas fehacientes del evidente cambio entre las condiciones ambientales encontradas en las zonas urbanas con respecto a las rurales, reflejado en las especies estudiadas. Se aborda este segundo estudio con el objetivo de ejemplificar, con evidencias científicas que, a pesar de tratarse de un problema global, el cambio climático tiene un origen y una mayor concentración en las zonas urbanas.

Otro problemática que resulta necesario evidenciar al hablar de los problemas globales que se generan desde las megalópolis son los riesgos de salud que representan para la especie humana. Reflejo de ello es el incremento en las tasas de mortalidad por problemas relacionados a la contaminación ambiental; una de estas causas son los agentes cancerígenos que las emisiones urbanas generan (datos evidenciados en el estudio de las principales megalópolis⁴³). La organización mundial de la salud (OMS) no puede asegurar cuales son las ciudades más contaminadas del mundo, pues es necesaria la transparencia en los reportes de éstas para asegurar un dato certero. Sin embargo al hablar de la generación de contaminación ambiental, las zonas urbanas han sido siempre el foco de atención de organizaciones como esta. La OMS apunta hacia 4 factores principales de generación de contaminación ambiental en las ciudades⁴⁴, siendo estas: las emisiones generadas de los medios de transporte, las emisiones de carbón generadas por las fábricas, emisiones de las casas donde se queman carbón, leña o combustibles para cocinar o mantener una temperatura cálida adecuada para la permanencia en los interiores. Es decir, medios de transporte, grandes fábricas, cocción de alimentos y la búsqueda de condiciones de confort térmico adecuadas. La contaminación generada al exterior puede dañar el interior, de la misma forma que la generada al interior puede tener un gran impacto en la contaminación urbana, por lo tanto se refleja directamente en las condiciones ambientales globales. Ochenta y cinco por ciento de las emisiones de CO₂ causantes del efecto invernadero,

⁴³ (Revich, 2016)

⁴⁴ (Organización mundial de la salud, 2018)

se dan en las zonas urbanas⁴⁵. Si tomamos en cuenta la cantidad de megalópolis en la tierra y los contaminantes generados al interior de los hogares de éstas (resultado del uso ineficiente de la tecnología para cumplir necesidades básicas) se hace evidente la urgencia de comenzar a generar un cambio desde estas grandes ciudades desarrolladas.

En el libro *La casa ecológica* de Palacios Blanco, el autor afirma que la relevancia de buscar una solución a partir de las ciudades yace en su “importante contribución al desarrollo económico y social”⁴⁶. Es decir, a partir de la concientización de una comunidad con gran injerencia, por formar parte de un núcleo urbano de gran crecimiento económico, centro de producción y progreso social. Lugar de generación de empleos, vivienda y servicios, el cual, en los países en desarrollo, absorbe hasta dos tercios del crecimiento demográfico⁴⁷.

La organización no gubernamental Greenpeace presenta un decálogo para reducir el impacto ambiental de los habitantes de la ciudad⁴⁸. Dichas medidas buscan mejorar tanto la calidad del ambiente, como la vida de los ciudadanos, estas son: ahorro energético, uso de recursos renovables, planificación territorial, cuidado del agua, consumo responsable, reducción de residuos, compostaje, limitar el uso de transporte, evitar la especulación en cuanto a las medidas a tomar y permitir la participación de los ciudadanos. Los puntos aquí expuestos se encuentran directamente relacionados a la insostenible manera de vivir del ser humano. Un estilo de vida y costumbres cuyo origen se encuentra en la forma de construir y habitar.

⁴⁵ (Alcofrado, 2008)

⁴⁶ (Palacios, 2011)

⁴⁷ (Palacios, 2011)

⁴⁸ (Palacios, 2011)

1.3 Impacto ambiental del diseño y la construcción.

Bajo la protección de sus pieles privadas, individuales, se sentían inmunes a las consecuencias de sus propias invenciones. (Kerckhove, 1999)

El autor Derrick Kerckhove afirma que la concepción occidental del espacio vacío ha provocado la descontrolada producción de contaminantes en el aire. Sin embargo esta polución ha alcanzado tales niveles de afectación física y psicológica que ya no es posible permanecer indiferente a su presencia; nuestra sobrevivencia como especie y la del planeta está siendo amenazada.

Los avances tecnológicos que han significado beneficios para la calidad de vida del ser humano, le han también posibilitado la modificación de los paisajes naturales, han aumentado la demanda de energía, y han provocado la generación de emisiones que están dañando la capa de ozono. La modificación de las áreas naturales ha generado gases causantes del efecto invernadero, principalmente de CO₂ por la quema de biomasa y de metano por excavaciones que liberan a este componente existente en el subsuelo.

En el libro *La casa ecológica*, de fundación tierra, el biólogo Miralles, se refiere a la casa habitación como nuestra tercera piel⁴⁹, es decir un espacio que nos protege, y a la vez nos brinda intimidad. Por ende la vivienda se convierte en un derecho y una necesidad básica. Agrega también, que los poblados, o ciudades, no son más que el conjunto de numerosas viviendas. En este mismo texto se refiere a la historia de la casa habitación en la que sostiene que históricamente las viviendas eran construidas como un orgullo personal, pasando a convertirse en signos de distinción, por ejemplo los palacios. Posterior a las guerras y revoluciones de distintas índoles, la vivienda abandonó su status de elemento cultural, para convertirse en un espacio básico de alojamiento, ejemplo de esto, las viviendas-dormitorios en las periferias de las grandes ciudades. A su vez, el autor señala que 40% de las emisiones de dióxido de carbono son relacionadas a la edificación, gran parte de estas tendrán como fin convertirse en el hogar de muchas personas.

⁴⁹ (Miralles, 2010)

Actualmente, y volviendo a abordar el concepto de habitabilidad analizado en párrafos anteriores. Se retoma la importancia que la vivienda tiene dentro del desarrollo humano, cumplir con la necesidad de cobijo no es suficiente, este también debe ser saludable y confortable.⁵⁰ En la contemporaneidad se comenzaron a construir hogares, sin tomar en cuenta los *venenos ambientales* que se producían al construir espacios con excesivos gastos energéticos, materiales cancerígenos y espacios sin ventilación e iluminación⁵¹; la economía se posicionó como la premisa a cumplir, baja calidad a cambio de la obtención del máximo beneficio. Como respuesta a este tipo de viviendas surgió la bioconstrucción, viviendas saludables, ecológicas, iluminadas y ventiladas de forma natural, donde se aprovecha el agua y se reducen los residuos. Miralles hace aquí una declaración propia del tiempo en el que aborda el tema: *La construcción con criterios ecológicos es la mejor opción para hacer realidad una vivienda menos agresiva con el entorno y más saludable para nuestros seres queridos.*⁵²

Esta última declaración puede ser analizada desde las fallas que tiene al abordar el problema ambiental de forma tan ambigua. En primera instancia el autor se refiere a una vivienda menos agresiva, es decir el impacto de generación y utilidad de la vivienda sigue latente. Múltiples factores sustentables son dejados de lado al procurar una vivienda menos agresiva con el entorno, pero siempre más saludable con el habitante. Se aboga por aumentar los beneficios de los habitantes de una vivienda inserta en un medio que resulte menos afectado gracias a la construcción ecológica; a pesar de exponer la importancia que tienen tanto el entorno como los habitantes, existe aún un desequilibrio entre los posibles beneficios y repercusiones.

Los problemas generados en las ciudades continúan agravándose por la presencia de más áreas impermeables y la reducción de un mayor número de superficies permeables. La utopía de las ciudades sustentables⁵³ plantea la reducción del impacto ambiental a la par de la conservación de los estándares de calidad de vida actuales. Es decir, se expone la necesidad de construir las ciudades bajo un estricto

⁵⁰ (Miralles, 2010)

⁵¹ (Miralles, 2010)

⁵² Sobre la construcción bioclimática. (Miralles, 2010)

⁵³ (Alcofrado, 2008)

modelo de sustentabilidad. No obstante posturas como la declarada por Alfonso Ramírez Ponce refiere que existe un enfoque *arquicéntrico*, en el cual se pone al objeto en el centro de todo, este enfoque se encuentra en medio de una lucha excluyente⁵⁴. Mientras que Villagrán, sugiere una visión antropogénica: “*Los objetos arquitectónicos son simples medios que no tienen su fin en ellos mismos {...} su finalidad está en satisfacer las necesidades espaciales humanas*”.⁵⁵ Ambas visiones excluyentes del mundo verdaderamente sustentable.

Retomando la generalidad del problema, se plantea que debido a nuestra forma de construcción, el calentamiento global afectará de manera más directa a las megalópolis. Esto es descrito por Hoag en el texto *How Cities can Beat the Heat*⁵⁶. En él la autora se refiere al efecto urbano de isla de calor, pues el pavimento y las construcciones absorben rápidamente el calor del sol, lo cual resulta en un rápido aumento de la temperatura local. En el artículo se respalda la utilización de techos verdes con el propósito de reducir la absorción del calor por superficies; sin embargo existen varias implicaciones en contra de esta propuesta, como las superficies de absorción aún existentes al nivel de piso; los cambios en las precipitaciones que provocan estos jardines, los cuales benefician fundamentalmente a los interiores de las construcciones sin tomar en cuenta las modificaciones climáticas a causa de la falta de evaporación del agua de lluvia absorbida; así como la necesidad de implementar esta medida en un mayor número de construcciones para generar un verdadero cambio significativo. Otro de los factores abordados son los techos fríos, los cuales buscan reflejar el calor e impedir su posterior absorción.

Se estima que las ondas de calor, ya reflejadas en grandes megalópolis como París⁵⁷ seguirán incrementándose en los próximos años, las cuales traerán consigo cambios en las condiciones de vida de estas ciudades. Como podemos ver reflejado en los casos aquí presentados, las medidas adoptadas en estas zonas urbanas, tan solo buscan evitar el deterioro de las condiciones de temperatura óptimas para la existencia

⁵⁴ (Ramírez, s/a)

⁵⁵ Ramírez Ponce citando a Villagrán. (Ramírez, s/a)

⁵⁶ (Hoag, 2015)

⁵⁷ (Hoag, 2015)

del ser humano en las ciudades; es decir, buscan evitar que el calor sea absorbido por las ciudades, sin procurar eliminar la raíz del problema que está generando el aumento de la temperatura a nivel mundial.

El mal diseño o planeación de una ciudad conlleva implicaciones ecológicas que afectan las condiciones atmosféricas. Si dentro de estos aspectos agregamos el análisis de la manufactura de materiales en las industrias, la utilización de medios de transporte, las emisiones químicas provocadas por materiales industriales y la inversión energética para generar una vivienda, el impacto de la construcción de ésta multiplica su daño atmosférico.

1.4 Regulación térmica como parte de la generación de la problemática ambiental en las megalópolis. (Confort térmico)

Uno de los factores principales para hacer una casa habitable es el confort, ya que este gira en torno a las necesidades del hombre. Existen las necesidades extrínsecas al cuerpo, la temperatura el ruido y la iluminación; necesidades intrínsecas al hombre, como comer, descansar, entre otras; necesidades de confort extrínsecas al cuerpo, las cuales se controlan por medio de iluminación eléctrica, reguladores de temperatura, ventilación; necesidades sociales; de introversión; estéticas; de percepción; de movimiento; intelectuales; y necesidades o limitaciones económicas.⁵⁸

Los factores del confort que propician la habitabilidad, en las cuales nos enfocaremos, serán las necesidades de confort extrínsecas al cuerpo, descritas por Vladimir Arango. Estas necesidades están ligadas al confort térmico, ya que abordan temas de iluminación, ventilación, enfriamiento y calefacción. La importancia del enfoque en estas necesidades, radica en las diferentes emisiones y desechos generados por los sistemas de control térmico en el interior de las construcciones. Aunado a esto el incremento de las variaciones climáticas y fenomenológicas naturales a las que nos enfrentamos en la actualidad, (las cuales han generado desastres

⁵⁸ (Arango, 2011)

naturales a lo largo del globo terráqueo) están amenazando cada vez más a las zonas urbanas. El calentamiento global es también una consecuencia de la forma de vida del hombre⁵⁹, consecuencia y razón por la cual continuamos generando soluciones artificiales para las variaciones térmicas. Esto ha resultado en un ciclo cerrado en el cual generamos propuestas que afectan cada vez más al planeta, a su vez nos lleva a proponer soluciones aún más radicales para alcanzar el confort.

En el caso de las limitaciones económicas que, aunque no sea pertinente ahondar en un estudio del tipo del presente trabajo de investigación, son limitaciones que se deberán tomar en cuenta ya que particularmente en las megalópolis tienen una gran influencia sobre las decisiones que los habitantes toman acerca de sus hogares ¿Por qué si se conocen los beneficios de sistemas sustentables como los paneles solares, en México no todos los habitantes tenemos los techos cubiertos por estos objetos? La respuesta a esta pregunta podría ser: por el alto impacto económico que conlleva tomar esta decisión; pareciera ser que cuidar del medio ambiente es una cuestión de lujo antes que una necesidad (planteamiento que sugiere la existencia de factores sociales y culturales en la toma de decisiones hacia la sustentabilidad). Razón por la cual los paneles solares que actualmente están en el mercado están lejos de adecuarse a nuestras necesidades⁶⁰.

Volviendo al tema central, el confort térmico, será definido como el estado en el que el cuerpo humano se encuentra en equilibrio entre su temperatura interior y exterior, sin tener que realizar modificaciones al medio para poder llevar a cabo sus actividades. Mondelo et al.⁶¹, se refieren a 4 tipos de ambientes térmicos⁶², siendo estos: bienestar o confort, permisible, crítico por calor y crítico por frío. En el caso del confort el individuo no debe hacer adaptaciones al ambiente pues su equilibrio térmico es el adecuado (36 °C – 37.5°C en el cuerpo 21° en el ambiente)⁶³. En el caso de la temperatura permisible el individuo deberá hacer ligeras adaptaciones para alcanzar su

⁵⁹ (Goldemberg, 2009)

⁶⁰ O de comportarse de forma natural, ya que la biomimesis se encuentra basada en la economía de espacio y optimización y eficiencia de los materiales.

⁶¹ (Mondelo, 2013)

⁶² (Mondelo, 2013)

⁶³ (Mondelo, 2013)

estado de bienestar, estas podrán ser mediadas por la ropa y las actividades. Las adaptaciones aquí realizadas permitirán el eventual confort del ser humano, aunque pueden llegar a causar molestias psicológicas⁶⁴ pero evitarán la tensión, psicofisiológica de la tensión de frío y la tensión de calor que los estados críticos podrían causar. Para efectos del análisis del confort térmico en este texto, se denominará la situación ideal como los tipos de bienestar o confort y permisible, haciendo notar que el confort para cada ser humano tiene un rango de variación, así como capacidad de adaptabilidad frente a las características cambiantes de un ambiente.

Para evitar los estados críticos y procurar la aproximación al estado de confort, el ser humano ha generado tecnologías capaces de garantizarle bienestar en el interior de sus construcciones. Una de las tecnologías más evidentes es el uso del vidrio para la fabricación de ventanas. Las ventanas tienen como objetivo aislar parcialmente el interior del exterior. Es decir permiten visibilidad, la entrada de luz natural y ventilación natural, por otro lado impiden la entrada de agentes biológicos externos al interior del hogar y limitan la entrada de viento e iluminación excesiva. No obstante la fabricación de vidrio es una industria que genera contaminantes tanto para el ser humano⁶⁵ como para la atmósfera. La industria del vidrio plano es la segunda más grande, siendo la construcción la consumidora del 75 - al 85% total de la producción⁶⁶, mientras que la industria automotriz consume el resto. Entre el 40 y 50% de la producción es utilizado para fabricar ventanas aislantes⁶⁷ de 2 o 3 hojas, las cuales en ocasiones utilizan gases entre estas para mejorar el aislamiento. El uso de ventanas dobles, reduce las pérdidas de calor en el interior hasta en un 40% lo cual puede significar el ahorro en el consumo de energía en el hogar.

El vidrio plano utilizado en las construcciones se fabrica por el proceso de vidrio flotado⁶⁸. Existen dos inconvenientes principales en la fabricación del vidrio, el gran consumo de energía y la utilización de altas temperaturas. Aunado a esto, las emisiones generadas por su fabricación, las cuales provocan la oxidación del nitrógeno

⁶⁴ (Mondelo, 2013)

⁶⁵ (Billan, 2015)

⁶⁶ (Serge, 2013)

⁶⁷ (Serge, 2013)

⁶⁸ Proceso inventado en 1962 por Pilkington. (Serge, 2013)

en la atmósfera, dióxido de carbono, dióxido de sulfuro y óxido de nitrógeno⁶⁹. Por la impureza de los materiales utilizados, otros metales volátiles pueden ser liberados en la atmósfera. Otras emisiones aunque de menor impacto son generadas al dar un acabado final al vidrio, el cual le dará propiedades físicas y estéticas distintas dependiendo de su uso. Las técnicas para aminorar estas emisiones significan impactos económicos para las industrias. La industria del vidrio es altamente reciclable, sin embargo esto no compensa las emisiones constantes que genera en la atmósfera. Un factor más a considerar es el transporte del material hasta su destino de uso final, el cual en muchas ocasiones debe involucrar el uso de navíos.

En cuanto a materiales obtenidos de la industria del vidrio, consideraremos también la lana mineral, como producto aislante térmico utilizado para alcanzar confort térmico en el interior. La lana mineral representa el 10% de la industria del vidrio⁷⁰. Otras propiedades de este material incluyen el aislamiento térmico y resistencia al fuego. Esta industria, al igual que la del vidrio plano, depende de altas temperaturas y de un gran uso de energía, siendo estas sus principales implicaciones en contra del medio ambiente. En cuanto al impacto ambiental que la fabricación de este material genera, se argumenta la gran cantidad de energía ahorrada por aislamiento térmico que puede llegar a tener, asegurando que después de 50 años de vida útil del producto, éste puede llegar a ahorrar 1000 veces la energía consumida durante su proceso de producción⁷¹. Las emisiones negativas para la atmósfera causadas por la fabricación de este material son mayores que las generadas por el vidrio flotado, ya que son requeridos procedimientos posteriores para dar forma al producto final. Otros materiales aislantes térmicos utilizados en el mercado son espumas plásticas, fibra de celulosa, vidrio espumado y vermiculita⁷².

Una de las soluciones tecnológicas más utilizadas para el control térmico propuestas por el ingenio del ser humano para mantener las condiciones de temperatura ideales en el interior del hogar es, el aire acondicionado como sistema de

⁶⁹ (Serge, 2013)

⁷⁰ (Serge, 2013)

⁷¹ (Serge, 2013)

⁷² (Serge, 2013)

ventilación alterna. Éste funciona tomando el aire frío del exterior para reemplazar el aire caliente del interior, enfriando el aire del interior, pero aumentando la temperatura exterior. Utilizar aire acondicionado implica la inversión de la mitad de la energía utilizada en una residencia⁷³; aunado a esto, los químicos refrigerantes utilizados son generadores de gases causantes del efecto invernadero⁷⁴. En el particular caso de las ciudades, las cuales sufren del efecto de la isla de calor urbano, a mayor temperatura, mayor utilización de sistemas de ventilación artificial, y a mayor uso de estos sistemas, mayor temperatura que sobrellevar en el ambiente exterior. Emisiones directas e indirectas a la atmósfera son provocadas por el uso de sistemas de enfriamiento. Algunas de las alternativas abordadas en la actualidad para aminorar este impacto son, por ejemplo, cambiar la tecnología energética fósil que alimenta estos sistemas por energía solar.

En ambientes interiores que requieren incrementar la temperatura en comparación con el exterior debemos considerar el uso de sistemas de calefacción. En específico nos referiremos a los sistemas de calefacción que evitan el uso de combustibles fósiles, los cuales constituyen un riesgo para la salud del ser humano y el bienestar ambiental. La combustión de la biomasa genera un aumento en la producción de CO₂ en el ambiente. Según estudios realizados en los edificios de las zonas urbanas, la concentración de CO₂ aumentó 7 veces más en la proximidad de los edificios sometidos a calentamiento por biomasa⁷⁵. La generación de estas emisiones tendrá un impacto negativo directo en la salud de los habitantes de las ciudades, aunado a un impacto indirecto al llegar estas emisiones a la atmósfera. Otra repercusión en el ambiente generada por este tipo de sistemas de calefacción es la utilización de materia prima que, a pesar de poder ser considerada un recurso renovable, esto no siempre resulta verídico, pues los ciclos de consumo y regeneración de la materia no suelen trabajar en balance.

El análisis de los componentes en un hogar que permiten alcanzar el confort térmico al interior, resulta necesario para identificar las funciones que cada una de

⁷³ (Serge, 2013)

⁷⁴ (Komerath, 2016)

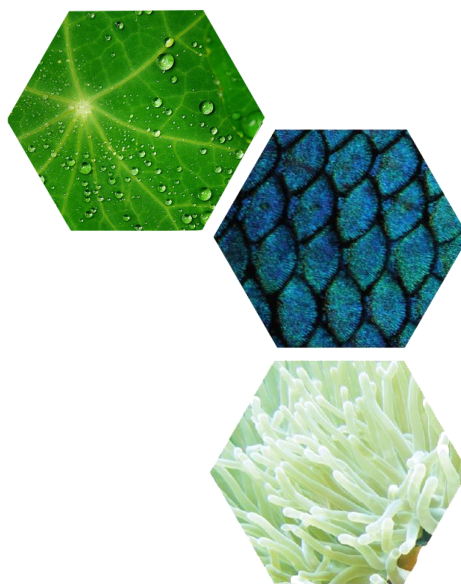
⁷⁵ (Tong, 2017)

estas partes cumplen. De esta forma podremos partir del objetivo que se quiere alcanzar, para reinterpretar las soluciones antes dadas, ahora con base en un modelo que parta de la armonía con el entorno y el bienestar del usuario interno. No siendo el objetivo solo reducir el impacto sino modificar el paradigma hacia una relación simbiótica, es necesario replantear las soluciones a las necesidades del ser humano.

1.5 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se abordaron las generalidades del problema ambiental a partir del cual se genera el objeto de estudio, exponiendo la gravedad del cambio climático y la responsabilidad que nuestra especie tiene sobre este. Siendo el objetivo presentar los factores que se debieron tomar en cuenta al buscar hacer un estudio de las implicaciones ambientales que ha tenido y continúa teniendo en el medio ambiente la construcción de viviendas, como elementos de las megalópolis. Se presenta evidencia de la necesidad de generar un cambio paradigmático capaz de modificar nuestro actual modelo de producción y consumo como el único camino viable hacia una verdadera sustentabilidad. El problema ambiental generado en las zonas urbanas en búsqueda de mejores condiciones para los seres humanos, nos ha llevado a generar respuestas que han modificado los ecosistemas de manera irreversible. Resulta necesario orientar e integrar las soluciones hasta ahora expuestas con el fin de generar un cambio positivo, replicable y con posibles repercusiones a gran escala. El enfoque de este primer capítulo se concentra en las decisiones de diseño a partir de las cuales se generan soluciones para el control de las condiciones extrínsecas al cuerpo. Se declara que será el objetivo del control del confort térmico mantener estas condiciones dentro de los niveles de bienestar o confort y permisible. La importancia de concebir respuestas capaces de reemplazar las tecnologías hasta ahora generadas para asegurar condiciones térmicas estables independientes de las circunstancias externas, yace en las implicaciones negativas que estas tecnologías han tenido en el medio ambiente. La influencia negativa de las decisiones, producto del desarrollo urbano de nuestra especie en el espacio construido, continuará agravando las condiciones naturales de nuestro planeta, a no ser que reorientemos la base a partir de la cual generamos soluciones.

Capítulo II. Estado del Arte



2.1 Aproximaciones teóricas en torno a la sustentabilidad

El espacio está vivo {...}, por lo tanto, puede ser matado⁷⁶

El declive de las condiciones de habitabilidad de un ambiente nos lleva a buscar definir el siguiente término de relevancia en el trabajo de investigación, el cual se plantea ser la solución ante la inminente destrucción ambiental: la sustentabilidad. Antes de poder adentrarnos en la materia de estudio de la biomímesis sustentable, es necesario separar los términos y comprender a que responde cada uno de ellos. Más adelante en el trabajo de investigación se decidirá que partes de ambos discursos responden a las necesidades del problema a estudiar.

La Cumbre de la tierra de Rio en 1992⁷⁷, se llevó a cabo con el fin de reafirmar los principios de sustentabilidad antes establecidos⁷⁸, así como de crear nuevas alianzas con el objetivo de involucrar a todo ser humano a formar parte del desarrollo de un mundo más sustentable. No obstante, los principios aquí establecidos se sientan en conceptos antropogénicos, los cuales velan por el bienestar humano antes que por el bienestar ambiental. Reafirmando esta concepción Gutiérrez Yurrita se refiere al desarrollo sustentable como un concepto económico⁷⁹ que carece de bases biológicas y ecológicas que lo fundamenten. El desarrollo sustentable está definido como:

{...} la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.
(UN)⁸⁰

Cuando nos referimos al cuidado del ambiente, inmediata e inconscientemente pensamos en la biología como principio rector de esto. Este error no solo es común, sino lógico. Resultaría lógico pensar que el estudio y la comprensión del medio natural sentarían las bases del cuidado que debemos tener al relacionarnos con nuestro entorno natural. Sin embargo, esto no podría distar más de la realidad. Lo que la

⁷⁶ (Kerckhove, 1999)

⁷⁷ (United Nations, 2016)

⁷⁸ Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo, 5 a 16 de junio de 1972.

⁷⁹ (Yurrita, 2009)

⁸⁰ (United Nations, 2016)

sustentabilidad busca, es el manejo más adecuado de los recursos naturales para no comprometer el desarrollo de las siguientes generaciones de seres humanos. Los 3 pilares de la sustentabilidad son: la sociedad, la economía y el ambiente. Dejando al ambiente, comprendido como el entorno natural, a merced de las regulaciones del estado específico al que corresponda.⁸¹

El 4 de noviembre de 2016 se comenzó a implementar en México lo asentado en La Cumbre de París celebrada en el 2015. Este acuerdo, firmado por 197 países entre ellos México, incluye medidas sustentables a llevar a cabo para reducir el aumento en la temperatura global, consecuencia de las acciones humanas. Por medio del acuerdo se busca informar, a nivel global, sobre la realidad climática a la que nos estamos enfrentado. El objetivo es, mediante regulaciones legales lograr una estrategia climática a largo plazo, con un impacto positivo para el medio ambiente. Parte de los puntos acordados incluyen el cambio al uso de energías alternas, como la solar y la eólica, para reducir el uso de combustibles fósiles y así reducir el impacto que estos tienen en el medio ambiente. Una duda permanece latente, a pesar de tratarse de un cambio paradigmático, en el cual los gobiernos y la sociedad se hacen conscientes de la problemática ambiental, ¿son las medidas establecidas lo suficientemente drásticas para revertir el cambio climático? O ¿será necesario cambiar nuestro estilo de vida radicalmente para posibilitar una mejora ambiental?

En el estudio denominado *Innovación para un mundo sustentable* se presentan 9 enfoques metodológicos⁸², a partir de la innovación para el desarrollo sustentable, los cuales abordan tendencias con el potencial de transformar el paradigma de innovación sustentable. Estos son: el pensamiento sistémico, la economía circular, la biomimética, las cascadas de negocio de economía azul, la base de la pirámide, innovación en reversa, diseño de producto como servicio, la economía creativa y el enfoque centrado en los sistemas. Al estudiar estos enfoques a profundidad, se pueden apreciar constantes tales como, diseñar dentro de una lógica ecosistémica, democratización de los recursos, regionalismo, resiliencia, equidad, viabilidad y competitividad. Diseño de

⁸¹ Declarados durante la cumbre de la tierra de Río.

⁸² (Scheel Mayenberger, 2016)

estrategias con un enfoque ampliado, el cual toma en cuenta no solo a los actores sino a las interacciones de estos dentro de un sistema.

Por otro lado, la gran variedad de enfoques sustentables, según lo sostenido en el texto *Faces of Sustainability*⁸³, crea una imagen confusa y en ocasiones incongruente sobre lo que es, o debería ser la sustentabilidad. Uno de los factores que más ha afectado la concepción de la sustentabilidad ha sido el uso de la tecnología. Esta afirmación emerge de la noción de considerar a la sustentabilidad como un problema técnico a resolver⁸⁴, para el cual se han buscado adherencias tecnológicas. En este sentido se puede asegurar que una solución sustentable basada en avances tecnológicos deberá ser evaluada antes de ser considerada como tal, ya que la implementación de ciertas tecnologías puede llegar a tener una mayor afectación en el ambiente que el causado originalmente por el diseño.

2.2 Propuestas sustentables en la construcción

(...) organisms have managed to turn rock and sea into a life-friendly home, with steady temperatures and smoothly percolating cycles. In short, living things have done everything we want to do, without guzzling fossil fuel, polluting the planet, or mortgaging their future. (Benyus, 1997)

Las necesidades del hombre han evolucionado junto con él. Lo que el hombre concibió como arquitectura fue la creación de estructuras de protección y aislamiento de las condiciones físicas y climatológicas que limitaban su sobrevivencia. Exponiendo estas premisas nos damos cuenta que no solo es necesario tomar en cuenta los requerimientos de la obra a insertar en el medio, es también fundamental analizar el entorno dinámico donde se colocarán. Dar forma a la arquitectura debería consistir en un proceso evolutivo y adaptativo por parte de la obra arquitectónica, un proceso que con base en la evolución del contexto climático brinde mejores respuestas al interior de la construcción, así como en el flujo e intercambio de energía que tiene con la

⁸³ (Benamar, 2015)

⁸⁴ (Benamar, 2015)

naturaleza⁸⁵. Estudiar el comportamiento natural de una obra inserta en un medio natural es un proceso que conlleva el estudio de las generalidades del ambiente y los habitantes de éste. Analizar el desequilibrio energético que una construcción puede causar en el planeta resulta de suma importancia para evaluar el impacto ambiental que ésta generará.

Con el objetivo de evitar que las construcciones que el ser humano utiliza para resguardarse (construcción de vivienda) continúen generando problemáticas ambientales, se han concebido diversas respuestas que procuran reducir el impacto ecológico. Ejemplo de estas son: la arquitectura bioclimática, las ecotécnicas, arquitectura vernácula, utilización de materiales tradicionales, arquitectura resiliente, arquitectura de bajo impacto, entre otras. En el presente trabajo solo se abordará la definición de aquellas propuestas cuyos fundamentos sustenten la búsqueda de la sostenibilidad ambiental en las megalópolis. Siendo de utilidad partir de estos fundamentos para comenzar a construir propuestas congruentes. Las decisiones de diseño pueden ofrecer respuestas más apropiadas para resolver problemas específicos, sin embargo resulta necesario hacer notar que solo un pequeño porcentaje de las obras humanas son proyectadas por profesionales de la construcción⁸⁶. Esto último resalta la importancia de la apropiación de los espacios por parte de sus habitantes.

Profesionales de la construcción han recurrido en diversas ocasiones a estudiar las formas tradicionales de edificación, como una vía para comprender las soluciones locales a problemas específicos cuyas respuestas parecen haber evolucionado hacia la constante optimización de sus funciones⁸⁷. Las formas tradicionales, al trasladarse a nuevos escenarios, son expuestas como ideas innovadoras con el potencial de ser adoptadas y replicadas por distintas culturas. Ejemplos de estas soluciones son presentados a continuación, siendo estos ejemplos de construcciones más sustentables, cuya generación de conocimiento no debe ser ignorada.

En el estudio del pasado existen diversas soluciones para la construcción que se han desvanecido con la aparición de nuevas tecnologías. Los materiales prefabricados,

⁸⁵ En referencia al diseño pragmático.

⁸⁶ (Gruber, 2008)

⁸⁷ (Gruber, 2008)

cuya manufactura significa en la mayoría de los casos, una gran inversión de energía, están siendo cada vez más utilizados en el sector de la construcción. Materiales tales como el adobe, construcción con tierra, tiene orígenes primitivos⁸⁸, y ofrece una solución de construcción local. El aumento en la complejidad de las comunidades y la llegada de la industrialización, significaron el origen de las grandes urbes. La generación de materiales por parte de las nuevas industrias redujo la construcción con materiales locales. Técnicas de construcción con tierra son ahora vistas como habilidades de constructores vernáculos, técnicas tradicionales sin estandarización ni valor en la generación de grandes ciudades. Las construcciones vernáculos tienen una gran validez dentro de la localidad en la que son generadas, ya que se trata de técnicas comprobadas que aseguran la satisfacción de los habitantes. No obstante, las técnicas tradicionales, aunque valiosas de estudiar ya que ofrecen aproximaciones al conocimiento práctico, no permiten su reproducción pues refieren su conocimiento a circunstancias y condiciones locales. La tradición de las construcciones de materiales como el adobe, son estudiadas en esta investigación por tratarse de una de las primeras soluciones, junto con el uso de la madera, que el ser humano desarrolló para crear sus casas habitación. El objetivo es resaltar los orígenes del razonamiento humano, extraer materiales con características que pudieran solucionar de forma natural sus necesidades. Se trata de un recurso natural renovable con propiedades aislantes que responde a la necesidad de protección que la especie humana requería.

Los seres vivos actúan de manera similar a este primer razonamiento humano cuando busca generar espacios de protección del medio exterior utilizando los materiales que encuentra a su alrededor. Observando las lecciones de la naturaleza, podemos extraer conocimiento vernáculo. Las grandes ciudades, abordadas aquí como megalópolis, fueron parte del terreno primitivo del cual extrajimos conocimiento, ahora considerado tradicional; es decir las zonas urbanas deben ser estudiadas como terreno con características naturales específicas con lecciones locales que responden a las exigencias del entorno. La búsqueda del respeto al entorno natural no habría sido una premisa a tomar en cuenta en la construcción tradicional, ya que al pertenecer los métodos y materiales de construcción a la localidad donde se generarían, el impacto en

⁸⁸ (McHenry, 1996)

el entorno se limitaba a la ocupación del espacio de otras especies por la aparición de una construcción humana; no existiendo riesgo de transformar totalmente el ecosistema por la inserción de una obra cuyo origen no podía pertenecer a las características naturales del terreno. El considerar a las ciudades como construcciones fuera de la naturaleza es lo que ha llevado a la relegación de las lecciones de la tradición constructiva.

En cuanto a la búsqueda de confort térmico en la vivienda, *la simple medición de temperatura y humedad no es suficiente para definir lo que es comfortable*⁸⁹. EL uso de recursos como la tierra para la fabricación de muros aislantes térmicos es considerando a nivel mundial como un material apto para mantener una temperatura cómoda⁹⁰ en el interior del hogar. La utilización de materiales con propiedades aislantes como el adobe, aunado con la capacidad del termostato humano para regular la temperatura corporal, puede resultar en una temperatura más estable y confortable al interior. Estudios demuestran que utilizar este material de diferentes formas, como por ejemplo construyendo un muro doble, incrementa las propiedades aislantes. El estudio de materiales y técnicas tradicionales puede significar respuestas sustentables, si se consideran las propiedades locales del lugar donde se construirá. Volver a observar las respuestas de las construcciones tradicionales, antes que utilizar los modernos materiales manipulados tecnológicamente, tiene el potencial de ofrecer respuestas más armónicas con el medio ambiente que hemos pasado por alto en los últimos años⁹¹.

Con el avance de la tecnología y degradación del ambiente, se comenzó a buscar, ahora de forma deliberada, una mejora en los materiales y métodos utilizados para la construcción. Una de las diferentes respuestas que se han procurado en cuanto a confort térmico dentro de la arquitectura ha sido la bioclimática⁹². Se plantea un diseño que busca el balance térmico entre los habitantes y los espacios. La bioclimática toma en cuenta las estrategias pasivas, es decir el estudio de la orientación, altitud,

⁸⁹ (McHenry, 1996)

⁹⁰ (McHenry, 1996)

⁹¹ Respuestas posiblemente pasadas por alto por la necesidad de producir materiales a mayor velocidad y con propiedades diversas a las de los materiales originales, consecuencia del incremento en la demanda de vivienda.

⁹² Bioclimática: *arquitectura que por sí misma facilite el control de la temperatura interna de una casa o edificio, y con ello, el confort térmico del hombre.* (Deffis, 1987)

latitud y el clima. Estas estrategias deberán tener mayor relevancia sobre el uso de las estrategias de generación de energía como los paneles fotovoltaicos, energía eólica, entre otros, ya que buscan reducir al mínimo la necesidad de recurrir al uso de energía para solucionar problemas de confort interior. El uso de trampas de calor, inyecciones de aire fresco, panel refrescante, invernaderos en ventanas, centralización de los emisores de calor, subdivisión de los espacios interiores, muros acumuladores de calor⁹³, son algunas de las estrategias pasivas para modular la temperatura de forma bioclimática. El autor de *La casa ecológica* presenta un *decálogo para un diseño bioclimático y una vivienda sana*:⁹⁴

- *Fachada principal orientada hacia el sur. Aleros en función de la latitud para dar sombra en verano y dejar pasar los rayos del sol en invierno.*
- *Proximidad de árboles de hoja caduca (...) sombra en verano.*
- *Galería adosada con grandes superficies acristaladas en el lado sur de la vivienda. Como captador solar.*
- *Las paredes, muros y materiales macizos permiten mayor inercia térmica (...) acumulan mejor el calor (...)*
- *En caso de tener chimenea (...) rematar con capuchón auto aspirante termoeólico, evacúa humos y exceso de calor (...)*
- *Disponer claraboyas abatibles en la cubierta y trampillas regulables en la parte inferior de la cara norte. Iluminan (...) se pueden abrir para evacuar el aire caliente y crear ventilación cruzada.*
- *Usar aislamiento natural en paredes. Láminas impermeabilizantes transpirables para cubiertas.*
- *Usar materiales locales de construcción siempre que sea posible.*
- *Los materiales usados deben ser inocuos radiactivamente; (...) no deben emitir más de 180 mrad por año ni desprender gas radón, (...).*
- *El equilibrio de la vivienda deberá ajustarse al máximo al ambiental (...) 120 a los 300 voltios por metro. (...) no se debe abusar de los materiales sintéticos (...).*

Aunado a esto, la casa ecológica bioclimática, procura la utilización de energías alternas como la eólica, solar y geotérmica.

⁹³ (Deffis, 1987)

⁹⁴ *Decálogo para un diseño bioclimático y una vivienda sana.* (Miralles, 2010)

Por otro lado las denominadas casas ecológicas, son aquellas viviendas que utilizan métodos de ahorro energético, así como el uso de energías renovables y consideraciones bioclimáticas. Estas pueden contar con instalaciones fotovoltaicas, calderas de biomasa, colectores de agua caliente, intercambiadores de calor y plantas de cogeneración⁹⁵, a estas construcciones se les considera casas pasivas⁹⁶. El objetivo de las casas ecológicas no se limita a la autosuficiencia energética, sino a la generación de más energía de la requerida por los habitantes; por lo tanto, una central energética para una pequeña comunidad. Schleifer explica en su libro *Casas Eco-Sustentaveis*⁹⁷ que este tipo de construcción busca el desarrollo local, procurando utilizar materiales naturales, reciclables y locales. Las casas ecológicas también abordan una dimensión económica. Ya que tratándose de construcciones prefabricadas, de *madera, acero y hormigón*⁹⁸, reducen los costos, la inversión y los tiempos de fabricación. Estas viviendas tienen como objetivo insertarse de manera respetuosa en el medio ambiente, procurando minimizar o eliminar por completo el impacto que la construcción tenga en el entorno.

A las casas ecológicas, se refiere Schleifer, como las casas del futuro, las cuales lejos de ser una utopía, gracias a los avances tecnológicos de los últimos años, son una realidad. Cuando se planea una casa que no genere consecuencias negativas para el entorno, se deben estudiar el terreno y la ubicación, así como aspectos climáticos como las horas de luz solar, orientación, ventilaciones, entre otros. Para abordar una construcción desde la perspectiva eco-sustentable existen características como uso de ecotécnicas, materiales reciclados y otros mencionados en el párrafo anterior; sin embargo un aspecto fundamental a tomar en cuenta es la particularidad que cada construcción deberá tener. Las características particulares de cada proyecto variarán dependiendo, principalmente del estudio del sitio y lugar. Los resultados positivos que una casa ecológica refleje en un entorno no podrán ser replicados si esta se insiere en otro entorno. Esto último procura exaltar la importancia de dar soluciones locales a problemas globales, afirmando que las fallas en la creación de casas ecológicas se

⁹⁵ (Renove Tecnología, 2013)

⁹⁶ Casas pasivas: *hogares que prácticamente se autosustentan energéticamente* (Schleifer, 2011)

⁹⁷ (Schleifer, 2011)

⁹⁸ (Schleifer, 2011)

deben a la falta de conocimiento sobre las ecotécnicas y el impacto indirecto que estas puedan tener en los diferentes entornos. Otro aspecto a considerar dentro de esta tipología es el impacto que los materiales prefabricados utilizados para la construcción generan en el lugar en el que se manufacturan. Aunado a esta, el impacto de la manufactura de las instalaciones y equipamiento de fuentes de energía renovable.

Las soluciones aquí presentadas para reducir el impacto negativo de la construcción en el entorno natural, procuran abarcar la mayor cantidad posible de soluciones que la orienten hacia la sustentabilidad. Esta resulta una tarea difícil de lograr cuando se analizan los distintos niveles de impacto que pueden tener. No debemos olvidar que las respuestas aparecen dependiendo de la época en la que son generadas, la realidad en la que se vive. En la actualidad tenemos acceso a más información y contamos con mayores adelantos tecnológicos, los cuales nos aproximan a conocimiento que anteriormente no hubiéramos podido alcanzar. No se deben descartar las recomendaciones antes dadas, pues son conocimientos válidos y sustentados, sin embargo la reorientación de algunos de los conceptos abordados por estas, hacia los principios de la naturaleza⁹⁹, podrían generar vivienda no solo menos agresiva, (como los principios ecológicos sugieren) sino positiva o imperceptible para el medio ambiente en el que es insertada.

2.3 Construcción sustentable en las megalópolis

En las megalópolis existen distintos ejemplos de construcciones que buscan optimizar su confort interior sin comprometer las condiciones del medio ambiente. Ejemplo de aplicaciones en zonas urbanas son: los sistemas de ventilación cruzadas, uso de suelo radiante, instalaciones fotovoltaicas, ventanas dobles aerogeneradores eléctricos, cubiertas ajardinadas, uso de corcho, fibra de madera, cáñamo y lana de oveja como aislantes térmicos, etc.; algunas de estas aplicaciones requieren de grandes inversiones económicas, otras son adaptaciones que se pueden lograr sin comprometer la economía de los habitantes. Algunas incluso tienen el potencial de reducir el gasto energético de los habitantes, sin embargo es importante resaltar que solo algunas de

⁹⁹ Principios abordados en el apartado 4 de este mismo capítulo: 4. Aproximaciones teóricas de la biomimética.

las propuestas aquí analizadas tienen el potencial de adaptarse a las construcciones ya existentes. La mayoría de estas estrategias, particularmente las estrategias pasivas bioclimáticas requieren de planeación desde el momento en el que se concibe el proyecto. Cubiertas ajardinadas, ventanas dobles, instalaciones fotovoltaicas, son medidas que se pueden anexar a una construcción existente, sin embargo la orientación de la fachada, los sistemas de ventilación cruzada, la subdivisión de los espacios interiores, el uso de aislantes en pisos y muros, resultan casi imposibles de incluir en una construcción existente. En ocasiones se pueden realizar adaptaciones para mejorar el confort de los hogares en las ciudades, pero las implicaciones económicas no siempre permiten el éxito de estas estrategias.

En cuanto a mejoras bioclimática, uso de ecotécnicas, y otras, podemos encontrar casos aislados aplicados en las casas habitación de la ciudad de México. Pues la inversión inicial y la relevancia cultural en cuanto al impacto ambiental de nuestra forma de vivir no han generado el mismo impacto que en otros países. En países como Países Bajos, se han creado colonias solares¹⁰⁰ es decir, zonas autosuficientes energéticamente con características que les permiten actuar de forma pasiva en el ambiente. En México los esfuerzos por generar construcciones sustentables se han visto reflejados en las grandes edificaciones, principalmente de bancos o corporativos de capital privado. En las grandes ciudades, a nivel mundial, se ha generado la tendencia de buscar la sustentabilidad a partir de las certificaciones LEED, siendo estas una línea guía que permitirá asegurar el resultado sustentable de la construcción. Dichas certificaciones toman en cuenta las implicaciones de transporte, obtención de recursos, uso de energía, diseño arquitectónico, etc.; es decir acompañan la generación de la edificación desde su concepción hasta su uso. Estas medidas, aunque con fines económicos, han logrado formar una nueva conciencia sobre el impacto ambiental de las construcciones, sin embargo estas aún no reflejan una conciencia colectiva, ni alcanzan a propiciar un verdadero cambio ambiental. Para favorecer un verdadero cambio ambiental será necesario replicar este modelo e insertarlo dentro de un fin que busque la salud del entorno, antes que el fin de lucro. La sustentabilidad (o en su caso el diseño verde) puede significar un negocio para empresas que implementen nuevas

¹⁰⁰ (Schleifer, 2011)

estrategias para incrementar sus ventas, certificaciones verdes con fines mercantilistas. Tratándose de un tema que pone en riesgo la salud del planeta, debemos cambiar la forma en la que percibimos la sustentabilidad desde las megalópolis, no viéndolo como un lujo, sino como la necesidad de buscar mantener las condiciones de habitabilidad en las ciudades.

Es relevante estudiar la forma de reducir las implicaciones de la construcción, así como la forma de optimizar las características del hogar para mejorar las condiciones de habitabilidad y la relación de la casa habitación con el medio ambiente natural; sin embargo es importante preguntarnos ¿qué podemos hacer para mejorar la relación de las construcciones ya existentes con el entorno natural? Ya que tratándose del estudio de las condiciones de las megalópolis, zonas urbanas construidas casi en su totalidad, es importante procurar corregir los errores del pasado antes que intentar generar soluciones integrando más área urbana a la ya existente.

2.4 Aproximaciones teóricas de la biomimética

En incisos anteriores se analizaron las estrategias constructivas que procuran una mejora en la relación de las edificaciones humanas y el entorno natural. En este apartado se presentan los sustentos teóricos de la biomimética, como propuesta sustentable para la toma de decisiones de diseño.

El biólogo Julian Vincent de la Universidad de Bath, definió la biomimética en 1995 como *la abstracción del buen diseño de la naturaleza*. Nueve años más tarde, en 2004 señaló que *la biomimética es tomar ideas de la naturaleza y aplicarlas en las distintas tecnologías (...) se basa en el entendimiento de cómo los materiales naturales son puestos juntos (...) lo que somos capaces de hacer es aplicar toda clase de conceptos a nuevas tecnologías*¹⁰¹. La biología sugiere biomimética de forma y función, sin

¹⁰¹ Cita tomada del libro Biodiseño, Biología y Diseño (Égido, 2012)

embargo la forma es atractiva pero puede ser costosa, mientras que la función puede ofrecer bajo costo y un mejor diseño¹⁰².

El término *abstracción*¹⁰³ que Vincent propone en su primera definición es también recurrente en las teorías de otros autores que se analizarán más adelante. La abstracción se refiere al aislamiento de las características de un organismo (abstracción de los principios funcionales) para transportarlos a otras circunstancias y contextos, para evaluar su viabilidad. Cabe mencionar que según los estudios de Vincent, entre más abstracto sea un concepto, más fácilmente se adaptará este a otra disciplina¹⁰⁴. Esto es lo que separa a la biomimética de ser una simple imitación de las cualidades físicas de la naturaleza.

El estudio y la abstracción de la naturaleza son libres en cuanto a aplicación y razonamiento. Vincent hace hincapié en ver a la biomimética como una forma personal de ver al mundo, no como un conjunto de leyes rígidas. Al tratarse de una disciplina en directa correlación con distintas ciencias y disciplinas, se puede hablar de la biomimética como conjunto de especialidades, es decir, multidisciplinaria¹⁰⁵.

En la edición de Junio 2005 de la revista de la Universidad de Bath, se publicó un artículo en el cual se dio a conocer que el Director del centro de biomimética y tecnologías naturales, Julian Vincent desarrolló una base de datos que permitiría un acercamiento entre la ciencia y el diseño, facilitando la búsqueda de soluciones naturales para problemas de diseño. Los ingenieros y diseñadores podrían referirse a las patentes biológicas y encontrar soluciones naturales para problemas técnicos, el nombre de esta base de datos es BioTRIZ. Como esta existen diversas bases de datos que en la actualidad reducen la distancia entre las enseñanzas naturales y el resto de las ciencias y disciplinas. Ejemplos de estas son: Bioinspired!, BIONIS (Biomimetics Network for Industrial Sustainability), Bionics2Space y Ask Nature, entre otras. La

¹⁰² (Vincent, 2014)

¹⁰³ Abstraer: separar por medio de una operación intelectual un rasgo o una cualidad de algo para analizarlo aisladamente o considerarlo en su pura esencia o noción. (Real academia española, 2018)

¹⁰⁴ (Égido, 2012)

¹⁰⁵ Multidisciplinario: que abarca o afecta a varias disciplinas. (Real Academia Española, 2018)

eficiencia de las distintas bases de datos es subjetiva y variará dependiendo del profesional o usuario que busca utilizarlas, así como del objetivo de su búsqueda.

Janine Benyus, bióloga reconocida a nivel mundial por popularizar el término *biomimicry*, es también la fundadora del Biomimicry Institute 3.8. Quienes han desarrollado la base de datos *Ask Nature*. El objetivo de su trabajo es encontrar las estrategias probadas durante 3.8 millones de años de evolución de la naturaleza para encontrar respuestas a los problemas que los seres humanos solucionamos de manera artificial. En su libro titulado *Biomimicry Innovation Inspired by Nature*, Benyus define a la biomimética como: *La emulación consciente de la genialidad de la naturaleza*¹⁰⁶.

Biomímesis = del griego bios- vida; mimesis – imitación.

En este libro la autora define tres formas en las que la biomimética puede tomar las enseñanzas de la naturaleza, esto es: la naturaleza como modelo, como medida o como mentor. Las explica de la siguiente forma: en la naturaleza como modelo, se estudian los modelos, diseños y procesos del mundo natural, con base en estos se proponen soluciones para los problemas de los seres humanos; en la naturaleza como medida, la naturaleza sabe lo que funciona, lo que es apropiado y lo que perdura, la biomimética utiliza un estándar ecológico para dictaminar que tan correctas resultan nuestras innovaciones; por último, en la naturaleza como mentor, el objetivo de la biomimética es aprender de la naturaleza, al contrario de nuestras ideologías anteriores, en las cuales nos enfocábamos en los recursos que se pueden extraer de la naturaleza.

Somos parte de una sociedad que ha procurado dominar a la naturaleza, prueba de ello radica en la Revolución Industrial. Sin embargo la *Revolución de la biomimética* conlleva una imitación respetuosa en la cual no extraeríamos materia, sino conocimientos. Actuar como la naturaleza lo hace, propone cambiar nuestra forma de obtener energía, comida, protección, salud, entre otras, de forma armónica; dentro de un sistema simbiótico que permita utilizar y generar recursos.

¹⁰⁶ (Benyus J. , 2009)

El estudio de la naturaleza no debe tomar en cuenta a los individuos aislados, sino en conjunto dentro de un ecosistema para llegar a comprender la sabiduría detrás de estos. La autora define su interés en el tema al referirse a la forma tan fácil en la que los organismos se adaptan a sus ambientes y hogares, sin embargo da a notar que nosotros nos enfrentamos a los mismos problemas físicos que el resto de las especies, obtención de comida, agua espacio y protección en un hábitat delimitado. El ser humano se basa en sus propios principios lógicos para dar soluciones, pero ha olvidado estudiar las soluciones antes propuestas por otras especies y organismos biológicos. La biología, como cualquier otra ciencia es antropogénica y observa las lecciones del mundo natural como *curiosidades científicas*¹⁰⁷, sin relación a nuestra forma de vida.

Comenzando por la revolución de la agricultura, pasando por la revolución científica y la industrial, hasta llegar a la revolución de la industria petroquímica y de la ingeniería genética, hemos ido en dirección contraria a los principios naturales¹⁰⁸. Estamos violando una de las leyes más importantes de la ecología, la cual dictamina que, una especie no puede ocupar un nicho en el que se apropie de todos los recursos, debe poder compartir; cualquier especie que ignore este principio destruirá a su comunidad por su propia expansión¹⁰⁹. Siendo víctimas de nuestra propia destrucción, nos enfrentamos a una oportunidad de evolución, vista esta como el enfrentamiento a circunstancias insostenibles que nos orillan a buscar soluciones creativas. Debemos buscar adaptarnos a la tierra, y dejar de hacer que el planeta se adapte a nosotros.

Gracias a que nos encontramos en una época de grandes avances tecnológicos y científicos, ahora es más fácil estudiar a la naturaleza, desde una forma macro hasta nano molecular. Esto ha permitido descubrir un mundo de posibles soluciones que aparecieron antes en la naturaleza y que han permitido el bienestar del planeta tierra. Siempre podemos encontrar soluciones con mejores resultados en los organismos biológicos, que los alcanzados de forma artificial. Ejemplos que van desde la detección de incendios, hasta el aire acondicionado y la aviación. La naturaleza cohabita en una estabilidad dinámica entre los recursos y los desechos.

¹⁰⁷ (Benyus J. , 2009)

¹⁰⁸ (Benyus J. , 2009)

¹⁰⁹ (Benyus J. , 2009)

Como línea guía de las condiciones bajo las cuales se genera vida en la naturaleza, se exponen a continuación los principios naturales propuestos por el Biomimicry Institute 3.8¹¹⁰:

- La naturaleza funciona con la luz del sol.
- Utiliza solo la energía que necesita.
- Adapta la forma a la función.
- Recicla todo.
- Recompensa la cooperación
- Es diversidad.
- Requiere de soluciones locales.
- Reprime los excesos desde adentro.
- Funciona bajo los límites.

La revolución de la biomimética no será una que aporte cambios en la tecnología, sino en la forma de pensar para dar respuesta a nuestras problemáticas¹¹¹. La historia que nos contamos a nosotros mismos sobre quiénes somos en el universo debe cambiar. No somos una especie inmune, tampoco somos los sobrevivientes de la tierra que han vivido durante millones de años sin consumir nuestro capital ecológico. Nos estamos enfrentando a un dilema cuyas respuestas existen, pero no hemos sabido donde buscar. Ante la inminente desaparición de especies y ecosistemas completos, la biomimética pasa de ser una forma de ver a la naturaleza, a un rescate del planeta. Es fundamental aprender sobre la naturaleza para aprender a insertarnos de forma armónica, no para aprender a controlarla.

Desde un enfoque de desarrollo de proyectos en al ámbito de la arquitectura, Michael Pawly plantea, por medio de la biomimética, nuevas estrategias y una nueva visión del diseño, es decir repensar la arquitectura existente. Mientras que la

¹¹⁰ Traducción del texto original en idioma inglés: Nature runs on sunlight. Nature uses only the energy it needs. Nature fits form to function. Nature recycles everything. Nature rewards cooperation. Nature banks on diversity. Nature demands local expertise. Nature curbs excesses from within. Nature taps the power of limits. (Benyus J. , 2009)

¹¹¹ (Benyus J. , 2009)

sustentabilidad se preocupa por reducir el impacto negativo del mundo artificial, la biomimética, podría ser el acercamiento que haga que los productos humanos funcionen dentro del metabolismo natural; no solo contaminar menos, sino causar un impacto positivo en el medio ambiente. La biomimética tiene el potencial de ir más allá de la sustentabilidad. El problema es que seguimos buscando las respuestas dentro de lo ya estudiado, lo que está más a la mano es el conocimiento basado en experiencias humanas. Con un cambio de paradigma podríamos comenzar a encontrar respuestas a nuestros problemas dentro de la naturaleza.

Pawlyn y sus socios, sostienen que los retos más grandes a los que se está enfrentando el mundo en la actualidad son: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, falta de recursos naturales, y seguridad de agua, comida y energía;¹¹² por lo tanto prioridades a resolver debido a la importancia que estos tienen para la sobrevivencia de la especie humana. Esto no es algo nuevo para los habitantes de la actualidad, estudios al respecto se llevan a cabo día a día, ejemplo de ello la NASA. En la NASA se realiza una exploración en tiempo real, gracias a la cual reporta de forma concreta los cambios ambientales que están sucediendo en el ambiente natural a raíz de la intervención del ser humano. Pero imitar materiales y estructuras aun no es suficiente, pues los medios y procesos del ser humano resultan sumamente contaminantes, en comparación con los desechos nulos que las especies biológicas producen al crear estas mismas estructuras o materiales.

Pawlyn define la biomimética en su libro *Biomimicry in Architecture* como: imitación de las bases funcionales de las formas, procesos y sistemas biológicos para producir soluciones sustentables¹¹³. En este mismo libro, Jonathan Porritt asegura que, la única limitante para el futuro de la humanidad será nuestra falta de visión y creatividad. Se refiere a esto al asegurar que, mientras nos preocupamos por la falta de recursos no renovables en la naturaleza, viéndolos como frenos para el desarrollo humano, estamos ignorando la abundancia de posibilidades que están a nuestro alrededor. Existen avances significativos en cuanto a aplicaciones de la biomimética en

¹¹² (Exploration, 2017)

¹¹³ Traducción personal, texto original: *Biomimicry in architecture: mimicking the functional basis of biological forms, processes and systems to produce sustainable solutions*. (Pawlyn M. , Biomimicry in Architecture, 2011)

diseño industrial, medicina e ingeniería, pero las soluciones aplicadas a la arquitectura aún no han sido explotadas por los arquitectos.

Los seres humanos hemos desarrollado grandes avances estudiando nuestros propios sistemas, sin embargo la naturaleza tiene ejemplos de innovación, evolución y adaptación con el potencial de reemplazar o mejorar nuestros sistemas artificiales. Con las carencias de recursos en la actualidad, la especie humana se ha visto forzada a dejar la era de los combustibles fósiles y comenzar a buscar dentro de la gran gama de soluciones que la naturaleza ofrece. Existe la posibilidad de hacer a los edificios y a las ciudades regenerativas y productoras de recursos si aprendemos a aplicar los principios biomiméticos adecuadamente. Requerimos de una revolución funcional no formal, no obstante los enfoques de estos términos pueden subsistir juntos. En la arquitectura, el biomimetismo formal tiene limitaciones, ya que la arquitectura debe celebrar la era en la que fue creada, esta tiene un lado emocional.¹¹⁴ Por lo tanto, en cuanto a forma, las modificaciones arquitectónicas en obras existentes se encontrarán ligadas a criterios históricos, sociales y culturales.

El biomimetismo no busca dar soluciones más naturales. El objetivo no es imitar todo lo que hay en la naturaleza, no debe verse de forma romántica. El valor de la naturaleza se encuentra en la evolución, vista como un proceso basado en la variabilidad genética en donde sobrevive el mejor adaptado. Así como los organismos se han visto en ocasiones obligados a adaptarse a cambios extremos en sus ecosistemas, el hombre se está enfrentando a un cambio paulatino de su medio ambiente natural, por ende se encuentra en la búsqueda de adaptación para su sobrevivencia.

El arquitecto propone que para alcanzar la llamada revolución biomimética¹¹⁵ es necesario direccionar nuestras decisiones de diseño dentro de los siguientes tres criterios¹¹⁶: el incremento de la eficiencia de los recursos, cambiar el modelo lineal por uno de loop cerrado y cambiar nuestro sistema económico, de combustibles fósiles a una economía solar. Sostiene que dejar de generar desechos tiene el potencial de

¹¹⁴ (Exploration, 2017)

¹¹⁵ (Michael Pawlyn: Using nature's genius in architecture, 2011)

¹¹⁶ (Michael Pawlyn: Using nature's genius in architecture, 2011)

generar valor a los ecosistemas, gracias a lo cual ninguna acción del hombre afectaría la tierra, sino que la nutriría. Dicho esto, podemos afirmar que las acciones biomiméticas que se abordan desde la perspectiva del arquitecto entienden la biomimética como la manera de convertir nuestras construcciones en obras sustentables.

A continuación se enlistan algunos términos definidos por Pawlyn, que resultarán de utilidad para su uso en el desarrollo de este trabajo:

- Término bio-utilización¹¹⁷, uso directo de la naturaleza para propósitos benéficos (ejemplo plantas dentro y fuera de un edificio para producir enfriamiento por evaporación). Rol en el pensamiento biomimético.
- Término *Biophilia* de E.O. Wilson, es una hipótesis que sostiene que hay un lazo instintivo entre los seres humanos y otros organismos vivos. Una necesidad de afiliación entre las especies biológicas.
- Biomimetismo, imita función y *biomorphismo*, imita forma.

Petra Gruber define en su texto *The Signs of Life in Architecture*, que parte del problema que tiene la falta de comprensión entre la relación de la arquitectura y la biología, radica en el uso de términos biológicos al referirse a la arquitectura. Esto no implica que una obra arquitectónica tenga vida, sino que la analogía de los términos biológicos aplicados a las construcciones humanas ofrece una nueva perspectiva con potencial de innovación¹¹⁸. La autora va más allá de las obviedades y expone los criterios de la vida, desde una perspectiva biológica, sobreponiéndolos a la arquitectura para definir las diferencias entre la disciplina y la ciencia. Los criterios de la vida son las características esenciales que un organismo debe cumplir para considerar que este tiene vida. Aunque algunos de los criterios de la vida expuestos por la autora pueden estar presentes en las obras arquitectónicas, esto no quiere decir que la obra esté viva¹¹⁹, pero la presencia de estos criterios incrementa el potencial de una inserción positiva de la obra en el ecosistema. Aunado a estos, una premisa que abarca todos los

¹¹⁷ (Pawlyn M. , Biomimicry in Architecture, 2011)

¹¹⁸ (Gruber, 2008)

¹¹⁹ (Gruber, 2008)

criterios aquí expuestos permanece latente, los límites en cuanto a tiempo y espacio de los sistemas vivos; tema recurrente en diversos autores, como veremos más adelante.

Criterios de la vida expuestos por Petra Gruber¹²⁰:

- Orden
- Propagación
- Crecimiento
- Procesamiento de energía
- Reacción al ambiente
- Homeostasis y metabolismo
- Evolución
- Procesamiento de información

Al analizar estos criterios podemos encontrar ejemplos arquitectónicos que actualmente están procurando cumplir con estas características. La autora expone ejemplos, tanto reales como de futuros posibles, de obras con base en los criterios de capacidad de crecimiento y de reacción al medio ambiente; se trata de ejemplos formales y funcionales que, aunque asegura tienen el potencial de convertirse en respuestas innovadoras para el medio ambiente, aun no abarcan las dimensiones de la problemática ecológica a tratar. No obstante, replicar ejemplos mejores para el medio ambiente, establece nuevos estándares de los cuales futuras generaciones de arquitectos aprenderán y replicarán. El reto se encuentra ahora en abarcar de mejor manera un mayor número de criterios de la vida buscando una relación óptima entre las obras arquitectónicas y el medio ambiente.

Existen diversas perspectivas desde distintas disciplinas en cuanto a las características que un sistema en la naturaleza debe cumplir, sin embargo, lejos de generar una discusión, las distintas perspectivas deberán conformar una propuesta

¹²⁰ (Gruber, 2008)

integral que fungirá como guía de toma de decisiones, gracias a la cual todo sistema, antes de ser pensado, planeado, proyectado y ejecutado, será sometido a un cuestionamiento de los criterios de la vida. Esto último con el objetivo de asegurar el cumplimiento de un mayor número posible de criterios, en vía de optimizar los sistemas creados por el ser humano. Como se mencionó en párrafos anteriores, al no tratarse de organismos vivos, difícilmente se podrá asegurar el cumplimiento de todos o incluso de la mayoría de los criterios. Es en este punto en el que se hace relevante la presencia del diseñador interdisciplinario, como el profesional capaz de optimizar el diseño congruentemente, dependiendo de las necesidades y limitantes de cada proyecto.

En el presente trabajo nos referimos a un diseño biomimético y no a un biodiseño ni diseño biónico. La razón de esto se encuentra en las bases de cada una de estas disciplinas. En sus inicios la biónica fue definida como la conjunción de la biología y la electrónica¹²¹. Aunque con el paso del tiempo la definición y sus alcances se han incrementado, englobando otro tipo de aplicación de inspiración biónica, los principios a adaptaciones de ingeniería permanecen ahí. A diferencia de la biomimética, la cual ofrece soluciones en diferentes niveles de interés. El biólogo Janitzio E. Villareal hace mención a la definición del 2004 de Recheberg quien define la biónica como: *la aplicación de los resultados de la evolución biológica desde el punto de vista de la ingeniería*¹²². Ésta última definición, a pesar de tomar en cuenta el estudio de todo lo que implica un ser vivo, limita el estudio desde el punto de vista de la ingeniería, aplicación de principios mecánicos. A pesar de que el concepto del biodiseño está conformado por la unión de la biología y el diseño, éste comprende tanto la biónica como la biomimética dentro de sus áreas de acción. Siendo solo del área de interés de la presente investigación el ángulo de estudio de la biomimética.

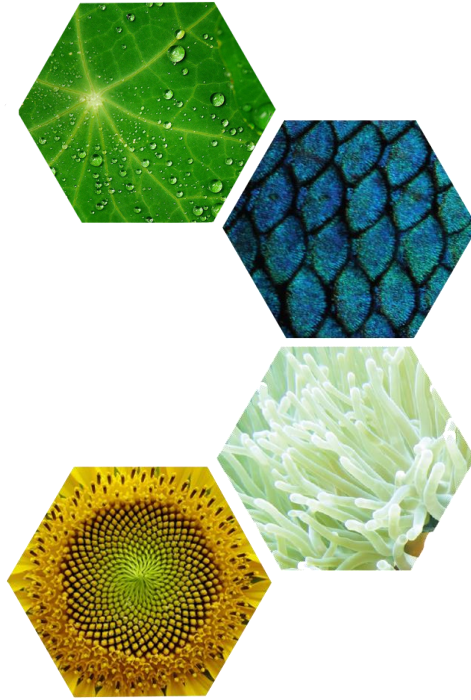
2.5 Conclusiones del capítulo

Durante el desarrollo de este capítulo se optó por definir los ejes en torno a los cuales se construyó el cuerpo de esta investigación. Comenzando por la definición de los alcances que se buscan al introducir un nuevo paradigma de construcción sustentable;

¹²¹ (Égido, 2012)

¹²² (Égido, 2012)

pasando por el enfoque específico al que este trabajo se refiere, el mundo construido por el ser humano. Se delimitó el área de estudio como las zonas urbanas desarrolladas que han alcanzado un estado de declive, hasta alcanzar los sustentos teóricos de una posible solución capaz de incorporar la satisfacción de las necesidades humanas sin comprometer al medio ambiente. Con el fin de entrelazar el conocimiento teórico se exponen las áreas de intervención posibles en la teoría de la sustentabilidad. Posteriormente se analizan tanto los aciertos como las inconsistencias entre diferentes propuestas en la construcción, consideradas sustentables; así como el ambiente donde es necesario tomar acción, ofreciendo un sustento teórico de la importancia de intervenir los espacios construidos como la vía para lograr un cambio capaz de impactar positivamente en la relación entre los ecosistemas construidos y los no construidos. Se da especial atención a la energía como elemento recurrente y responsable de la generación de contaminantes para la atmósfera cuando se aborda la búsqueda de confort térmico en los interiores. En el estudio de las edificaciones en las megalópolis se expone la lógica que ha generado el quiebre entre los ecosistemas con y sin intervención humana. Se resalta la importancia de buscar nuevos paradigmas capaces de guiarnos hacia la generación de la *casa del futuro*. Siendo el fin asegurar la preservación de las condiciones ideales de la tierra, y con ello la sobrevivencia de nuestra especie, es necesario dejar de extraer materia y aprender a dar mayor relevancia a la extracción de conocimiento. Es necesario cambiar el paradigma de la adaptación del ambiente, a la adaptación de nuestra especie a las condiciones existentes en la naturaleza. De esta manera se reconoce la necesidad de fomentar la participación del diseñador interdisciplinario para asegurar mejores y congruentes respuestas a las dificultades enfrentadas en el mundo construido. A lo largo de este capítulo se han presentado los actuales sustentos teóricos en torno a la sustentabilidad y a la biomimética; en los capítulos sucesivos se redefinirán dichos términos, con el objetivo de presentar la forma en la que estos conceptos serán abordados en la presente investigación.



Capítulo III. Marco teórico metodológico

3.1 Sustentabilidad y biomimética

En consecuencia del análisis de las distintas posturas en la sección anterior, se optará por definir como sustentable a la capacidad que tiene un sistema para adaptarse, replicarse y asegurar su existencia a pesar de las condiciones cambiantes y de los distintos actores con las que se relaciona. Esta definición declara de forma simplificada el objetivo que deberá seguir una respuesta para ser sustentable, sin embargo para que ésta tenga congruencia dentro del desarrollo sustentable que se busca, deberá ser complementada por diversos conceptos capaces de orientar los resultados hacia la búsqueda del bienestar de todas las especies, incluido el ser humano, y de su entorno. A continuación se exponen algunos de estos conceptos, así como aproximaciones desde diferentes autores sobre lo que debería ser el desarrollo sustentable y cómo alcanzarlo.

Se comenzará por la perspectiva de la naturaleza: ¿Cómo la naturaleza controla el paso de los rayos de sol? ¿Cómo es capaz de continuar sus actividades aun sin la presencia de luz solar? ¿Cómo regula sus necesidades energéticas? ¿Cómo controla la humedad? ¿Cómo ventila y recibe aire en lugares cerrados? ¿Cómo mantiene el calor? ¿Cómo ahorra energía? ¿Cómo se protege de los rayos UV? ¿Cómo se organiza la naturaleza de tal forma que permite la coexistencia de tantas especies en un mismo lugar? Las respuestas a las problemáticas de confort humano pueden estar más cerca de lo que pensamos.

Al contestar estas preguntas desde la perspectiva humana resulta casi necesario recurrir a los ejemplos existentes de tecnologías desarrolladas capaces de sobrellevar estas condiciones. Evidentemente el ser humano se ha inspirado en la captación de energía solar de las plantas para desarrollar cada vez más eficientes paneles solares; ha tomado inspiración de las formas aerodinámicas para conseguir mayor eficacia en la generación de energía eólica; ha creado materiales capaces de soportar la corrosión frente a situaciones de humedad extrema; y ha llegado a desarrollar tecnologías que extienden sus capacidades sensoriales, ejemplo de esto, los lentes de visión nocturna

que imitan la habilidad de algunas especies animales para continuar con sus actividades en condiciones de penumbra.

¿A qué responden estas soluciones? La mera imitación con fines funcionales debe ser superada si lo que buscamos es sobrepasar el uso de la naturaleza como un acervo de innovaciones. Es decir, alcanzar una integración de conocimiento que nos permita vislumbrar nuevas formas de superar las limitaciones sin comprometer la estabilidad de las condiciones de vida del entorno. El ser humano debe comenzar por abandonar la idea de ser capaz de hacer todo lo que el resto de las especies puedan hacer, por medio de prótesis tecnológicas¹²³. En el contexto en el que estamos insertos se deberá superar la idea de supremacía de nuestra especie y reconocer que existen otras especies que lo hacen mejor que nosotros. La idea de una supremacía del ser humano sobre la naturaleza ha sido declarada mediante la ambición de la modernidad, es de esta misma afirmación que emerge la noción de la responsabilidad que tiene nuestra especie de rescatar al medio ambiente¹²⁴. Por lo tanto no se busca problematizar tal noción, sino de dar herramientas para reconocer diversas formas de conocimiento inherentes a otras especies. La naturaleza podrá entonces ser nuestra referencia en cuanto a límites, alcances y competencias; un referente al cual recurrir cuando busquemos alcanzar soluciones más eficaces, eficientes y congruentes con el entorno. El nivel de tolerancia y adaptación a los límites naturales, podría depender de la apropiación de un lugar, *“Habituar para habitar, la persistencia de lo estático conlleva a la habituación”*¹²⁵. No obstante, el habitar¹²⁶ puede conllevar a conformarse. No podemos asegurarnos que una forma de vida puede ser mejor que otra si no la conocemos. El hombre podría cambiar sus hábitos y habituarse a un hogar biomimético si los estímulos así se lo propusieran.

En los siguientes párrafos se tomarán en cuenta ideas propuestas por autores como el filósofo John Thackara y el diseñador Ezio Manzini para ampliar el sentido de la

¹²³ (Maldonado, 1998)

¹²⁴ (Oropallo, Thesis submitted for the degree of PhD, 2017)

¹²⁵ (Arango, 2011)

¹²⁶ Habitar: *acostumbrar o hacer que alguien se acostumbre a algo*. (Real Academia Española, 2018)

teoría de la sustentabilidad. Conjuntamente se analizará, cómo la definición de las propuestas del futuro juega un papel fundamental en la naturaleza del conocimiento.

John Thackara propone al diseñador cuestionarse, cuando se enfrenta a un reto de diseño *¿Quién se ha hecho una pregunta similar en el pasado?*¹²⁷ Sugiriendo que para innovar, es necesario actuar desde bases existentes y soluciones experimentadas. El modelo de mundo sustentable ya existe en la naturaleza e incluso en formas de actuar de ciertas sociedades, solo hace falta detectar su presencia y potenciar su aplicación. Con las nuevas tecnologías estas aplicaciones se encuentran cada vez más a nuestro alcance. Thackara define a la sustentabilidad como *la condición previa a la vida en la tierra.*¹²⁸ Las condiciones ideales ya existen, hace falta que, como especie humana, aprendamos a adaptarnos a estas. Como respuesta a esto se puede vislumbrar el concepto de la biomimética. El autor de *Diseñando para un mundo complejo*, menciona que (...) *son soluciones tecnológicas, otras se encuentran en el mundo natural, gracias a millones de años de evolución natural.*¹²⁹ De forma implícita se encuentra en esta afirmación la importancia de voltear a ver al mundo natural en búsqueda de soluciones probadas por 3.8 millones de años de evolución, (concepto base en la relevancia de la biomimética) con el apoyo de las nuevas tecnologías exploradas. El presente trabajo de investigación no pretende asegurar que en el estudio biomimético se puedan encontrar las soluciones únicas para resolver los problemas de sustentabilidad que enfrenta el mundo construido por el hombre; sin embargo, se puede asegurar que las posibilidades de llegar a un mundo más congruente son mayores si se estudian los ejemplos naturalmente sustentables que existen en la tierra. Lo anterior afirma que la biomimética es una de las posibles vías hacia soluciones más sustentables, de las múltiples que el diseño tiene potencial de aplicar. Aunado a esto las limitaciones tecnológicas de exploración y desarrollo pueden llegar a limitar los resultados humanos frente a los no humanos. Este autor afirma también que, la

¹²⁷ (Thackara, 2013)

¹²⁸ Thackara sobre sustentabilidad (Thackara, 2013)

¹²⁹ (Thackara, 2013)

respuesta a un mundo sustentable se encuentra en la *simbiogénesis*¹³⁰, producto de la fusión de organismos para evolucionar en otro diferente con características renovadas. Aplicando este pensamiento al rompimiento entre el mundo construido por el ser humano y el construido por la naturaleza, se puede concluir que ninguna de estas dos partes deben ser tiranizadas ni idealizadas, ya que las aportaciones de cada una de ellas tienen el potencial de llegar a evolucionar de forma óptima para el funcionamiento del planeta. Si tenemos la capacidad de combinar los aciertos de estas dos realidades, entonces las respuestas acertadas para el bienestar ambiental se podrán potencializar.

Es necesario dejar de pensar en objetos y comenzar a pensar en sistemas completos, o desde la perspectiva biológica, en ecosistemas. *Whole System Thinking*¹³¹, es una forma de pensar en la totalidad de la realidad para generar un cambio significativo. Los pequeños cambios pueden generar grandes reacciones en el mundo, por ello pensar en la totalidad de una realidad no se refiere a dejar de realizar cambios a pequeñas escalas, sino de pensar en las repercusiones que un cambio puede tener en un sistema completo. En el caso de esta investigación se optó por abordar la casa habitación, siendo ésta parte del sistema del vida del ser humano, su lugar de descanso y resguardo, en consecuencia el núcleo fundamental para el desarrollo de éste como parte de una comunidad; así como núcleo de las referencias que tiene sobre el sistema al que pertenece, visto como una megalópolis.

Por su parte John Thackara aporta otra definición para la sustentabilidad en la cual afirma que: *significa diseñar para que la gente tenga nuevamente control de las situaciones, más que resolverlas con tecnología*.¹³² Atacar al problema de habitabilidad, es atacar directamente el entendimiento del ser humano sobre su contexto; diseñar para modificar la concepción de la sociedad sobre su hábitat. Es decir, la forma de hacer a la sociedad consciente y activa frente a las posibles soluciones sustentables; presentándola como agente de cambio, comenzando por la concepción física y cognitiva de sus espacios personales.

¹³⁰ Término propuesto por la bióloga Margulis 1993. *En determinados casos la cohabitación, la vida íntima a largo plazo, da como resultado la simbiogénesis: la aparición de nuevos cuerpos, nuevos órganos, nuevas especies.* (Margulis, 2002)

¹³¹ (Thackara, 2013)

¹³² Thackara sobre sustentabilidad (Thackara, 2013)

Otro autor que debe ser mencionado dentro del marco de un cambio de visión frente a la problemática de la sustentabilidad, es Ezio Manzini. Quien sugiere que los verdaderos cambios sustentables se encuentran en los cambios generados por la sociedad. Para Manzini, quien explica que no existe sustentabilidad sin ecología, ni ecología sin sustentabilidad, esta abarca (...) *el organismo más el sistema de relaciones que establece con su ambiente*¹³³; es decir, las relaciones e intercambio entre ambas partes. Estudiar el impacto de la generación de contaminantes que los sistemas o estrategias de termorregulación humana causan en el medio ambiente, así como la posible forma de solución, implica el estudio respetuoso del artefacto en relación con su ambiente; por ende un importante aspecto a estudiar en cuanto a sustentabilidad.

Manzini hace referencia, cuando explica la ecología, a las comparaciones entre los organismos biológicos y los artificiales, explicando que la naturaleza se encuentra en constante evolución, por ende no es finalista y procede adaptándose a las necesidades que se le presenten. Es en esta comparación entre dos ambientes, donde notamos las referencias que la forma de actuar de uno debe tener sobre el otro. Manzini hace hincapié tanto en la grandeza de la acción de la naturaleza, como en el potencial del desarrollo artificial, siempre y cuando se mantenga dentro de los límites de los principios naturales. La naturaleza, dice también el autor, no debe ser vista de forma romántica o idealizada, pero resulta necesario respetarla y abandonar la idea de dominarla.

Ver al diseñador como agente de cambio implica: *Pensar de forma diferente, plantear el proyecto sobre nuevas bases*¹³⁴. Pensar de forma diferente significa, no solo proponer soluciones nunca antes vistas, sino redefinir desde dónde partimos y hacia dónde vamos. Las nuevas bases a las que el autor se refiere, bien podrían ser las bases antes propuestas por la naturaleza, analizadas ahora desde una perspectiva de soluciones humanas. La hipótesis sobre el desarrollo del proyecto ecológico para Manzini es: *un imaginario ecológico metropolitano que acepte la confrontación con las nuevas tecnologías y que dialogue con la evolución social-cultural en las diferentes*

¹³³ (Manzini, 1992)

¹³⁴ (Manzini, 1992)

*formas en que ésta se presenta (...) una elección por la madurez cultural y la calidad de la propuesta*¹³⁵. Esta última aseveración resulta determinante ante el objeto de estudio de la presente investigación: las megalópolis. El imaginario ecológico metropolitano está actualmente romantizado, se ha alejado de los verdaderos propósitos ambientales al haber caído en una falsa estética ecológica. Resulta necesario hacer partícipes, de forma voluntaria a los miembros de las sociedades urbanas, asegurando la aceptación de las propuestas sustentables por su calidad y potencial de viabilidad.

En diversos artículos y conferencias Ezio Manzini, hace referencia al potencial de las soluciones locales, para tener un impacto global, punto estudiado también por John Thackara. Para Manzini la globalización es diversificada, por ende, al diseñar se debe tomar en cuenta el factor local para asegurar la prudencia de la transformación propuesta. Es decir los proyectos se deben adecuar a las necesidades locales para ser exitosos. No existe una estética ecológica, esta es una diversidad orientada sin fines de estilo, pero sí con fines de función e inserción adecuadas. Por ello se ha presentado un caso de estudio en cuanto al análisis de las megalópolis, la Ciudad de México. Por un lado, el pensamiento sustentable sostiene que, para que una solución ecológica resulte exitosa, esta debe tomar en cuenta el contexto específico sobre el que actuará y será afectado; por otro lado, la naturaleza actúa también de forma local. Una forma de ejemplificar esto es la presencia de diferentes especies de flora y fauna dependiendo de la geografía estudiada. La existencia y las adaptaciones de las especies al contexto que habitan resulta determinante para su supervivencia. De igual forma, la biomimética debe actuar sugiriendo soluciones congruentes al contexto en el cual se insertarán, respondiendo a las necesidades específicas del ambiente.

El ser humano se ha creído el poseedor de la tierra, con derechos y poder sobre ella. No obstante no debemos ver a la sustentabilidad como un intento fallido de mejorar la relación del hombre con el medio ambiente, pues también es cierto que una de las más grandes aportaciones de la sustentabilidad como la concebimos hasta ahora, ha sido la de establecer límites al desarrollo¹³⁶, problema principal de las megalópolis. A partir de la Cumbre de Río se ha generado un movimiento social que aboga por los

¹³⁵ (Manzini, 1992)

¹³⁶ Principio establecido por el Club de Roma (Meadows, 1972).

derechos del mundo natural; movimientos de esta índole son los que pueden generar un cambio significativo, pues se trata de una solución desde adentro con alcances a gran escala. Resulta ahora necesario preguntarnos ¿Cuál es el rol del diseñador dentro de este movimiento social hacia la sustentabilidad?

El diseño puede ser un agente del cambio hacia la sustentabilidad¹³⁷, pero para que esto sea posible es necesario reinventar la cultura del diseño¹³⁸. Actualmente la sustentabilidad cuenta con algunas herramientas tales como paneles fotovoltaicos, calentadores solares, presas hidroeléctricas, generadores eólicos, entre otros. No obstante, su uso no resulta lo suficientemente eficiente como para reemplazar las tecnologías actuales, y más aún, la tecnología implicada resulta en grandes inversiones económicas y de recursos para su manufactura. La transición a la sustentabilidad resulta costosa así que los ciudadanos, ignorando el verdadero impacto de nuestras acciones, terminan optando por las formas tradicionales y contaminantes, antes que buscar resolver cuestiones ambientales.

El papel fundamental del artista o del diseñador en el contexto de un poder y un acceso ilimitados, es investigar la historia natural y social, para seleccionar líneas maestras a partir de los mejores experimentos sobre el vivir que la humanidad haya tenido. (Kerchkove, 1998)

Derrick Kerchkove afirma mediante esta declaración, que para recuperar las mejores hazañas de la naturaleza, es necesario apartarnos de la visión tecnológica y volver a estudiar los fundamentos de conocimiento básicos. Propone el estudio de la historia natural y social con el fin de recuperar el conocimiento extraviado en el tiempo. Traduciendo este pensamiento al modelo biomimético, nos referimos a la importancia de estudiar las enseñanzas de los principios de la vida, con el fin de encontrar respuestas evolutivamente exitosas para solucionar problemáticas dentro de la complejidad del desarrollo sustentable.

El diseño se ha limitado en sus capacidades y se ha mantenido ofreciendo modestas soluciones a los problemas enfrentados, sin darse cuenta que procurar vivir en un mundo sustentable ha dejado de ser un ideal, para convertirse en una

¹³⁷ (Margolin, 1997)

¹³⁸ (Margolin, 1997)

necesidad.¹³⁹ La disciplina del diseño está generando grandes cantidades de desechos y contaminantes ambientales en su práctica diaria, apartándose cada vez más de la idea de poder ser considerado parte del cambio a la regeneración del mundo. Dentro de las áreas de capacidad del diseño en la sustentabilidad, se mencionan palabras como mejorar, reducir, hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, crear mejor impacto ambiental, etc., rubros que atacan de forma superficial los problemas ambientales, ya que mejoran en un porcentaje, mas no eliminan el problema en su totalidad, como lo haría un sistema biomimético¹⁴⁰. La arquitecta Petra Gruber concluye en el artículo *Signs of Life in Architecture* publicado en el 2008 que: el estudio de la conexión entre los campos de la arquitectura y la biología dará pie al desarrollo de innovación, el cual inevitablemente tomará la dirección hacia una calidad y compatibilidad más sustentable y ecológica.¹⁴¹

Aunado a las propuestas de desarrollo ecológico sustentable como resultado de la biomimética, el EGADE Business School del Tecnológico de Monterrey expone en el texto *Innovación para un mundo sustentable*¹⁴² los 9 enfoques de innovación que transformarán el paradigma del desarrollo sustentable, desde una perspectiva económica. Siendo una de estas propuestas la inspiración en la naturaleza. Afirmando que no debe existir una dicotomía entre naturaleza y cultura, en cambio se debe abogar por un paradigma que defienda la integración de ambos, donde existan conocimientos y recursos compartidos.

*Regresar al planeta tierra a una condición de sustentabilidad donde estaba, cuando lo encontramos*¹⁴³. Es posiblemente esta clase de declaraciones en donde el ser humano ha perdido la noción de la naturaleza, quizá es por eso que no sabemos actuar de forma sustentable, porque el mundo en el que vivimos ha sido modificado y entregado de esta forma a nuestras generaciones. Nuestra actualidad se ha encargado de enseñarnos una forma de vida en la cual la naturaleza ya no es natural. Incluso cuando las visiones por un mundo más sustentable nos invaden podemos voltear a ver

¹³⁹ (Margolin, 1997)

¹⁴⁰ (Margolin, 1997)

¹⁴¹ (Gruber, 2008)

¹⁴² (Scheel Mayenberger, 2016)

¹⁴³ (Scheel Mayenberger, 2016)

nuestra realidad y darnos cuenta de que nuestras acciones contradicen a nuestros pensamientos, pues no sabemos vivir de forma sustentable, hemos perdido nuestra sabiduría innata. La solución entonces se encuentra en aprender a vivir de nuevo¹⁴⁴. Resulta necesario abordar el problema desde otro ángulo, desde el cual aprendamos las lecciones mejoradas durante años de evolución de la naturaleza. Mientras la naturaleza se mantenía optimizando sus sistemas, nosotros nos sumergimos cada vez más en la realidad que construimos fomentando el deterioro del entorno. No obstante, el desarrollo desde nuestro raciocino también ha posibilitado que hoy nos encontremos más cerca de comprender los procesos naturales más que anteriormente.

Somos una especie más, ni mejor ni peor que el resto de las plantas y animales que buscan sobrevivir en el planeta tierra; sin embargo, tenemos la ventaja del razonamiento a nuestro favor, tenemos la oportunidad de repensar nuestras acciones y de analizarlas desde distintos puntos de vista. Aunado a esto, tenemos el potencial de comprender y estudiar las soluciones de otras especies y aplicar su conocimiento especializado para la sobrevivencia de nuestra especie.

Las primeras modificaciones climáticas generadas por el cambio drástico de las condiciones de la atmósfera terrestre, fueron causadas por acciones de la naturaleza. En este marco se debe considerar entonces que la sustentabilidad también deberá juzgar la viabilidad de los procesos de la naturaleza, reconociendo que dentro de la interacción seres humanos- naturaleza, deberá existir un balance en el cual el conocimiento y las aportaciones de cada una de las partes deberá ser valorada. Los seres humanos tenemos la capacidad de razonar, mientras que la naturaleza posee conocimiento generado a través de 3.8 millones de años de evolución. Sin menospreciar la evolución de nuestra especie, es necesario crear un balance entre naturaleza y raciocinio, en la cual el ser humano pueda participar activamente e involucrarse en cómo sus decisiones tendrán el potencial de afectar a los ecosistemas.

El cambio hacia la sustentabilidad no se encuentra solo en las técnicas parcialmente ecológicas que podamos adoptar, el verdadero cambio hacia la

¹⁴⁴ Metáfora utilizada para hacer referencia a los principios biomiméticos, los cuales dictan que resulta necesario aprender de los principios naturales.

sustentabilidad se encuentra en nuestra forma de concebir nuestra construcción del mundo; sin juzgar el valor del mundo construido por los seres humanos, el cual ha conllevado años de evolución del pensamiento y técnicas. La concepción antropogénica de la tierra como recursos al servicio del hombre, lo han llevado a crear soluciones incongruentes cuando estas se han insertado en el medio ambiente natural. El ser humano utilizó su raciocinio para acercarse al confort, ubicando sus necesidades se encuentra ahora en la posibilidad de voltear a ver los ejemplos sustentables de otras especies; teniendo una comprensión más amplia de la naturaleza, se encuentra posibilitado a innovar y mejorar las soluciones antes propuestas.

La herramienta que posibilita los nuevos alcances biomiméticos es la tecnología, por lo tanto será necesario definir que esta será vista como un apoyo, no como un fin; una herramienta de exploración y manufactura. El uso de la tecnología debe ser justificado en cuanto a la utilidad y eficiencia de los resultados que proponga. Queda asentada la importancia y la viabilidad de la aplicación de la biomimética como un modelo de sustentabilidad natural en sí mismo; sin embargo su aplicación está sujeta a distintas variables que evaluarán su reconocimiento como método de innovación tecnológica sustentable. Indudablemente una fuente para la innovación, pero la sustentabilidad deberá ser analizada en cada etapa del proceso para asegurar su fidelidad. La sustentabilidad de la biomimética ha sido rebatida por diversos autores, habiendo quienes definen que la *biomimesis* se refiere a la simple imitación o inspiración en la naturaleza para extraer conocimiento y que *biomimicry* (concepto sugerido por Janine Benyus) es la inspiración que aunada a buscar conocimientos en la naturaleza, es también sustentable. Considerando la dualidad del pensamiento en cuanto a un mismo concepto, el cual en español tiene una misma traducción, *biomimética*, cabe la posibilidad de que algunos diseñadores, al buscar aplicar los conceptos biomiméticos, resulten en un diseño acorde a la abstracción de principios de funcionamiento de un organismo, pero que no resulte sustentable. Por ello se presentan ahora las limitaciones que debe tener la tecnología frente a un sistema biomimético para alcanzar la sustentabilidad. El uso de la tecnología en los sistemas

sustentables debe ser *fácil, ligero y light* ¹⁴⁵. Esto es reducir o eliminar el impacto, también llamado huella, del objeto en el medio ambiente, simplificar su función y gasto en cuanto a recursos, energía y espacio utilizado. Es decir, diseñar de forma que no nos volvamos pesados para el ambiente. Thackara afirma que, *debemos ser sensibles al panorama general y al destino al que nos dirigimos*,¹⁴⁶ conocemos los límites, es necesario ahora responsabilizarnos y buscar las soluciones viables dentro de este marco de sustentabilidad.

3.2 Metodología de la biomimética

La observación es la herramienta esencial del estudio biomimético. En la búsqueda de respuestas innovadoras, investigadores de la materia coinciden en la importancia que la observación tiene cuando se buscan respuestas para ser trasladadas a otros campos de conocimiento. Por lo tanto métodos etnográficos aplicados a la observación por inmersión, de especies y fenómenos de la naturaleza resultan necesarios para realizar una primera aproximación al conocimiento de la biología. Tratándose el biomimetismo de una disciplina interdisciplinaria, el conocimiento de ciencias de especialización se deberá poner a disposición de disciplinas capaces de traducir el conocimiento científico en propuestas concretas.

Dentro de las metodologías existentes para el diseño biomimético el *Biomimicry Institute* 3.8 presenta el diseño de espiral¹⁴⁷, un modelo de diseño biomimético desarrollado en el 2005 por el diseñador industrial Carl Hastrich. En éste se explica el proceso que se deberá seguir para generar propuestas de diseño sustentable con base en la inspiración biomimética. El método expone los pasos que se deberán seguir en este proceso de diseño¹⁴⁸: *identificar* qué funciones deberá cumplir el diseño, *traducir* dichas funciones en términos relacionados con la biología, *descubrir* las estrategias de la naturaleza para cumplir con estas funciones, *abstraer* el funcionamiento de las

¹⁴⁵ Thackara sobre la sustentabilidad (Thackara, 2013)

¹⁴⁶ (Thackara, 2013)

¹⁴⁷ (Deluca, 2016)

¹⁴⁸ (Deluca, 2016)

estrategias encontradas, *emular* las estrategias naturales para convertirlas en soluciones de diseño y por último *evaluar* la solución obtenida frente a las metas originales y a los principios de la vida. Se explica que dependiendo del interés del diseñador éste podrá utilizar la espiral como mejor convenga, ya sea comenzando por identificar el problema que quiere resolver o descubriendo estrategias biológicas que utilizará como fuente de innovación, entre otras.

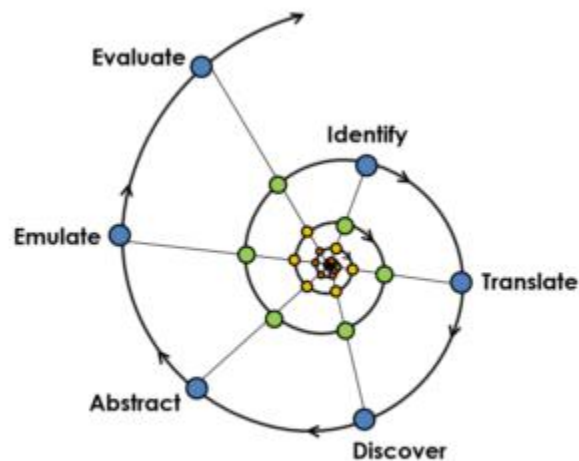


Diagrama 1 Espiral del diseño. Biomimicry Institute

Métodos definidos como *Design looking to biology* de Perdersen, *Top down approach* de Knippers o *Problem Driven Biologically Inspired Design* de Helms et al¹⁴⁹, se refieren al método biomimético que parte del problema de diseño a la biología. En éste se deberá comenzar por definir una problemática humana a resolver, posteriormente se deberá redefinir dicha problemática de acuerdo a términos biológicos; a continuación se deberá realizar una investigación sobre los organismos biológicos, gracias a la cual se identificarán las soluciones que se utilizarán como referencia, posteriormente se podrán extraer los principios de funcionamiento. Una vez completada esta tarea se podrán hacer propuestas de aplicación de los principios biológicos en el diseño.

¹⁴⁹ (El-Zeiny, 2012)

Por otra parte en el *Bottom Up process*¹⁵⁰ o de la biología al diseño, se comenzará por estudiar los organismos biológicos para abstraer sus principios funcionales, y así trasladar y aplicar este conocimiento a una solución de diseño para resolver alguna problemática humana. El proceso que se deberá seguir para generar soluciones a partir de éste método comenzará por la identificación y definición de una solución biológica, posteriormente se extraerán los principios y se plantearán las posibles soluciones; identificando las posibilidades del conocimiento biológico se deberá definir el problema a resolver, por último se deberán aplicar los principios a la solución del problema.

Las metodologías aquí expuestas tienen desventajas cuando son abordadas desde el diseño. En cuanto al método que parte del problema de diseño (o en la espiral del Biomimicry Institute desde la *identificación* del problema), este puede ser complejo de utilizar por los diseñadores, ya que el problema debe ser abordado desde el incalculable acervo biológico, por ende implica que el diseñador cuente con las herramientas y lenguaje necesarios para acercarse de mejor forma al conocimiento científico. Este método puede referirse a las bases de datos antes mencionadas para hallar soluciones a partir de las cuales podrá profundizar su investigación. Otro inconveniente se presenta al usar las bases de datos, ya que su eficiencia dependerá directamente del acervo del conocimiento existente y de la accesibilidad que el diseñador tenga a dicho conocimiento. Por otra parte cuando se utiliza el método de la biología al diseño (o partiendo desde el *descubrimiento* en la espiral del Biomimicry Institute) se parte de la abstracción de la biología para traducirla en innovaciones tecnológicas (método más recomendable para los practicantes de diseño). Este método comienza por el acercamiento empírico del diseñador a un organismo biológico o a una parte de éste. Una vez seleccionada la especie se deberá realizar una investigación teórica que sustente, compruebe o deseche las teorías construidas durante la observación. Contando con suficiente sustento teórico y práctico, el diseñador debe ser capaz de abstraer la forma o función del organismo para posteriormente proponer una aplicación desde el diseño. El inconveniente de este acercamiento biomimético, yace en

¹⁵⁰ (Speck, 2008)

la constante generación de productos de diseño que tan solo cumplen de diferente forma soluciones antes dadas.

A la vez el biólogo Janitzio Égido explica en su libro BioDiseño¹⁵¹ dos posibles formas de abordar un problema desde la biomimética: el *diseño de concepto* y *diseño de detalle*. En cuanto al diseño de concepto, éste parte de una entidad biológica y no responde a un problema específico¹⁵². Por medio de este método, el biólogo propone que el diseñador defina y extraiga conceptos en torno a la morfología, funcionamiento, entre otros, de la entidad biológica (con el apoyo de las bases de datos biológicas). Como consecuencia el diseñador deberá generar lo que el autor define como *modelos descriptivos*, los cuales serán de utilidad para abstraer los componentes básicos del funcionamiento de las entidades biológicas. El resultado de esto será poder transferir la información y convertirla en soluciones o conceptos de diseño.

Por otra parte el *diseño de detalle* parte de la necesidad de responder a una problemática en específico, por lo tanto se deberá comenzar por la identificación de las funciones que se busca optimizar. El biólogo hace hincapié en la importancia de definir lo más detalladamente posible el problema, con el fin de tener claridad en los objetivos de la búsqueda biológica. Posteriormente, con el apoyo de las bases de datos biológicas se deberán identificar las entidades que cuenten con estrategias para dar solución al problema a resolver (en el texto se proponen métodos para obtener entidades a partir de analogías de entidades biológicas o por palabras clave funcionales¹⁵³). De las entidades encontradas se deberá seleccionar la o las que mejor se adapten a las necesidades del problema abordado. A partir de este punto se deberá seguir un proceso similar al del método analizado anteriormente, en el cual se debió generar un *modelo descriptivo*, del cual se deberá *abstraer* el funcionamiento para posteriormente *transferir* a propuestas de diseño, las cuales serán contrastadas con las soluciones existentes. Ambos métodos, afirma el autor, tienen la capacidad de enriquecer las bases de datos biomiméticas.

¹⁵¹ (Égido, 2012)

¹⁵² (Égido, 2012)

¹⁵³ (Égido, 2012)

Por su parte Yael Helfman Cohen & Yoram Reich de la Universidad de Israel, escribieron un libro al cual titularon, *Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability*. En este sostienen que la biomimética es un método, aplicable en la etapa de diseño, el cual puede ser utilizado para generar soluciones innovadoras, utilizado cuando los alcances del diseño son determinados. Los autores apuntan hacia un vacío en la falta de herramientas para permitir un uso correcto de los principios de la biomimética en el diseño. Estos investigadores reconocen el potencial de aplicación del diseño sustentable que existe en los principios biomiméticos, lo cual los llevó a buscar un método capaz de guiar las decisiones de proyecto con base en los principios de la vida, así como bases de datos de soluciones biomiméticas existentes. El estudio arrojó como resultado el desarrollo de un Método de diseño estructural biomimético (The Structural Biomimetic Design Method)¹⁵⁴, con base en: patrones funcionales, conocimiento de la base de datos TRIZ sobre sistemas y efectos físicos, y los patrones sustentables de la naturaleza. No obstante, estos autores concluyen afirmando que resulta necesario ir más allá de los principios de la vida, hasta ahora propuestos por Benyus para incrementar el potencial de las propuestas.

Determinan 3 factores como los mecanismos de innovación en el proceso de diseño. El primero de ellos definido como, *más ideas*, la naturaleza no tiene patentes, por ende no tiene límites en cuanto al grado de emulación que tenemos sobre ellas, nuestra única limitante son los alcances tecnológicos. Aunado a esto, la gran y aun inmensurable cantidad de especies que existen en el planeta tierra, convierten a la biomimética en una disciplina sin límites, en cuanto a la cantidad de especies en las cuales buscar inspiración. El segundo factor es, *ideas distantes*, entendidas estas como el uso de analogías. El conocimiento transferido de una disciplina a otra tiene el potencial de generar ideas más innovadoras, que si este se utilizara dentro del mismo campo de estudio. Por medio de la biomimética es posible realizar la analogía de un sistema biológico y transferirla a soluciones tecnológicas de diferente índole. La transferencia de conocimiento de una fuente a un objetivo, incrementa el potencial de innovación de la biomimética.

¹⁵⁴ (Helfman, 2016)

El tercer y último factor es, *ideas diferentes, cambio de paradigmas*. Este factor es descrito por los autores por medio de la plataforma TRIZ, mencionada en párrafos anteriores, por medio de la cual descubrieron que solo existe un 12% de similitud entre las soluciones propuestas por la biología y la tecnología. Como medio para evidenciar esta incompatibilidad, describen algunas diferencias tales como: la tecnología hace uso de energía y materiales para solucionar problemas, mientras que la biología incluye la energía y la información a sus bases de funcionamiento; el ser humano actúa de acuerdo al diseño de un plan, tema analizado también por Ezio Manzini, mientras que la naturaleza desarrolla el material y al organismo simultáneamente. La biología ofrece diseños multifuncionales, brinda soluciones elegantes y económicas, la tecnología se limita a cumplir una función por elemento, lo cual en conjunto lo vuelve aparatoso y costoso. En la naturaleza se hallan formas con protuberancias, asimetría y líneas curvas, mientras que en la tecnología las soluciones más comunes son dadas por líneas rectas y objetos lisos. Aunado a esto, a diferencia de los diseños tecnológicos, los diseños biológicos se descomponen para volver a formar parte del ciclo del ecosistema al cual están orientados. Diseños basados en diferentes tipos de soluciones, como un cambio de paradigma, puede ser la forma más efectiva de innovar.

El biomimetismo como un motor para la sustentabilidad es también analizado en este texto, argumentando que uno de los mayores retos de la actualidad es generar tecnologías sustentables; crece la demanda y aumenta el requerimiento de una mejor calidad de vida, pero se reducen los recursos naturales para proveer este estilo de vida. ¿Por cuánto tiempo más la tierra podrá proveernos de recursos? Helfman y Reich, enfatizan la necesidad de un cambio paradigmático, un cambio que parta de la forma en la que pensamos, diseñamos, manufacturamos, usamos y damos fin a la vida útil de los objetos. La sustentabilidad es considerada la sexta corriente de innovación desde la Revolución Industrial, por ende es una herramienta capaz de generar un cambio paradigmático. Actualmente la forma en que la sustentabilidad procura su correcto desarrollo, es mediante la creación de herramientas como: análisis de ciclo de vida (Life Cycle Assessment), los pasos naturales (The Natural Step tool), y PROSA, herramienta metodológica que provee una guía para la sustentabilidad de los productos. Estas herramientas funcionan como un listado de requerimientos para juzgar la

sustentabilidad de un producto, sin embargo no logran cubrir todas las implicaciones de los objetos. En este sentido, como fue analizado en párrafos anteriores cuando se abordó el tema del potencial de innovación de la biomimética, se puede sostener que, dentro de las primeras etapas del proceso de diseño, la biomimética puede significar un verdadero cambio paradigmático hacia la generación de diseños basados en principios naturales. Permitiendo a los principios sustentables de la naturaleza convertirse en una herramienta para el desarrollo inicial de un diseño. Herramientas capaces de evaluar un diseño biomimético sustentable son sugeridas, estas son *Cradle de Cradle*, estrategia cíclica que permite medir si la propuesta habilita el metabolismo biológico y tecnológico; y *Nature Inspired Design Handbook*, esta herramienta sugiere el uso de los principios de la vida, incluye *Cradle to Cradle* y 6 principios más derivados de sistemas vivientes en prácticas de diseño.

Los autores hacen referencia a los principios de la naturaleza como modelo y medida para juzgar las creaciones artificiales. Enlistan factores tales como: la naturaleza actúa de manera que no genera desperdicios ni daños irreversibles a los ecosistemas, sino que los nutren y los sostienen; por sus formas y estructuras utilizan la menor cantidad de material y energía; los procesos de manufactura cuidan de la vida, por ende no utilizan altas temperaturas, presión o componentes tóxicos; hay un flujo eficiente de materia y energía; la naturaleza recicla.

La imitación de la naturaleza en forma y estructura, no siempre traerá consigo una solución sustentable, y el proceso de procurar que así lo sea, puede llegar a dañar más al ambiente que una solución aceptada como sustentable en el contexto antropogénico. En estudios anteriores se comprobó que decisiones biomiméticas se hallaron dentro del marco de la sustentabilidad, sin embargo esta característica puede no ser intrínseca a este razonamiento. Los autores recomiendan ahora más estudios sobre la relación entre biomimética y sustentabilidad. Un cambio paradigmático que ofrece el acercamiento a la naturaleza es el de aprender y respetar y no solo consumir. Mientras que el uso de la biomimética puede ser medido por ciertas herramientas, el del funcionamiento del objeto dentro de un ecosistema artificial debe ser juzgado por distintas herramientas.

Los principios de la vida, establecidos por el *Biomimcry Insitute*, son abordados por los autores como patrones de unidades analógicas para transferir el conocimiento de la biología hacia otras disciplinas, sin embargo aseguran que la generalidad de estos principios resulta impráctica de aplicar. Aunado a esto, se desconoce el provenir y la veracidad de estos principios, lo cual los hace subjetivos a interpretaciones. Por ello sugieren la búsqueda de nuevos principios naturales con la capacidad de guiar hacia la sustentabilidad, formulados de forma que puedan ser aplicados por el diseño.

La abstracción es la herramienta mediante la cual logramos transferir conocimiento de la naturaleza y lo aplicamos a otras disciplinas distantes de esta. Los autores aquí sugieren el uso de BIDlab como instrucciones guía para la correcta abstracción. En este se presentan las siguientes preguntas como líneas guía: ¿Cuál es la función deseada asociada con el problema? ¿Cuál es la función biológica correspondiente? ¿Sobre qué objeto de la biología actúa esta función deseada? ¿Qué función precede la función deseada? Identificación del sujeto y el objeto biológico de la función precedente. Posterior a la abstracción se debe transferir el conocimiento a la tecnología, utilizando el método de la comparación para juzgar la correcta transferencia de conocimiento.

Los investigadores de la Universidad de Israel sugieren vacíos, primordialmente evidenciados en la falta de herramientas para permitir a los diseñadores seguir adecuadamente las etapas de diseño correspondientes a la biomimética. Ellos apuntan una falta de entendimiento entre la relación de estructura y función, el diseño de sistemas, los efectos físicos y el conocimiento aun no explotado de las bases de datos que proveen soluciones biológicas. Aún en referencia a la información científica Petra Gruber recomienda una necesaria mejora en la accesibilidad al conocimiento de las ciencias. Con el objetivo de fomentar el trabajo interdisciplinario y una mejor transferencia de conocimiento entre los distintos campos de investigación.¹⁵⁵

Es evidente la necesidad de permitir la forma de conocimiento tácito, comúnmente instruida al diseñador, ahora con un enfoque a las ciencias. El conocimiento que las ciencias generan, hasta ahora no puede ser considerado de

¹⁵⁵ (Gruber, 2008)

dominio común. Es necesario generar un cambio en la forma de investigar, abordar y presentar el conocimiento científico. Mejorar no solo la accesibilidad al conocimiento, sino la forma en la que este conocimiento es generado para potencializar su aplicación práctica más allá de la mera generación de información. ¿Qué hacemos ahora con toda la información que tenemos? La investigación del diseño dentro de los campos de la ciencia podrá permitir la superposición de conocimiento, para su traducción en respuestas para las adversidades del ser humano frente a su medio.

El diseñador tiende a pensar en soluciones concretas antes que estudiar el problema a profundidad. Existe una tendencia en la actual forma de enseñar diseño que busca guiar al diseñador a pensar en problemas y necesidades a resolver, y dar respuesta a ellas sin preconcebir una solución hasta tener todos los factores y ángulos del problema a abordar. Resulta aún difícil cambiar la vieja estructura de pensamiento y se requerirán varias generaciones de entrenamiento bajo este mismo modelo, antes de poder ver una respuesta generalizada. Mientras tanto, la ciencia genera conocimiento; este no siempre encuentra fines prácticos, y en la mayoría de los casos permanece dentro de un gran acervo de información científica desvalorizada por el diseño, ya que no se fomenta su aplicación. La información científica nos sirve para comprender fenómenos físicos, químicos, respuestas de comportamiento de diversas especies, entre otras. Información que enriquece nuestro conocimiento y mediante el diseño podría participar en la vida práctica de la sociedad.

3.3 Análisis de casos de estudio.

Las aplicaciones en la construcción han sido propuestas aisladas de gran variedad. En cuanto a regulación térmica en el 2015 durante el VII International Congress on Architectural Envelopes en España, se publicó el artículo titulado: *Biomimicry in climate adaptive building skins: relevance of applying principles and strategies*¹⁵⁶. En este se exponen los principios y estrategias a tomar en cuenta en la construcción de la “piel” de los edificios. El objetivo del estudio es demostrar la relevancia de la aplicación de principios y estrategias biomiméticas para alcanzar un

¹⁵⁶ (Fernandez, 2015)

mayor confort al interior de las obras arquitectónicas. Se evidencia la ausencia de aplicación de estos avances por haber una falta de herramientas de exploración, simulación, prototipo, y metodologías que permitan explorar todo el potencial de las soluciones naturales.

Los investigadores exponen los requerimientos y estrategias adaptativas que la piel de las construcciones deberá cumplir. Estas son¹⁵⁷: calor por conducción, convección, radiación y almacenaje; ópticas, transparencias y cambio de color; flujo de aire, dirección y velocidad del viento, ventilación, intercambio de aire y variaciones en la humedad relativa; agua, referente a la captación, salida y almacenaje de este recurso; por último la generación de electricidad. Aseguran que dentro de la naturaleza es posible encontrar estrategias que respondan a cada uno de estos requerimientos¹⁵⁸: en cuanto al calor el uso del control termal y homeostasis para mantener las condiciones térmicas dentro de los límites tolerados; los requerimientos ópticos estudiados por medio de las estrategias de iluminación, desde la regulación de la intensidad de la luz hasta evitar completamente la exposición; la ventilación como el intercambio de aire, manipulada por la difusión en mayor o menor área; el manejo del agua puede utilizar estrategias tales como la captación por condensación, transporte por el uso de la gravedad, liberación y conservación por el aumento o reducción de la evaporación y filtración o purificación del agua; por último la generación y administración de la energía, para la cual se utiliza la estrategia natural de la fotosíntesis.

Dicha estrategia tiene como objetivo regular la temperatura interior, resultado de la variación de condiciones del ambiente exterior, por medio de la autorregulación de las “pieles” protectoras de las construcciones. En esta investigación los autores tan solo se limitan a ejemplificar la manera en la que cada uno de estos principios y estrategias pueden funcionar cuando se diseña la piel de un edificio. Estrategias que cabe recalcar, deberán ser tomadas en cuenta desde la planeación del diseño, debiendo abarcar el estudio de los organismos, procesos y ecosistemas. Asegurando que el estudio de estos tres niveles generará una gran cantidad de opciones, sin embargo esto es lo que generará el potencial de obtener mejores resultados. El objetivo

¹⁵⁷ (Fernandez, 2015)

¹⁵⁸ (Fernandez, 2015)

es lograr obtener resultados que optimicen la temperatura y condiciones interiores, así como de producir resultados regenerativos.

Debido a la relevancia que en el presente trabajo de investigación se da a la consideración de los principios de la vida, a continuación se enlistan aquellos que estos autores exponen como las características comunes entre las distintas especies biológicas:

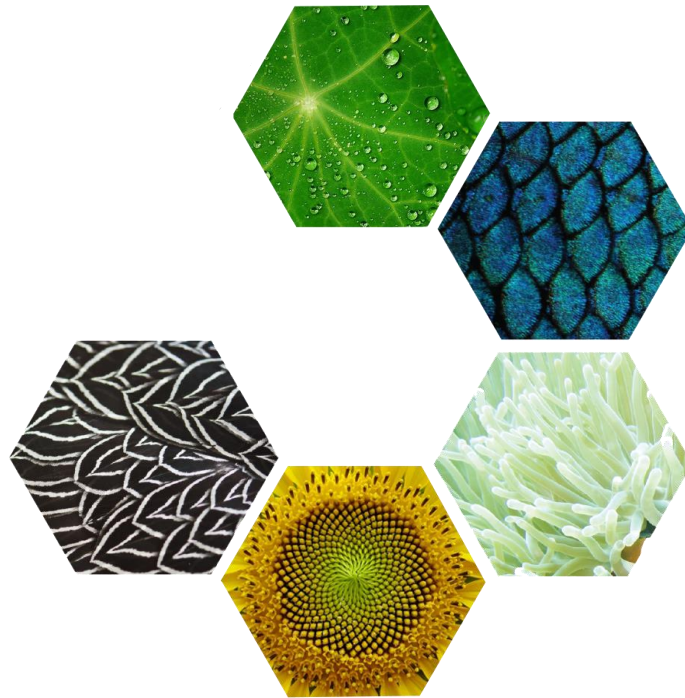
- Apertura
- Intercambio con el ambiente
- Administración de recursos
- Optimización
- Orden
- Estructura
- Crecimiento
- Adaptabilidad

En cuanto a posibles casos de estudio a analizar, se encuentran los proyectos de agentes activos dentro del medio la construcción como Michael Pawlyn, arquitecto líder en proyectos de arquitectura y biomimética, fundador de Exploration Architecture Studio. Algunos de los proyectos de investigación actuales de Exploration Studio son, Abalone House y Bioblock¹⁵⁹: Abalone House explora la estructura de las conchas para su aplicación en arquitectura doméstica, las cuales por medio de una microestructura de discos de calcio carbonatado producen un material con grandes propiedades de dureza; el objetivo de la investigación es explorar las posibilidades de esta forma de construcción. Por otro lado, Bioblock explora la forma en la que se pueden crear materiales para la construcción a través del carbón en la atmósfera, el objetivo es encontrar una solución para transformar el exceso de nutrientes en cuerpos de agua dulce en una solución para la construcción.

¹⁵⁹ (Exploration, 2017)

3.4 Conclusiones del capítulo

El paradigma dominante que ha caracterizado a nuestra especie sobre el resto de la naturaleza debe ser problematizado. Dentro de este capítulo se confrontan y entrelazan, desde el sustento teórico de diversos autores, las ideas de la sustentabilidad y la biomimética con el fin de encontrar tanto las premisas comunes que sostienen, como las inconsistencias teórico-metodológicas entre ambas. Argumentando que estos dos conceptos pueden funcionar como complementos, no siendo posible prescindir de los ideales de una para alcanzar los objetivos de la otra (en ocasiones comunes para ambas). Se declara que la sustentabilidad es una consecuencia de la correcta aplicación de la biomimética, sin embargo de no incorporar los principios biomiméticos durante todas las etapas de concepción de un diseño esta característica se puede perder, dando como resultado una biomimética formal que vaya en contra de las premisas de un diseño sustentable. A pesar de ser considerada, por algunos autores, la biomimética como una vía hacia la sustentabilidad, existen inconsistencias entre las diferentes propuestas las cuales impiden pensar en una como la consecuencia de la otra. En el desarrollo del capítulo se reconoce la necesidad de la participación activa de los usuarios como agentes activos capaces de adaptación bajo los estímulos del espacio construido. El uso de la tecnología como herramienta de apoyo en el conocimiento de los procesos naturales y desarrollo de nuevas soluciones, nos permite tener acceso al estudio de respuestas evolutivamente exitosas en la naturaleza para solucionar problemáticas abordadas por el desarrollo sustentable. Se analizan conceptos en torno a los cuales se puede asentar la relación epistemológica entre la biomimética y la sustentabilidad tales como, los límites y el diseño ideal. Finalmente se analizan tanto los métodos como las metodologías capaces de orientar el diseño biomimético, afirmando que las modestas propuestas desde el diseño no han permitido, hasta el momento, generar un impacto a gran escala. La falta de un puente entre el conocimiento biológico y las propuestas desde el diseño deberán ser superadas por métodos que permitan el uso del conocimiento científico para ofrecer mejores propuestas sustentables. _



**Capítulo IV. Desarrollo del Modelo
Biomimético para solucionar problemas
de diseño. El caso del confort térmico en
las megalópolis**

4.1 Megalópolis, Ciudad de México

La sustentabilidad es materia de estudio del diseño, porque para dar mejores respuestas es necesaria la creatividad.

Comenzar a formular la propuesta de un modelo biomimético para dar solución a las causas antropogénicas que han generado reacciones negativas en el medio ambiente, requiere primero definir el contexto desde el cual se plantea el siguiente modelo. Se han establecido en capítulos anteriores las indudables diferencias físicas y sistemáticas que existen entre los ecosistemas intrínsecos de la tierra y los contruidos por el ser humano; siendo ahora necesario exponer que existen diferentes megalópolis alrededor del mundo, todas ellas con características específicas, por lo tanto es necesario limitar el enfoque del presente trabajo a la Ciudad de México, con el fin de poder proponer respuestas congruentes a un contexto. De acuerdo a ello necesario plantear las nociones que los habitantes de la megalópolis de México poseen sobre la ciudad y los ecosistemas naturales.

En este contexto el imaginario y la relación que el habitante de la megalópolis tiene sobre la ciudad y naturaleza resultan fundamentales para introducir de forma correcta conceptos que podrán ser aplicados y nutridos por la sociedad. Resulta necesario apelar al concepto de sustentabilidad, no ecología (como fue planteado en capítulos anteriores) sino como un sistema capaz de sobrevivir por sí mismo, capaz de reproducirse y adaptarse a la cultura en la que se insiere. Siendo el propósito de la propuesta aquí presentada modificar la noción del desarrollo sustentable, a un desarrollo con un rumbo definido,¹⁶⁰ hacia nuevas prácticas de diseño que nutran y fomenten la salud de la totalidad del sistema. Lo anterior es introducido como un concepto sobre el cual se construirá una teoría congruente a una propuesta que busca trascender las propuestas formales analizadas en capítulos anteriores.

Los habitantes de las grandes megalópolis tienden a estar más alejados de los ecosistemas naturales que los habitantes de las periferias. Es por ello que, continuando en esta línea de pensamiento podríamos hablar entonces del desarrollo industrial como

¹⁶⁰ (Adams, 2009)

una barrera que ha alejado al ser humano de la lógica que lo convertía en generador de soluciones a partir de la observación de la naturaleza. Existen ciudades alrededor del mundo cuyo entendimiento y relación se encuentran más cercanos a las leyes de la naturaleza, esto puede deberse a la cercanía que estas aún conservan con los paisajes naturales circundantes; sin embargo esto no necesariamente las convierte en ciudades sustentables. El contacto directo con la naturaleza puede llegar a cambiar los patrones de conducta de los habitantes, un fenómeno de *enculturación*¹⁶¹, similar al generado por los objetos. Al referirnos a una ciudad desarrollada que busca responder al bienestar de sus habitantes cumpliendo ciertos estándares globales, la conexión con la naturaleza se convierte en retórica y los paisajes naturales se convierten en el pasatiempo de los habitantes. Existen evidentes diferencias entre los habitantes de ciudades que conservan una mayor cercanía con la naturaleza y los que no, siendo una de estas las respuestas instintivas que cada uno de estos tiene frente a los estímulos de la naturaleza; es decir, las respuestas intuitivas de un habitante de una megalópolis cuya relación con la naturaleza se mantiene inscrita en el desarrollo de su cotidianidad, tendrán automáticamente mayor congruencia en cuanto a la responsabilidad ambiental que las acciones realizadas por un individuo que carezca de este estímulo. Esto se puede explicar de mejor forma apelando a la falta de comprensión de un concepto que no sea visiblemente evidente para nosotros, que en consecuencia producirá una desconexión y falta de apropiación. Volviendo al caso específico de la Ciudad de México, podemos reconocer una actual desconexión del habitante con la naturaleza. Estudiando el desarrollo de la ciudad desde su establecimiento, se hace evidente la destrucción de los paisajes verdes a lo largo de su historia, los cuales han sido reemplazados con paisajes de concreto que han significado el cambio radical de las condiciones climatológicas, de flora y de fauna nativas. Aunado a esto, los habitantes de la Ciudad de México ya tienen una identidad, hábitos y costumbres establecidos con los cuales se identifican.

¹⁶¹ (Wilhite, 2012) Enculturación o inculturación: proceso de integración de un individuo o grupo en la cultura y en la sociedad con las que entra en contacto. (Real Academia Española, 2018)

Revertir el proceso, apelando a la propuesta de método McHarg¹⁶² (1969) con los principios ecológicos, los cuales dictaban la mejor distribución de una ciudad en una superficie de la tierra de acuerdo a las condiciones naturales del terreno, resulta incongruente en el escenario actual. Procurar revertir el desarrollo de una megalópolis por una distribución ideal y congruente con el ecosistema natural resultaría, una vez más en la creación de una propuesta incapaz de abarcar la interdisciplinariedad que el desarrollo sustentable requiere. Una utopía capaz de ayudarnos a vislumbrar posibles escenarios para mejorar las condiciones actuales de las megalópolis, pero incapaz de solucionar los problemas de la actualidad. Por lo tanto, una propuesta infructífera por no tomar en cuenta las implicaciones económicas, sociales, políticas y sistemáticas del contexto en el que se busca inserir. Propuestas como la de McHarg resultan dignas de atención y de un estudio profundo, si se quiere desarrollar una nueva ciudad en un paisaje virgen. Pero como se ha discutido en capítulos anteriores, somos habitantes de un planeta desarrollado y superpoblado, en el cual no debemos buscar construir sino corregir lo ya existente.

El diseño paramétrico,¹⁶³ concepto que ha adquirido fama a nivel mundial gracias a obras de arquitectos tales como Antonio Gaudi y Zaha Hadid, entre otros, es una propuesta que ha resultado en diseños orgánicos en las megalópolis que podrían ser relacionadas con los principios biomiméticos. Lo que este estilo propone es, hacer uso de la computadora como herramienta de diseño, la cual haciendo uso de softwares calcula y propone, matemáticamente, el diseño estructural de las obras arquitectónicas. El resultado, como en los principios biomiméticos, es una estructura económica en el uso de recursos y de espacio, interconectada, con una estructura firme la cual permite el flujo, mientras que posibilita el desarrollo de, lo que metafóricamente sería un organismo.¹⁶⁴ Oropallo expone en el artículo *Human, All Too Human: On Nature*

¹⁶² (Korostoff, 2017)

¹⁶³ (Oropallo, Back to the Sustainable Future, s/a) Diseño paramétrico: *En el enfoque paramétrico el diseñador comienza por establecer las relaciones entre las partes, construye su diseño a partir de estas relaciones y modifica estas relaciones a partir de la evaluación y selección de los resultados obtenidos. (...)Lo paramétrico está relacionado con conceptos como el crecimiento y las estructuras evolutivas (de hecho se puede hablar de diseño evolutivo). La utilización de parámetros y la automatización de algunas tareas abren infinitas posibilidades de diseño; en una visión de la arquitectura en que las tecnologías puedan ejecutar, de manera eficaz, tareas que antes eran propias del arquitecto-diseñador.* (Navarrete, 2014)

¹⁶⁴ (Oropallo, Back to the Sustainable Future, s/a)

Fetishism in Contemporary Architecture,¹⁶⁵ que la propuesta de diseñar de acuerdo a los estándares de la naturaleza puede resultar estéticamente atractiva, sin embargo hace evidentes las implicaciones psicológicas de generar espacios orgánicos, argumentando que resulta inevitable sentirse como un virus dentro de otro sistema vivo, o como parte de otro organismo, lo cual lo obliga a renunciar a parte de su individualidad en el espacio¹⁶⁶. Buscar generar un diseño congruente con la naturaleza no debería implicar crear un organismo vivo para habitar. El diseño paramétrico, ejemplificado por obras como el Centro internacional de arte y cultura en Changsha China de la arquitecta Zaha Hadid¹⁶⁷, puede ser considerado un acierto en cuanto a principios biomiméticos aplicados en las obras arquitectónicas, sin embargo no ha logrado englobar las dimensiones psicológicas y culturales que podrían potencializar su aplicación como un estándar de construcción para los hogares de los seres humanos. Aunado a esto, las implicaciones sustentables que éste toma en cuenta se limitan al uso eficiente de recursos y espacio, lo cual lo aleja de poder ser considerado como una propuesta congruente con el entorno. No obstante, es evidente la firme intención de generar construcciones en las megalópolis basadas en la lógica de la naturaleza; cuyas estructuras y funciones sean congruentes con la forma en la que la naturaleza actuaría.

Planteado lo anterior se establece que la siguiente propuesta no pretende reconectar al habitante de la megalópolis con la naturaleza, ni modificar la cultura en busca de una relación más respetuosa entre el ciudadano y el paisaje nativo. Aunque se afirma que indudablemente deberá haber un cambio social en cuanto a las nociones de desarrollo y bienestar, las cuales deberán ser modificadas dentro de las diferentes culturas para asegurar la sustentabilidad de cualquier propuesta que procure el bienestar del medio ambiente natural. Lo que el modelo biomimético como guía de diseño para dar solución a problemas relacionados con el confort térmico en las megalópolis busca, es generar una propuesta capaz de orientar el pensamiento del

¹⁶⁵ (Oropallo, Back to the Sustainable Future, s/a)

¹⁶⁶ (Oropallo, Back to the Sustainable Future, s/a)

¹⁶⁷ (Zaha Hadid, 2018)

diseñador para generar soluciones aptas para *enculturar*¹⁶⁸ en los individuos el respeto a la naturaleza y el mejor manejo de sus recursos. Siendo uno de estos el consumo energético, directamente relacionado con las medidas adoptadas en las casas habitación para mejorar las condiciones de confort térmico. Abordar desde una perspectiva tecnológica el problema general que este estudio afronta, el calentamiento global, podría desembocar en un reduccionismo tecnológico¹⁶⁹ dando pie a una *ilusión de eficiencia*¹⁷⁰, concepto que sostiene que en los avances tecnológicos se alberga la respuesta a los problemas de insostenibilidad a los que nos enfrentamos. Estas propuestas producen un efecto de rebote¹⁷¹, el cual explica el mal uso que se puede dar a una solución, tecnológica y sustentablemente positiva con el medio ambiente, resultando en un impacto igual o mayor al que una tecnología anterior producía. Por lo tanto el presente modelo plantea utilizar la tecnología como un medio para modificar las soluciones, el uso y el consumo de recursos de tal forma que el usuario sea capaz de reducir o evitar el impacto negativo que las medidas para generar confort térmico producen en el medio ambiente. Reconociendo que resulta imposible deslindar la concepción del diseño sustentable de su fabricación, implementación y uso.

Con el fin de definir el área de acción, es fundamental realizar un análisis de los factores que integran el ecosistema urbano, sin embargo algunos de estos son también materia de análisis de las ciencias humanas y sociales. El presente trabajo se limitará a mencionar, sin profundizar, en los factores que influyen la toma de decisiones e implementación de soluciones en el contexto de una megalópolis, que se encuentren fuera del campo de estudio del diseño y la arquitectura. Los factores antes referidos son: ambientales, sociales, políticos, económicos y culturales. En las propuestas del desarrollo sustentable por parte de las ciencias humanas y sociales, existe la aceptación de una necesaria intervención tecnológica, sin embargo, se apela a la necesidad de partir de un cambio social y cultural que permita la modificación de conceptos tales como, la satisfacción, el confort y la calidad de vida, para poder generar un cambio con consecuencias sustentables. Se recalca la necesidad de estudiar los

¹⁶⁸ (Wilhite, 2012)

¹⁶⁹ (Wilhite, 2012)

¹⁷⁰ (Wilhite, 2012)

¹⁷¹ (Wilhite, 2012)

factores que no se han analizado en esta investigación, reconociendo que sin un estudio que integre todos estos, se reduce la viabilidad de aplicación de cualquier propuesta fuera del marco del estudio multidisciplinario.

Los factores a estudiar dentro de un ecosistema sin intervención humana son: los organismos vivos, el espacio físico que ocupan y sus interrelaciones; mientras que en los ecosistemas con intervención humana se integran factores como la cultura, economía, política, entre otras. Lo anterior complejiza las propuestas biomiméticas sustentables a aplicar en el contexto urbano, reconociendo que distintos factores a los de un ecosistema sin intervención humana, pueden modificar el sistema. No obstante, de manera general, podemos aun declarar que el ecosistema urbano está conformado por los mismos factores que el natural¹⁷², siendo solo los factores propios de la interacción humana los que separan radicalmente estos ambientes. Por lo tanto se expone que el término ecosistema será utilizado a partir de este momento y en los subsecuentes párrafos independientemente de si tiene o no intervención humana; ya que solo es importante resaltar, para los fines de esta investigación, que el ecosistema está conformado por los organismos vivientes que cohabitan en él, el espacio físico que ocupan y las relaciones interdependientes existentes entre ellos (relaciones que en el caso de las zonas urbanas, son atravesadas por los factores sociales, políticos, económicos y culturales).

Los factores mencionados en el párrafo anterior son utilizados como elementos para definir el grado de desarrollo de un país. Esta investigación se centra en las megalópolis, concepto que excluye a las ciudades menos desarrolladas; sin embargo, y como premisa a tomar en cuenta, debemos considerar que el concepto aquí utilizado marca la existencia de una etapa pasajera en el desarrollo de una ciudad, es decir otras ciudades alrededor del mundo, en vías de desarrollo, podrían llegar a entrar dentro de la definición de una megalópolis, considerando el acelerado paso de la globalización. Muchas de estas ciudades aun no cuentan con los servicios básicos, de los cuales otras ciudades ya gozan. Buscar generar una respuesta biomimética a aplicar en el contexto de una megalópolis, podría ayudar a generar respuestas no solo que mejoren

¹⁷² Se utiliza en este contexto el término *natural* como una diferenciación lingüística para poder definir los contrastes entre los paisajes que han sido intervenidos por el ser humano y los que no.

la calidad ambiental de las ciudades emergentes, sino que ayuden a poner a su alcance servicios con el potencial de mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. No se busca declarar la supremacía de las posibles propuestas emergentes de un modelo de pensamiento biomimético; sin embargo, resulta necesario reconocer que, de seguir patrones simbióticos, con límites en el uso de recursos y espacio necesarios, autonomía y uso de energías renovables, entre otras, tiene el potencial de acercarse de manera viablemente económica, respuestas a las problemáticas de confort encontradas en las viviendas de las ciudades en vías de desarrollo. Es decir, modificar los patrones de ciudades en desarrollo, que en ocasiones resultan más sustentables, antes de que el desarrollo insostenible, por el que las ciudades más desarrolladas han pasado, las alcance. No permitir el acceso a tecnologías invasivas, sino modificarlas y permitirles entrar como nuevas respuestas sustentables y congruentes con los factores del ecosistema.

En el modelo actual podemos aún permitir ver a la naturaleza como un recurso y como un depósito de desechos. Se confronta el concepto con acepciones negativas de “la naturaleza como un depósito de desechos”, al consentir entrar dentro de un intercambio simbiótico en el cual los desechos se convierten en nutrientes capaces de ser absorbidos por el ecosistema, es decir desechos y emisiones que se reintegran dentro de un ciclo virtuoso. Para ejemplificar se podría pensar en la ciudad como un bosque¹⁷³, en el bosque los árboles son los receptores de CO₂ capaces de limpiar el ambiente eliminando emisiones negativas y generando oxígeno para favorecer a las especies de ese ecosistema. En el caso de las ciudades, debemos generar propuestas capaces de afectar positivamente al ecosistema de la misma forma que un árbol lo haría en el bosque, absorbiendo desechos y generando beneficios para el resto del sistema. Resulta necesario confrontar nuestras preconcepciones para dar pie a la generación de nuevas propuestas con el potencial de generar un impacto positivo.

Otra forma de explicar esto, a partir del pensamiento biomimético es ejemplificándolo con una propuesta de pensamiento inverso. En esta se analiza que una solución humana no tiene por qué actuar de la misma forma que actuaría la

¹⁷³ (Scott, 1998)

naturaleza, en ocasiones acciones inversas para obtener respuestas positivas puede llegar a producir soluciones aplicables a las necesidades humanas. Para ejemplificar esto, se hace mención al Tyer Wind Converter¹⁷⁴, cuya innovación se encuentra en el estudio del gasto energético que tiene un colibrí. Utilizando una analogía inversa, se produjo un generador de energía eólica con base en el movimiento de las alas del colibrí, sin embargo, en esta solución no se produce gasto energético, sino que se produce energía a partir de la motricidad generada por el viento. Respuestas como esta están basadas en la biomimética, sin embargo implicaciones como, los materiales y las consecuencias en el comportamiento de la fauna local por la presencia física de este objeto, no han sido tomadas en cuenta. Esto la excluye como una respuesta viable dentro del presente modelo, ya que no ha tomado en cuenta la generalidad del sistema, sino solo el estudio de un organismo capaz de dar respuesta a una necesidad específica; siendo el objetivo del modelo biomimético hacer propuestas integrales que se insieran de forma armónica en el ecosistema existente. A pesar de no tratarse de una solución sustentable, se hace mención de este ejemplo por tratarse de una tecnología cuya innovación yace en la inspiración de la motricidad de las alas de un colibrí, una forma diferente de abordar una problemática humana desde estrategias encontradas en la naturaleza.

4.2 Modelo teórico para toma de decisiones de diseño

You never change things by fighting the existing reality. To change something, build a new model that makes the existing model obsolete. (Buckminster, R)

Modelo construido con base en la teoría de sistemas, cuyo objetivo final será ofrecer orientación epistemológica a las aplicaciones prácticas. La teoría de sistemas es abordada en esta sección en respuesta a las necesidades y características de la construcción del modelo biomimético sustentable, analizadas en secciones anteriores.

¹⁷⁴ (Vynd Solutions, 2017)

Esta ha sido elegida ya que plantea una *visión orientada al todo*,¹⁷⁵ es decir un análisis integral que estudia los elementos, sus interacciones y efectos dentro de los sistemas. Un *enfoque dinámico, multidimensional y multidisciplinario que estudia las propiedades comunes en distintas entidades*,¹⁷⁶ en *búsqueda de leyes generales que facilitan la comprensión dinámica de cualquier sistema*¹⁷⁷.

A continuación se explica la construcción del modelo a partir de la presentación de los *factores* y *categorías* a tomar en cuenta, posteriormente se introducirá y explicará el modelo.

Factores

- Humanos
- No humanos
- Mixtos

Categorías

- Adaptación
- Límites
- Autopoiésis
- Contexto cultural y social
- Contexto Físico
- Cooperación
- Interrelación
- Interdisciplinaridad
- Ideal
- Sabiduría
- Conocimiento

La propuesta de modelo teórico presentado en esta sección, expone tanto los factores a tomar en cuenta, como la relación existente entre los conceptos de la

¹⁷⁵ (Arabany, 2002)

¹⁷⁶ (Ferraro, 2015)

¹⁷⁷ (Ferraro, 2015)

sustentabilidad y el estudio de la biología. Los cuales tienen como punto de encuentro la biomimética, es decir el estudio de la biología, los principios de la vida y la tecnología como los elementos necesarios para relacionar estos dos conceptos. Cabe mencionar que en esta investigación la tecnología no es vista como un fin, sino como un medio para alcanzar objetivos específicos. Como se mencionó en capítulos anteriores, una herramienta que posibilita el conocimiento profundo de las especies biológicas, así como el incremento de los alcances de las posibles soluciones. Los elementos para alcanzar el confort térmico están incluidos como la dirección hacia la aplicación práctica que el conjunto de las categorías deberá tener. La unidad de análisis bajo el nombre de *factores humanos*, hace referencia a la relevancia de considerar los factores socioculturales para asegurar la correcta inserción y aceptación de las decisiones biomiméticas. El objetivo es ofrecer una guía para la toma de decisiones, que oriente al diseñador a generar propuestas congruentes entre el medio ambiente y el ser humano; que le permita responder de mejor manera a las necesidades térmicas en el interior de las construcciones que brindan resguardo y protección a nuestra especie, las cuales deberán necesariamente tener un intercambio positivo con el ecosistema en el que están insertos.

La biomimética abordada por la bióloga Benyus, considera a esta disciplina como una estrategia capaz de generar soluciones respetuosas con el entorno. La autora propone copiar los diseños y procesos de manufactura de la naturaleza para resolver nuestros problemas.¹⁷⁸ Afirmaciones como la anterior dejan de lado distintas premisas relacionadas con la sociedad y cultura, las cuales deben ser consideradas. Según las declaraciones de la autora, copiar a la naturaleza, aunado a tomar como guía los principios de la vida propuestos por su instituto, deberán dar como resultado soluciones armónicas con el medio ambiente. No obstante, involucrar la manufactura de la especie humana en la imitación de las formas y procesos de otras especies implica inversiones físicas, químicas y energéticas que podrían perjudicar al ambiente, más que nuestros métodos tradicionales. Resulta indudable la importancia de los principios de la vida propuestos por el Biomimicry Institute 3.8, sin embargo, para lograr soluciones desde la especie humana que imiten la sustentabilidad de la naturaleza, es necesario ir más allá

¹⁷⁸ (Benyus J. , 2009)

de la mera imitación y orientación de los principios de la vida; así como, definir el resto de los factores que se deberán tomar en cuenta, los cuales no solo están inscritos en los ecosistemas y organismos biológicos, sino en las interacciones humano sociales del contexto que hemos construido. De tal forma, se afirma que no solo es la biomimética la que nutre a la sustentabilidad, sino que ambas forman parte de una relación simbiótica; sustentabilidad a través de la biomimética y biomimética a través de los criterios de la sustentabilidad.

Proponer un modelo teórico de aproximación sustentable con inspiración biomimética dista de una propuesta metodológica, pues en este se plantea un enfoque capaz de englobar la mayor cantidad de eventualidades a presentarse cuando se aborda un problema de diseño; es decir, está conformado por criterios a considerar. Aunque en esta propuesta el enfoque sea exclusivamente dirigido a alcanzar el confort térmico dentro del hogar, se trata de una propuesta integral que prevé factores y elementos que pueden ser trasladados a distintos enfoques del diseño de soluciones sustentables. Construir un método podría reducir las posibilidades y limitar los alcances de las soluciones, el requerimiento actual deberá ser nutrir el modelo con la construcción de metodologías específicas por disciplina, capaces de orientar el estudio y fomentar la integración del conocimiento. Por otro lado, se busca construir un modelo con el objetivo de construir una guía que fomente el incremento del espectro de soluciones para dar pie a la generación de propuestas con un mayor valor sustentable, así como con mayores posibilidades de implementación por acogimiento social.

Al lidiar con la falta de sustentabilidad en nuestra forma de pensar y actuar, debemos referirnos a las posibles soluciones desde distintas disciplinas, siendo todas capaces de ofrecer propuestas viables desde sus áreas de experiencia. En cuanto al diseño debemos ahora preguntarnos, ¿Por qué es la sustentabilidad un problema que se deba abordar desde el diseño? La respuesta a esto yace tanto en la generación de mundo material, del cual el diseño es responsable por ser la disciplina que describe la creación objetual del ser humano; así como al ser la generadora de patrones de pensamiento que llevan a la concepción de nuevas ideas. Es decir, dentro del diseño existe la capacidad de plantear un problema y de concebir la solución. Podríamos

entonces referirnos a las decisiones de diseño que traen como consecuencia la materialidad de una especie u organismo, así como de las condiciones que propician resultados concretos y respuestas por parte de las especies y el ambiente. El diseño como resultado de los criterios de la vida, deberá entonces ser el punto de partida para las decisiones de diseño del mundo que el ser humano engendra para asegurar su propia sobrevivencia y bienestar. En el diseño existen tanto la responsabilidad de dejar de generar desperdicios que afecten de manera permanente a los ecosistemas como la posibilidad de reorientar los principios de generación material. Siendo la primera lección de estos principios que, es nuestra especie la que deberá evolucionar para adaptarse al medio circundante, y no el ambiente el que se deberá modificar para alcanzar la satisfacción de la especie. Podemos asegurar que, según las características físicas de las distintas razas de la especie humana, nuestra especie se encuentra parcialmente adaptada al medio en el que habita; aun requiriendo hacer uso de soluciones ajenas a las generadas por el medio ambiente para alcanzar su propio confort.

Buscar abordar un problema desde la biomimética puede orientarnos hacia lo que en capítulos anteriores se menciona cuando se hace referencia al autor Ezio Manzini, el romanticismo o idealización de la naturaleza. En la naturaleza podemos encontrar variaciones no exitosas que han resultado en la extinción de algunas especies. De las especies extintas podemos también aprender estrategias para una mejor sobrevivencia. Cabe mencionar que la extinción, demostrada en los fósiles,¹⁷⁹ pudo haber sido provocada por acciones del ser humano, sin embargo este no ha sido siempre el caso. Hacer mención de esto tiene el objetivo de demostrar que la naturaleza no es estática y por lo tanto puede llegar a comprometer la sobrevivencia de las especies frente a diversos cambios de condiciones, algunas de estas podrían ser optimizados por el raciocino del ser humano.

Estudiando la evolución de la disciplina de la biomimética resulta indudable aceptar el gran potencial y aportaciones ya reflejadas en la innovación tecnológica que la biomimética como inspiración de forma y función tiene y pueden llegar a tener.

¹⁷⁹ (Benyus J. , 2009)

Podemos ahora asegurar que utilizar soluciones biomiméticas como referente, conlleva una innovación, pues se da relevancia al conocimiento biológico que, aunque ha sido estudiado durante años, no se había podido concretar en soluciones aplicables a las problemáticas a las que nos enfrentamos los seres humanos. El salto a la aplicación de este conocimiento ha sido indudablemente asentado sobre una sólida y consolidada estructura tecnológica. Tecnología como la aplicada desde hace algunos años para optimizar la aerodinámica de medios de transporte con base en el conocimiento biológico, ha continuado siendo un referente de diseño durante muchos años. No obstante, los avances tecnológicos de la actualidad permiten superar u optimizar estas estrategias, mientras que potencializan la aplicación de nuevo conocimiento. Existe la necesidad de aplicaciones prácticas, para ello herramientas, métodos y metodologías están siendo desarrollados desde distintas disciplinas. No obstante, para dar pie a dichas aplicaciones primero se requiere sentar el conocimiento teórico necesario para llevar la revolución biomimética más allá de ser una propuesta sustentable más. El objetivo es, no perder la oportunidad de aplicar el conocimiento existente en la naturaleza, no reducirlo a la simple copia de organismos y estrategias biológicas.

Habiendo definido en el transcurso del desarrollo de este proyecto de investigación el potencial de conocimiento existente en el gran acervo biológico para la innovación tecnológica, resulta necesario describir, lo que también fue tema de estudio de esta tesis, el potencial del desarrollo sustentable que se encuentra dentro de este acervo biológico. Es necesario mencionar que al hacer uso del conocimiento biológico no solo se deberán generar respuestas alternativas a las ya existentes, en las cuales la innovación sea de tipo formal. Hacer uso del conocimiento biológico deberá verse como una oportunidad para repensar las problemáticas a las que nos enfrentamos y la forma en la que le damos solución a estas. Ya que tanto la forma como enfrentamos los obstáculos, como nuestra forma de superarlos puede encontrarse fuera del marco de la sustentabilidad de la naturaleza.

En su preparación práctica el diseñador ha comprendido que sus propuestas forman parte de sistemas, los cuales estudia con el fin de insertar de forma armónica

sus proyectos. En otras palabras, estudia al sujeto, al medio, las necesidades y requerimientos, así como las implicaciones que conllevará su diseño; comprendiendo que todo se encuentra conectado, y que por ende su intervención tiene el potencial de modificar el funcionamiento del sistema completo. Haciendo uso de esta habilidad, se propone preparar al diseñador no solo para aprender a encontrar la armonía, sino para lograr que sus propuestas formen parte del intercambio simbiótico del sistema, asegurándose de que este se mantenga en equilibrio y que a su vez tenga la capacidad de ser un sistema abierto que interactúe con el entorno dinámico al que pertenecerá.

En la actualidad los alcances de las soluciones biomiméticas son aún limitados, esto puede deberse tanto a la novedad de la disciplina como a la falta de métodos capaces de acercar el conocimiento biológico a otras áreas de conocimiento. Esto último se encuentra evidenciado por la poca afluencia de proyectos de índole biomimética que logran permear en la sociedad. Existen proyectos exitosos sin embargo, en algunos casos el tiempo para su realización e implementación es prolongado; mientras que en otros la premura por generar soluciones no permite la realización de un estudio lo suficientemente profundo, provocando que el proyecto no pueda contar con las características necesarias para integrar soluciones biomiméticas sustentables. Introducir este paradigma dentro de la preparación de los diseñadores potencializa los alcances, ya que desde la concepción de la propuesta hasta la implementación del prototipo, el diseñador será capaz de ofrecer soluciones integrales con el potencial de funcionar como agentes de cambio hacia la sustentabilidad natural.

En cuanto a la búsqueda del confort térmico en el hogar, esta es vista como una situación que afecta directamente al medio ambiente por las emisiones que produce, sin embargo otro aspecto de la sustentabilidad es abordado cuando hablamos de regulación térmica, el gasto de energía. Procurar solucionar un aspecto de la habitabilidad del ser humano de forma biomimética, tendrá como consecuencia la disminución del uso de recursos y energía para alcanzar su objetivo. De ser necesario para energizar un sistema de regulación térmica, este debería poder responder a los mismos principios biomiméticos que el sistema propuesto, para así asegurar la congruencia de la propuesta integral. Alcanzar una propuesta integral podría significar

uno de los mayores retos para el diseño. Frente a la disyuntiva entre eficiencia, funcionamiento e integración, el diseñador deberá ser capaz de discernir entre las estrategias, biológicas o no, que mejor respondan tanto a la situación a resolver, como al contexto intervenido. Cuando se busca generar mayor confort al interior de una construcción humana, su temperatura es regulada haciendo uso de tecnologías que generalmente pasan por alto las implicaciones negativas al medio ambiente. Las demandas de calidad y confort se han incrementado durante los años, hemos habituado a las personas a estándares de confort y no están dispuestas a renunciar a estos. Soluciones que procuran resiliencia¹⁸⁰ como, la arquitectura bioclimática y vernácula, no han sido descartadas de este modelo, puesto que hacen valiosas aportaciones que procuran el confort térmico; así como por tratarse de patrones de comportamiento que se pueden identificar en los ecosistemas y especies biológicas. No debemos olvidar que las enseñanzas resultantes de las construcciones tradicionales corresponden a observaciones de pueblos nativos, así como a ejercicios de heurística por parte de los habitantes hasta encontrar la solución que generará una mejor respuesta en el entorno.

Una de las categorías básicas para la construcción de este modelo, es la noción de los límites, un tema recurrente cuando se habla sobre sustentabilidad y principios biológicos. Para ejemplificar esto en el presente texto se abordan los límites desde el ángulo de la sustentabilidad del filósofo John Thackara y desde la biología por Janine Benyus. El ser humano reacciona ante los límites estableciéndolos como retos a superar¹⁸¹. Ambos autores sostienen la necesidad de encontrar límites al crecimiento y uso de los recursos naturales si queremos mantener las condiciones de vida en nuestro planeta. En cuanto a esto la biología afirma que el resto de las especies utilizan los límites como una fuente de energía¹⁸², es decir, reconocen que dentro del respeto de los límites encontrarán suficientes recursos para asegurar su sobrevivencia, por lo tanto respetar las limitaciones garantizará el acceso a fuentes de energía; absorber más de lo disponible podría significar la desaparición del organismo. Es necesario encontrar la forma de utilizar sólo los recursos necesarios, es decir, la búsqueda del mínimo

¹⁸⁰ Resiliencia: *capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos*. (Real Academia Española, 2018)

¹⁸¹ (Thackara, 2013)

¹⁸² (Benyus J. , 2009)

requerido. Tanto en espacio, forma y uso de recursos, la naturaleza se autolimita al alcance de su estado de bienestar. Como se expuso en capítulos anteriores, existen estándares en cuanto a regulación térmica que se han establecido como aquellos que brindan bienestar a la especie humana. Estos sin embargo podrán variar dependiendo de condiciones individuales como lo es la ubicación geográfica y estado de salud. Por lo tanto se deberán tomar en cuenta las condiciones particulares, procurando siempre limitar el uso de recursos al alcance de estos parámetros, no siendo necesario sobrepasarlos, ya que esto podría significar el desperdicio o mal uso de recursos; como consecuencia de esto, el incremento de la huella ecológica del ser humano, siendo esta cada vez más difícil de sobrellevar para el planeta.

La categoría denominada autopoiesis¹⁸³ se puede comenzar a explicar partiendo desde las últimas tendencias de diseño, en la cuales podemos percibir la incrementada relevancia que ha adoptado el concepto de desmaterialización¹⁸⁴. El diseño, enfrentándose a las necesidades de la época en la que se encuentra, ha dirigido su atención a la creación de servicios como respuesta al incremento de desechos, y necesidad de cambiar los patrones de conducta humana. Es por ello que la biomimética, como concepto abordado en el presente trabajo no busca el estudio y abstracción para soluciones formales, sino puramente funcionales y sistemáticas. Asegurando que un diseño biomimético no tiene que verse biológico para ser sustentable, basta con que actúe biológicamente. Maturana y Varela presentan en su libro *De máquinas y seres vivos*¹⁸⁵, el concepto de *autopoiesis* como la organización de los seres vivos. En él aseguran que los componentes y estructuras de los seres vivos son producto de las necesidades internas del organismo, es decir de su organización interna. El exterior, o piel, puede verse afectada por los estímulos del medio circundante, sin embargo es el interior donde los cambios, compensaciones¹⁸⁶ (por

¹⁸³ Concepto de Maturana y Varela, se explica como la organización de los seres vivos. (Varela, 2004)

¹⁸⁴ *Desmaterialización planteada como una nueva y más efectiva alternativa para el desarrollo sostenible- que busca la utilización de menos recursos en la producción y promueve una cultura diferente en la relación hombre - producto, en la que lo importante es el uso, no la posesión. (...)*se relaciona con la búsqueda del equilibrio económico, social y ambiental de una comunidad, mediante el uso de un número menor de recursos en la producción de materiales terminados, sin dejar de atender la satisfacción del consumidor (Fundación Universia, 2007)

¹⁸⁵ (Varela, 2004)

¹⁸⁶ (Varela, 2004)

conservación o innovación) sucederán. Es decir, independientemente de las condiciones exteriores, el aspecto físico no deberá variar, sólo el interior se deberá remodelar sin afectar su composición original. El organismo deberá contar con las herramientas y cualidades necesarias para adaptarse y autorregular las circunstancias que le causan incomodidad. En este mismo marco, los autores aseguran que la materialidad es producto de la organización, y los componentes que forman parte de ella son el resultado de las funciones requeridas por dicha *autopoiésis*.

Continuando en la línea del pensamiento biológico, Maturana y Varela definen la *autopoiésis*¹⁸⁷ como la principal característica de la organización de los sistemas vivientes. Definen que las máquinas autopoiéticas (no considerando a las máquinas como objetos de fabricación humana), son el conjunto de *relaciones que determinan, en el espacio en que están definidos, la dinámica de interacciones y transformaciones de los componentes y, con ello, los estados posibles de la máquina como unidad (...) sistema que puede materializarse mediante muchas estructuras diferentes*¹⁸⁸, tienen ciertos rasgos que las caracterizan, como lo son la autonomía, la individualidad y la unidad. De ser perturbados por condiciones externas, estos sistemas tienen la capacidad de autorregularse, ya sea experimentando cambios internos o modificando su comportamiento. Dicho esto, se define que para que todo ser viviente trabaje como tal, debe cumplir con el rasgo de la organización autopoiética apoyada por cambios de conducta. Las máquinas vivientes son homeostáticas y tienen retroalimentación interna.¹⁸⁹

Las consideraciones físicas de los resultados alcanzados descritos desde la biología, dependerán de la forma en la que se materialice la autopoiésis, por lo tanto no deberán contar con características especiales, sin embargo, es necesario que la estructura final permita la interacción para mantener las relaciones energéticas. El orden de los componentes dependerá de su contexto y autopoiésis, mientras que la producción de dichos componentes será producto de las relaciones determinadas.

¹⁸⁷ Término propuesto por los autores en el texto *De Máquinas y seres vivos*. Autopoiésis: La organización de lo vivo. (Varela, 2004)

¹⁸⁸ (Varela, 2004)

¹⁸⁹ (Varela, 2004)

En contraste existen posturas que aseguran que la piel del edificio es la comunicación necesaria que este tiene con el ambiente circundante. Cuando nos referimos a estudios de arquitectura, encontramos autores que aseguran que para que una obra sea sustentable forzosamente deberá lucir sustentable (por ejemplo, haciendo uso de formas y figuras con referencia directa al mundo vegetal y animal). En primera instancia para introducir en el imaginario colectivo una imagen que les permita asegurar que están ayudando al planeta, en segundo término se recalca la necesidad de evidenciar ciertas características pues necesariamente conllevarán una respuesta al interior, es decir el tamaño orientación y distribución de las ventanas, la pendiente y altura de los techos.

Por un lado tenemos una propuesta biológica que nos asegura que todos los seres vivos usamos las mismas leyes físicas y hacemos combinaciones particulares para dar respuesta a las exigencias del ambiente, nuestras características y cualidades varían dependiendo de nuestra autopoiesis (organización), razón por la cual nuestra materialidad resulta de menor importancia cuando hablamos de nuestra existencia¹⁹⁰. Por otra parte cabe afirmar que la piel, o materialidad exterior como es vista por otros autores¹⁹¹ es la que brinda protección, así como las habilidades necesarias para asegurar nuestra sobrevivencia. Cuando nos referimos específicamente a las obras arquitectónicas, resulta necesario definir la piel de tal forma que esta responda a la organización y necesidades internas. Tomando ahora en cuenta factores sociales y culturales, resulta importante considerar esta piel, como el medio de comunicación con el habitante y con el entorno. Por lo tanto, cuando hablamos de soluciones construidas por el ser humano, el balance entre la respuesta formal y la funcional deberá ser evaluado por la especificidad de cada proyecto. Es decir, la forma no sólo deberá responder a las funciones sustentables a alcanzar, también deberá responder a factores psicológicos, sociales y culturales de los habitantes.

Sin profundizar en el tema, por tratarse del interés de otras disciplinas, cabe mencionar que la cultura tiene un papel importante en la creación de la materialidad. Se

¹⁹⁰ (Varela, 2004)

¹⁹¹ (Fernandez, 2015)

menciona como parte de las premisas sostenidas en *Faces of Sustainability*¹⁹², que para que una nueva propuesta sustentable pueda ser adoptada por las personas, ésta debe necesariamente verse igual o parecida a las propuestas existentes. Es decir, si un producto es evidentemente sustentable (en el caso de la biomimética tiene una referencia formal directa a la naturaleza), este puede generar reacciones de asombro, pero no necesariamente será adoptado como una nueva tendencia. No obstante, si una tecnología se insiere de forma sutil en la cultura, es decir sin romper las estructuras socialmente aceptadas, tendrá mayor oportunidad de ser absorbida y adoptada por dicho colectivo. Como sociedad y culturas estamos acostumbrados a ciertas respuestas formales que limitan nuestros gustos y preferencias, romper con dichas estructuras para introducir un nuevo paradigma perjudicaría la adopción del mismo, significando el rechazo de una solución potencialmente sustentable. Esta es la razón por la cual se considera dentro de este modelo la participación de la cultura, vista como un elemento fundamental a tomar en cuenta, al proponer un replanteamiento de las propuestas sustentables en el hogar, para asegurar su implementación y adopción social.

Resultaría incorrecto admitir que una sociedad o una cultura han alcanzado exitosamente la sustentabilidad y balance con el medio ambiente. Esto se hace más evidente cuando nos encontramos en un contexto urbano en búsqueda de la sustentabilidad. Es decir, la propia creación de una ciudad va en contra de las condiciones originales de los ecosistemas, las cuales por lo tanto, pierden las características de simbiosis con el medio circundante que permiten un flujo recíproco entre los diferentes ambientes. Megalópolis alrededor del mundo están procurando dar respuestas más sustentables a sus necesidades, todas estas perfectibles y nunca finales. Las propuestas evolucionan, tal como los diseños de la naturaleza lo hacen, se adaptan al cambio de condiciones. Es su capacidad de cambio lo que les permite adaptarse de mejor manera, ya sea por evolución del propio organismo o por cambio en las condiciones ambientales.

En algunos países las inestables condiciones climáticas han fungido como pruebas fehacientes de las consecuencias del calentamiento global, esto ha modificado

¹⁹² (Benamar, 2015)

el pensamiento de sus habitantes y por lo tanto el cambio de hábitos, ahora orientados hacia acciones consideradas sustentables. Estos fenómenos climatológicos resultan menos evidentes para los países cercanos al ecuador, ya que las problemáticas directamente relacionadas con el cambio climático tienen mayores repercusiones en los países más cercanos a los polos. Por lo tanto podemos afirmar que en cuanto a regulaciones del medio ambiente, los límites naturales se están haciendo más evidentes en países polares; en consecuencia, un mayor número de acciones se están llevando a cabo en esos lugares. La naturaleza autorregula, cuando una acción está provocando inestabilidad, ésta es modulada por los límites del medio ambiente. Presenciar estos cambios orienta hacia la búsqueda de respuestas dentro de la naturaleza; es decir conocimiento a partir de la naturaleza para generar respuestas más eficientes y efectivas. Aunque las culturas que se encuentran en mayor contacto con la naturaleza puedan tener una comprensión más profunda sobre el funcionamiento y los límites de esta, esto no las convierte en sociedades sustentables. Debemos ahora preguntarnos ¿Si el conocimiento no se encuentra implícito en la naturaleza, entonces como podemos aprender sustentabilidad de la naturaleza? Este conocimiento no puede emerger directamente de las acciones de la naturaleza, sino de los principios. Aunque partimos de la misma materia, no es posible ya comparar las necesidades, hábitos e incluso estándares de vida de nuestra especie con el resto de las especies. No resultaría viable buscar vivir de la misma forma que lo haría cualquier otra especie de mamíferos en su hábitat natural. Por lo tanto cualquier imitación formal de la naturaleza debería ser descartada del pensamiento del diseñador; no es lo que se encuentra en la naturaleza lo que responde a la sustentabilidad, sino los principios que a esta la rigen. Como se mencionó en párrafos anteriores, no es la materialidad, sino la configuración interna que responde a necesidades frente al ambiente exterior.

Para poder responder de mejor manera a una necesidad es fundamental actuar de manera local, es decir, culturalmente hablando, analizar la visión de mundo a la que buscamos responder. Existe una dicotomía entre la naturaleza y la cultura, siendo una relacionada con el mundo natural y la segunda con el mundo de la especie humana. Esto a pesar de tratarse de un argumento no válido en términos biológicos, lo es en términos culturales. Por lo tanto es posible afirmar que las soluciones sustentables

aplicadas en un ambiente no podrán ser replicadas de manera global, esto debido a dos factores fundamentales, las condiciones del ecosistema y los símbolos culturales que permitirán el acceso del nuevo paradigma. Esto es, el análisis de los factores climáticos y ambientales serán premisas a considerar, manteniéndose en un mismo nivel de importancia el estudio de los símbolos clave o códigos propios de cada cultura; lo que cada cultura considera correcto, factible y adquirible. Se recalca aquí la necesidad de la investigación interdisciplinaria, pues un profundo análisis socio-cultural será fundamental para reintegrar los conceptos de naturaleza y cultura. Facilitar el acceso a una orientación biomimética en el pensamiento, en la que el modelo de conocimiento parta de los criterios naturales, para posteriormente ser evolucionado por el raciocinio humano.

Tal como la naturaleza recompensa la cooperación generando beneficios para quienes se encuentren involucrados, en el diseño la interdisciplinariedad tiene el potencial de incrementar y mejorar sus alcances. La problemática y posibles soluciones abordadas pueden provenir de diferentes disciplinas, siendo algunas de estas, el diseño, la biología, la arquitectura, la filosofía, entre otras. Se enfatiza la importancia de la cooperación para alcanzar soluciones más integrales. Las cuales frente a la interdisciplinariedad que propicia el diseño se vuelven soluciones potenciales con aplicaciones en la actualidad.

Otra categoría fundamental para el desarrollo del presente modelo es el concepto de lo ideal,¹⁹³ abordado por Yel Helfman y Yoran Reich, según lo apuntan los autores, la búsqueda de ideal es una situación guía más clara que la ofrecida por los principios de sustentabilidad y los principios de la vida. La naturaleza actúa por instinto, no buscando la sustentabilidad, sino las condiciones ideales para asegurar su sobrevivencia. Los resultados de las acciones de la naturaleza tienden a dar como resultado estrategias sustentables pues aceptan las limitaciones de recursos disponibles y se rigen por los criterios de la vida. La aplicación de lo ideal, sustenta, que ambas nociones (sustentabilidad e ideal) buscan minimizar el impacto negativo o el costo, mientras que maximizan el impacto positivo o la sobrevivencia. Traduciendo

¹⁹³ (Helfman, 2016)

ambos aspectos a la biomimética podría significar minimizar el uso de recursos y maximizar las condiciones y oportunidad de sobrevivencia. Por lo tanto, para la mejor comprensión de la búsqueda de aplicaciones biomiméticas se deberá buscar alcanzar las situaciones ideales presentes en la naturaleza. Haciendo uso de la base de datos BioTRIZ, proponen identificar patrones para orientar estrategias ideales genéricas. Sugieren el uso de un listado de estrategias ideales a cumplir dentro del proceso de diseño, en las cuales definen el incremento de beneficios y la reducción de costos que cada especie estudiada representa. La búsqueda de diseños ideales es también expuesta por el arquitecto Michael Pawlyn¹⁹⁴, quien afirma que es necesario comenzar por un ideal en la naturaleza y emularlo intentando comprometerlo lo menos posible¹⁹⁵.

La pregunta que debemos hacernos es ¿qué hace la naturaleza? y no ¿cómo lo hace? La importancia de esta diferencia yace en la falta de capacidades físicas, químicas y morfológicas que tenemos para alcanzar las soluciones de la misma forma que los organismos en la naturaleza lo hacen. Intentar imitar estos procesos por nuestros propios medios puede significar la ruptura entre la biomimética y la sustentabilidad, es decir se puede perder las características sustentables al hacer uso de tecnologías nocivas para el medio ambiente en nuestra búsqueda por imitar procesos naturales. Al preguntarnos ¿Qué hace la naturaleza? Estaremos utilizando un punto de partida para desarrollar dentro de nuestras capacidades una solución similar. Solución que deberá ser evaluada bajo los criterios ideales y sustentables para asegurar el aumento de beneficios a la propuesta frente a las soluciones existentes sin inspiración biomimética. Las estrategias ideales en ocasiones coinciden, en otras enriquecen o complementan los principios de la vida¹⁹⁶. Para incrementar el listado de principios de la vida es necesario también conocer aquellos que no podemos observar, los que se encuentran ocultos en los procesos fuera de nuestro conocimiento. Abordar las situaciones ideales puede rendir cuenta de los principios que hemos pasado por alto cuando queremos diseñar como la naturaleza.

¹⁹⁴ (Exploration, 2017)

¹⁹⁵ (Learning from nature | Michael Pawlyn | TEDxLondonCity2.0, 2013)

¹⁹⁶ (Helfman, 2016)

No se busca descartar ninguno de los supuestos aplicados en la actualidad, que busquen mejorar la sustentabilidad del planeta. No se descarta el raciocinio del ser humano, ni las tecnologías hasta ahora evolucionadas; sin embargo se aboga por una propuesta integral. Personalmente, y como se ha evidenciado por parte de otros autores abordados en este texto, encuentro en la orientación de la biomimética una propuesta capaz de integrar los factores pertenecientes a las necesidades de los seres humanos (como una especie más de la naturaleza), a los requerimientos de la sustentabilidad (tras el análisis de las condiciones del planeta tierra); así como una propuesta apta para generar balance y congruencia entre los ecosistemas y todas las especies que en ellos habitan. La biomimética ha establecido ciertos parámetros en la búsqueda de patrones para emular a la naturaleza, sin embargo sus esfuerzos han sido modestos frente a la evidente falta de sustentabilidad a la que se enfrenta el ser humano. La bióloga Janine Benyus ha descrito a la biomimética como una revolución¹⁹⁷ que orienta hacia lo que podemos aprender de la naturaleza. En la actualidad la sustentabilidad ya ha supuesto una revolución frente a los patrones de pensamiento, conducta y producción; como reacción a ella existen distintas propuestas, algunas con mejores resultados que otras. Lo que las propuestas requieren es, una congruente integración sustentada en la forma en la que la naturaleza alcanza el balance para todos sus habitantes. Ver a la biomimética como una nueva revolución tecnológica no podrá provocar un impacto más allá del de la revolución industrial¹⁹⁸. La revolución biomimética debe fomentar la reorientación del pensamiento.

Resulta entonces necesario someter a evaluación las estrategias sustentables para solucionar mejoras térmicas en el interior del hogar, para así definir el grado en el que se relacionan con las estrategias sustentables encontradas en la naturaleza. Esta evaluación tendrá el potencial tanto de producir mejoras en las estrategias existentes, como de repensar los problemas abordados para generar un nuevo enfoque, una propuesta de solución más integral. Admitiendo que, haciendo una analogía entre el diseño humano y los organismos biológicos, no existe una solución única y definitiva, sino propuestas que serán puestas en acción, con el potencial de evolucionar y

¹⁹⁷ (Benyus J. , 2009)

¹⁹⁸ (Benyus J. , 2009)

transformarse para alcanzar mejores estrategias. Los resultados logrados por las especies biológicas son producto de principios para alcanzar ciertos fines funcionales, no fines guiados por la materialidad. En este sentido debemos cuestionarnos, ¿Son las especies los mentores que orientan las soluciones biomiméticas? o ¿lo son el conjunto de principios que componen el sistema biológico? o ¿son ambos?

Estamos dentro de un proceso de retorno,¹⁹⁹ sin embargo no se trata de un retorno idílico en el que se idealiza la supuesta sustentabilidad de las prácticas pasadas, se trata de un retorno a la naturaleza, en el cual reconocemos las cualidades que en ella existen. Este retorno también posibilita identificar soluciones para alcanzar el confort térmico en el pasado, y reconocer que se trató de propuestas de la especie humana en un contexto y tiempo específicos, buscando modos de sobrevivencia en un ambiente cuyas condiciones pudieron resultar hostiles; por lo tanto las estrategias no resultan ideales, pero forman parte de un proceso de evolución del pensamiento humano, estrategias y herramientas para alcanzar propósitos específicos. Ahora tenemos el potencial de reconocer la ineficiencia de ciertas prácticas y soluciones del pasado, y regresar a la naturaleza para identificar posibles soluciones capaces de integrar las estrategias encontradas fuera del conocimiento humano, con los avances tecnológicos de la actualidad.

Con el fin de relacionar algunas de las categorías con el siguiente término que se propone en el modelo, se retoma aquí el concepto de los límites. El ser humano es una especie del mundo animal cuyas necesidades, al igual que las del resto de las especies deben ser saciadas, entonces ¿cuáles son los límites que debemos imponer al desarrollo de nuestra especie? Para responder a esta pregunta, es necesario primero afirmar que, no se trata de buscar poner límites a nuestra especie para permitir que el resto de las especies continúen desarrollándose, se trata de eliminar la jerarquía entre las especies animales. Se reconoce que no hay una especie cuya sobrevivencia sea más importante que otra, pero si no reconocemos la diferencia entre necesidades y la cultura material, no será posible limitar el uso de recursos que se destinan para el beneficio de los seres humanos.

¹⁹⁹ (Witoszek, 2016)

El ser humano es también una especie con el potencial de participar de forma activa en los ciclos virtuosos de la naturaleza. Somos una especie capaz de razonar, y capaz de ayudar a la naturaleza a mantener las condiciones necesarias para continuar desarrollándonos en la tierra. Debemos reconocer que existe la necesidad de dejar de vernos como una amenaza para la tierra, ya que este pensamiento es el que ha propiciado la creación de una barrera entre lo natural y lo artificial, nos ha distanciado de vernos como parte de la naturaleza. Es decir, debemos dejar de tiranizar a nuestra especie como la causante de todo daño al medio ambiente, reconociendo que existieron antes cambios climáticos que modificaron las condiciones de nuestro planeta en su totalidad, propiciando la extinción y en ocasiones aparición de diferentes especies. Ver a la especie humana como una especie virtuosa, capaz de razonar y de apoyar a la naturaleza para desarrollar mejores estrategias, resulta necesario para generar un cambio paradigmático. La eliminación de la jerarquía es también una forma de reconocer que somos parte de la naturaleza por lo tanto, siguiendo una lógica equivalente y afirmando que naturaleza es sabia, entonces podemos deducir que el ser humano posee sabiduría; sin embargo durante su desarrollo, nuestra especie se ha dejado guiar por el conocimiento y las necesidades que ella misma ha generado. Dichos factores han dominado los discursos de desarrollo, dejando de lado la sabiduría intrínseca de nuestra especie, justificando los avances con el conocimiento científico y respondiendo mediante propuestas tecnológicas a necesidades que van más allá de los requerimientos esenciales para la sobrevivencia.

En respuesta a lo anterior se propone el uso de la sabiduría de la naturaleza apoyada por el conocimiento desarrollado por el ser humano, para orientar las decisiones de diseño. Se plantea la necesidad de estimular la sabiduría natural del ser humano. Se asegura mediante esta investigación que el diseño tiene una gran injerencia en la forma en la que damos sentido al mundo, en el cómo actuamos y en las decisiones que tomamos. Responder de forma biomimética a una necesidad primaria, noción que involucra conceptos tales como sobrevivencia, búsqueda de resguardo, cobijo y protección, tiene como objetivo declarar el potencial que el espacio habitacional tiene para estimular nuestro actuar individual. El aprendizaje, o acondicionamiento en el espacio íntimo se puede dar a nivel inconsciente. Se hace énfasis en la importancia de

propiciar sabiduría inconsciente reconociendo que, las diferentes nociones del cambio climático, de cómo éste afecta al ser humano, así como de la importancia que el actuar de nuestra especie tiene sobre las condiciones de la tierra son muy variables, por lo tanto difíciles de instruir a nivel consciente. La inconsistencia de un común acuerdo sobre las condiciones ambientales que enfrenta nuestro plantea se ha hecho evidente tras el análisis de la diversidad de posturas existentes respecto al tema; la cual involucra una gran variedad de actores e intereses dentro del desarrollo sustentable. La falta de un consenso a nivel global, e incluso local sobre lo que es y cómo se debe alcanzar la sustentabilidad, limita las acciones globales que se pueden fomentar a nivel consciente.

A lo que el modelo biomimético para alcanzar confort térmico en los hogares responde es: a la intención de orientar las decisiones de diseño en el espacio íntimo del ser humano, (espacio de protección y sobrevivencia) hacia respuestas basadas en la sabiduría de la naturaleza, tomando en cuenta las necesidades de la especie humana (inscrita dentro de un ecosistema natural y urbano, con influencias socio-culturales fundamentales para la comprensión del contexto y necesarias en la toma de decisiones congruentes), reconociendo el valor de la lógica y raciocinio de nuestra especie. Es decir generar un modelo con el potencial de consolidar la diversidad de visiones en torno a la sustentabilidad en el diseño.

En estudios anteriores se reconoce la importancia de seguir los ejemplos de la naturaleza para ofrecer mejores respuestas a nuestras necesidades. Mientras que en el presente se reconoce la importancia de los aportes del conocimiento humano para optimizar y trasladar las respuestas de un ecosistema natural a uno urbano. Reconociendo que somos capaces de ofrecer mejores respuestas a las presentadas actualmente, no solo emulando sino optimizando soluciones. Haciendo constar que este reconocimiento será el primer paso hacia una reorientación del pensamiento, en el cual la lógica que tiranizaba a la especie humana como una de las mayores causas de los problemas medio ambientales, se modifica hacia la especie humana como aquella capaz de estudiar y comprender las condiciones naturales de la tierra y de proponer respuestas que ayuden a mantener las condiciones actuales por mayor tiempo.

Clasificación de las categorías

	Factores no humanos	Factores humanos
Adaptación Capacidad de cambio		
Límites Energía y recursos		
Autopoiésis Forma-función		
Contexto cultural y social económico y político		
Contexto físico Ecosistemas		
Cooperación Simbiosis		
Interrelación Homeostasis		
Interdisciplinaridad		
Ideal		
Sabiduría		
Conocimiento Tecnología- razonamiento		

Tabla 1 Clasificación de categorías

En la tabla anterior se expone la relación que mantienen las categorías, explicadas en la sección anterior. Estas han sido identificadas como factores humanos, no humanos o ambos. Por factores no humanos se entienden las categorías que se desligan de la influencia del ser humano, es decir, son intrínsecos a los principios de la vida y perdurarán independientemente de la intervención humana. Dentro de estos factores se considera el *contexto físico*, es decir el ecosistema sin intervención humana, las características geográficas, de flora, fauna y clima. Aunado a éste, la *sabiduría*, vista como un factor no humano ya que se refiere al conocimiento intrínseco de las especies en la naturaleza principios que las especies no están conscientes que usan. Saberes previos al conocimiento científico desarrollado por el ser humano; la sabiduría se

segrega de las formas de conocimiento en las que el ser humano justifica sus decisiones.

Por otra parte, aunque en el mismo nivel de importancia, los factores humanos incluyen las categorías con intervención o influencia directa de los seres humanos. Dentro de ellos se encuentran las categorías de *contexto cultural y social, conocimiento e interdisciplinaridad*. El *contexto cultural y social* se refiere al ecosistema abstracto, es decir a las influencias sociales y culturales que caracterizan a las diferentes localidades; características específicas de las comunidades humanas con influencia directa en su forma de pensar, actuar, solucionar y potencialmente modificar conductas. El *conocimiento, uso de la tecnología y razonamiento*, resulta de gran relevancia ya que aboga por el conocimiento, y con ello tecnologías desarrolladas por el ser humano. Conocimiento, científico, basado en el razonamiento humano como un respaldo necesario de la sabiduría para ofrecer respuestas integrales. De esta manera el conocimiento es visto como el móvil para concretar y materializar las propuestas, mientras que la sabiduría es el motor de estas. La *interdisciplinaridad*, es abordada como la necesidad de conjuntar las diversas áreas de conocimiento, con el fin de tomar en cuenta una mayor cantidad de escenarios y eventualidades y así ofrecer propuestas con mayor potencial de implementación y adopción.

Gran parte de las categorías aquí expuestas han sido definidas como factores no humanos y humanos, esto se debe a que la influencia de estas compete tanto al mundo construido como al no construido. Para su mejor comprensión se explicarán ahora las categorías bajo esta clasificación. La categoría bajo el nombre de *límites* se refiere a los límites en uso de energía y recursos. Las condiciones previas a la existencia del ser humano determinaban el uso exclusivo de los recursos existentes para la sobrevivencia de las diferentes especies; cualquier especie que requiriera hacer uso de más recursos se enfrentaría a la extinción propia o de otras especies que compartieran el mismo ecosistema. Para asegurar la coexistencia de la diversidad de especies, resulta necesario reconocer los límites, ya que en ellos se encuentra el balance para el óptimo desarrollo mutuo. A su vez, el reconocimiento de los límites conlleva a la siguiente categoría a describir: la *cooperación, simbiosis*. Esta última hace referencia a la íntima

relación que debe haber entre las diferentes especies que habitan un ecosistema, siendo fundamental la cooperación para asegurar su coexistencia²⁰⁰. Es decir, una especie requiere de los procesos de otra para mantenerse dentro de un ciclo de vida virtuoso. Cualquier especie que busque vivir fuera de este ciclo pone en riesgo el balance del ecosistema y de las especies que en él habitan. La *interrelación u homeostasis*, se refiere a la relación que debe haber entre las especies y el medio, una debe responder a los estímulos de la otra para asegurar su correcto funcionamiento. Una especie de adaptación interna por parte del organismo para asegurar su estabilidad a pesar, pero en relación directa, de las condiciones externas. Tanto las categorías de *cooperación* como *interrelación*, deberán ser vistas como guías de un diseño que no comprometa negativamente al resto de las especies y características del ecosistema.

La *autopoiésis* responde tanto a los factores humanos como los no humanos pues hace referencia a la materialidad de las especies declarando que, la forma será resultado de la organización, la cual a su vez es producto de las necesidades de la especie en respuesta al medio. *Adaptación o capacidad de cambio*, es la capacidad o tolerancia que cada especie debe tener frente a condiciones que la lleven fuera de su confort. Todas las especies han sufrido adaptaciones en respuesta tanto a la geografía ocupada como a las condiciones de flora, fauna y clima. Una especie que no cuente con la capacidad de adaptación correr el riesgo de no sobrevivir en el ecosistema dado. Como se mencionó anteriormente el ser humano ha buscado adaptar el medio en búsqueda de mejores condiciones, siendo ahora necesario que las soluciones se adapten al medio para evitar intervenciones invasivas que perjudiquen al resto de las especies. La categoría de la búsqueda de lo *ideal*, compete al diseño humano y no humano pues el objetivo deberá ser común para ambos: la búsqueda del uso mínimo de recursos para obtener el máximo de beneficios. El “diseño” ideal que ha asegurado la sobrevivencia de especies se encuentra en la naturaleza, compete ahora al ser humano emularlo dentro de sus propias condiciones ideales.

²⁰⁰ En este escenario se reconoce que existen otras relaciones posibles entre las especies, como el mutualismo y parasitismo entre otras, sin embargo se trata de fomentar la participación virtuosa de la especie humana en el entorno; por lo tanto se aborda la cooperación (simbiosis) como una característica fundamental de la relación que una solución sustentable (desde el raciocinio del ser humano) debe tener con el medio.

Rumbo a un cambio de paradigma

Antes de continuar describiendo el desarrollo del modelo es necesario establecer que la amplitud de la materia de estudio de esta investigación se ha debido incrementar en esta última sección debido a la complejidad que el estudio de la sustentabilidad conlleva. A pesar de ser la materia de estudio de este trabajo el análisis de mejores respuestas ante las problemáticas térmicas en el hogar, se han debido estudiar los diferentes niveles en los que este concepto interactúa, para así presentar una propuesta integral en búsqueda de congruencia entre los componentes del ecosistema. Analizar problemáticas ambientales de forma aislada, y no como parte de un sistema, limita el alcance de las propuestas, ya que las implicaciones que conllevan a cualquier supuesto que busca modificar los estándares actuales se encuentran interrelacionadas.

Expuesto lo anterior, y como apoyo al modelo teórico, se propone ahora una definición propia del término biomimética, la cual se encuentra fundamentada tanto en las definiciones analizadas en el desarrollo de esta investigación, como en el potencial de los alcances de la disciplina.

Definición biomimética:

El uso de la *sabiduría* de la naturaleza, apoyada por el conocimiento desarrollado por la especie humana para alcanzar soluciones sustentables y congruentes dentro del sistema.

La biomimética es la disciplina que **utiliza la sabiduría de la naturaleza**. Es decir, existen miles de estrategias probadas y verificadas en la forma de ser y actuar de las diferentes especies, dentro de ecosistemas con distintas características. La forma en la que las especies responden a los estímulos del medio ambiente para asegurar su sobrevivencia es parte de su sabiduría intrínseca, sabiduría que no es impartida por nadie pero que se convierte en tal cuando el ser humano estudia la vida, procesa los resultados y formula modelos de funcionamiento. Las adaptaciones físicas y morfológicas que han sufrido algunas especies forman parte de respuestas biológicas

que garantizan su mejor subsistencia en el medio. Se hace referencia a la *sabiduría de la naturaleza* como forma de devolver la importancia a las lecciones de la naturaleza que hemos pasado por alto al concentrarnos exclusivamente en el conocimiento que los seres humanos hemos generado.

La sabiduría deberá contar con el ***apoyo del conocimiento desarrollado por la especie humana***. Es decir, los avances científicos y tecnológicos desarrollados por la especie humana, no serán descartados, sino que deberán ser vistos como un apoyo para generar propuestas biomiméticas sustentables. En la naturaleza se pueden encontrar respuestas a muchas de nuestras problemáticas, sin embargo en diversas ocasiones tener acceso a la sabiduría dentro de las soluciones observadas no podrá realizarse a simple vista. Es necesario hacer uso tanto de los avances tecnológicos, como del conocimiento científico hasta ahora desarrollado, para así propiciar la generación de soluciones innovadoras para los retos que enfrenta el ser humano. Sin olvidar que el conocimiento deberá ser el apoyo de la sabiduría, es decir, los límites y alcances establecidos por la naturaleza continuarán siendo el eje rector de cualquier solución biomimética.

El fin último establecido en esta definición será ***alcanzar soluciones sustentables y congruentes dentro del sistema***. Como se estableció en capítulos anteriores, toda forma de vida existente en los diferentes ecosistemas es parte de un sistema más grande. El sistema funciona por medio de entradas y salidas, en otras palabras uso de recursos e intercambio energético; estos a su vez mantienen al sistema funcionando de manera adecuada. El problema que algunas soluciones humanas han generado, es la ruptura de la homeostasis del sistema, dando lugar al desequilibrio ambiental. Por lo tanto se establece que, tal como lo hace la naturaleza, la biomimética considera que cualquier intervención pasará a formar parte del sistema, y como tal, deberá asegurarse de que estas sean congruentes tanto con el medio en el que se insieran como con la totalidad del sistema. Hacer mención de la congruencia de las soluciones implica la necesidad de utilizar los principios de la vida como guía para la toma de decisiones. Por último se define que las respuestas deberán ser sustentables,

es decir, deberán respetar los límites y tiempos establecidos por la naturaleza para así asegurar su subsistencia y estabilidad.

Premisas del modelo biomimético sustentable

A continuación se declaran y explican las premisas que se deben tomar en cuenta, pues resultan imprescindibles para alcanzar los objetivos del proyecto biomimético sustentable. Las primeras cinco, tituladas *Premisas Generales* serán una constante para todo proyecto de diseño, mientras que las tres consecutivas a estas, las *Premisas Particulares*, se refirieren específicamente al proyecto cuyo objetivo es dar una aproximación biomimética sustentable, para resolver el confort térmico en las viviendas existentes en las megalópolis.

Premisas generales:

1. Sustentable
2. Reconocimiento de los límites naturales, económicos, sociales y culturales
3. Entorno dinámico en constante cambio
4. Proceso de perfeccionamiento continuo
5. Sistemas abiertos, homeostáticos y simbióticos

Las premisas generales serán una constante a tomar en cuenta en cualquier proyecto que procure alcanzar la sustentabilidad biomimética. No obstante, dependiendo de las necesidades de cada proyecto, las premisas cambiarán para adaptarse a las particularidades de estos, a estas se les define como premisas particulares. Con el fin de cumplir con los objetivos de este proyecto, las premisas particulares aquí descritas hacen referencia al sitio, lugar y problema a abordar.

Premisas particulares:

1. Viviendas previamente construidas
2. Insertas en la megalópolis denominada Ciudad de México
3. Alcanzar el confort térmico humano

Las premisas aquí expuestas tienen el fin de dar origen y dirección a cualquier posible propuesta que resulte de su análisis, priorizando las consideraciones del problema a

abordar. De esta manera se procura dar mayor relevancia al cumplimiento de las premisas que declaran la necesidad de generar un intercambio dinámico y sustentable dentro de un sistema cambiante con interacciones humanas y no humanas. Posterior a este estudio se podrá dar autopoiesis²⁰¹ a la solución. Las premisas no solo ofrecerán un punto de partida, sino un objetivo final. El número de *Premisas Particulares* dependerá del proyecto, no especificándose un número o cualidades necesarias.

Premisas generales

Las premisas generales son los factores que deberán estar presentes si se busca hacer una propuesta congruente entre el medio construido y el no construido; capaz de ser replicada y con la cualidad de poder afectar positivamente al sistema del cual formará parte. Como se evidencia en los siguientes párrafos estas premisas se encuentran relacionadas entre ellas, ya que forman parte de la composición del mismo sistema y responden a un objetivo en común: alcanzar el correcto funcionamiento, armonía y equilibrio entre todas las partes del sistema en general.

- **Sustentable**

Una propuesta sustentable se refiere a la capacidad que tiene un sistema para adaptarse, replicarse y asegurar su existencia a pesar de las condiciones cambiantes y los distintos actores con las que se relaciona. Una noción de sustentabilidad que se aleja del antiguo concepto antropogénico y pasa a centrarse en la búsqueda del equilibrio y reciprocidad entre el medio construido y el no construido

- **Reconocimiento de los límites naturales, económicos, sociales y culturales.**

Para asegurar la subsistencia de la propuesta, esta debe tener la capacidad de reconocer los límites de uso de recursos naturales y económicos dentro de los cuales se debe mantener si busca replicarse de forma indefinida. Es decir limitarse a hacer uso de los recursos existentes, sin modificar los tiempos de la naturaleza para su producción y regeneración. En cuanto a los límites sociales y culturales, el proyecto debe ser capaz de respetar las tradiciones, usos, costumbres, cultura y formas particulares de actuar y pensar de la población intervenida; ya que la negativa frente al

²⁰¹ (Varela, 2004)

proyecto por parte de la comunidad, podría significar el rechazo de la propuesta, mientras que la aceptación de una solución innovadora, podría potencialmente significar la transformación del paradigma urbano sustentable. Por lo tanto como parte de la premisa de reconocimiento de los límites, se respalda la necesidad de actuar de manera local, comprendiendo que los recursos deberán pertenecer a la geografía intervenida y que la solución deberá adecuarse a una población específica para asegurar su aprobación y permanencia.

- Entorno dinámico en constante cambio.

Tanto los diferentes ecosistemas como los actores que en ellos habitan se encuentran en constante intercambio de materia y energía, esto les permite mantenerse en estabilidad. Una vez que un objeto no perteneciente e invasivo se introduce en un ecosistema, este puede responder de forma impredecible. Existen tanto factores humanos como no humanos que pueden provocar disrupciones en el medio ambiente. La premisa *Entorno dinámico en constante cambio*, se refiere a la capacidad de respuesta que la propuesta debe tener frente a lo impredecible del medio ambiente, teniendo este que ser tolerante y reactivo frente a las condiciones cambiantes.

- Proceso de perfeccionamiento continuo.

El proceso evolutivo en la naturaleza no da como resultado soluciones definitivas. Por lo tanto se plantea procurar soluciones capaces de generar propuestas congruentes y aceptables, sin descartar que la investigación científica y los avances tecnológicos continuarán habilitando el acceso a mejores respuestas en el futuro. Aunado a esto, y haciendo referencia al punto anterior en el cual se definió el *Entorno dinámico en constante cambio*, se afirma que si el entorno se encuentra dentro de un constante dinamismo, entonces las propuestas habrán de permitir cambios, es decir se deberá buscar el perfeccionamiento de una solución antes aceptada.

- Sistemas abiertos, homeostáticos y simbióticos.

Somos todos parte de un sistema; sistemas en constante comunicación e interrelación, que se alimentan unos de otros intercambiando recursos asegurando su estabilidad. Las propuestas desde el diseño deben contar con la cualidad de poder ser elementos pertenecientes a sistemas, o incluso subsistemas, que a su vez deberán permanecer

abiertos al intercambio y uso de recursos entre ellos. Lo anterior permitirá la creación de una cadena prodigiosa en la cual para asegurar el equilibrio y sobrevivencia de un subsistema se deberán tomar en cuenta las necesidades de los otros subsistemas. El concepto de sistemas abiertos, homeostáticos y simbióticos ayuda a eliminar la jerarquía de dominación de un subsistema sobre otro, asegurando el equilibrio entre los diferentes actores de este.

Premisas Particulares

Las presentes premisas forman parte de las particularidades del problema a abordar en este trabajo. Por lo tanto resulta fundamental hacer hincapié en que estas son cambiantes y dependerán exclusivamente de los fines de cada proyecto. Las *premisas Particulares* deberán abordar características específicas tales como el objeto, la geografía, la ubicación y demás cualidades que el diseñador considere fundamental puntualizar para orientar el proyecto y alcanzar su objetivo final.

A partir de este momento las premisas aquí descritas harán referencia exclusiva a las características del problema a abordar: viviendas existentes en la megalópolis Ciudad de México. Se describen aquí: el espacio, el lugar y el objetivo específico que la propuesta deberá considerar.

- Viviendas previamente construidas.

Esta hace referencia al espacio de intervención, siendo este identificado en la primera etapa de la investigación. Las casas habitación existentes fueron declaradas como el área de intervención pues se abordan los daños ambientales a causa de la ineficiencia de las construcciones existentes en las megalópolis. Existe una gran cantidad de estas obras en las zonas urbanas que no cumplen con las características fundamentales para llegar a ser elementos virtuosos del sistema. Se aborda la casa habitación como el espacio capaz de permear en los pensamientos y acciones de los individuos que en ellas habitan, habilitando esto la posibilidad de cambiar el paradigma de la sustentabilidad en los habitantes de las zonas urbanas.

- Insertas en la megalópolis.

El estudio hace referencia específica a la necesidad de una intervención dentro de las megalópolis (zonas urbanas que han alcanzado su capacidad máxima de construcción), ya que se trata de ciudades en etapa de declive cuyas emisiones al medio ambiente están causando cambios en las características naturales de los ecosistemas circundantes. La correcta intervención de propuestas sustentables en las zonas urbanas podría rehabilitar la comunicación y el intercambio virtuoso entre los ecosistemas con y sin intervención humana. Las repercusiones negativas de las megalópolis se ven reflejadas tanto en sus habitantes como en el medio ambiente; estas han sobrepasado sus fronteras, convirtiéndolas en amenazas ambientales que necesariamente deberán ser intervenidas si se busca generar un cambio positivo en el medio ambiente.

- Alcanzar el confort térmico humano

La búsqueda de confort térmico es una necesidad a la que todos nos enfrentamos. La forma de dar solución a esta varía dependiendo de la localización geográfica y características naturales del ecosistema. Los rangos de confort térmico permisibles también difieren, siendo estos distintos entre grupos étnicos, culturas e incluso entre individuos pertenecientes a la misma comunidad; quienes dan solución a sus necesidades particulares haciendo uso de diversas herramientas, técnicas o incluso prótesis²⁰². El objeto del presente estudio es propiciar el confort térmico del ser humano en el interior de las casas habitación, ya que en la búsqueda de éste se han generado soluciones cuyas emisiones están dañando irreversiblemente a nuestro planeta. Estas soluciones forman parte de una noción antropogénica en la cual las condiciones naturales pierden importancia, tan solo ocupándose de la búsqueda de satisfacción del ser humano. El fin será encontrar soluciones armónicas, simbióticas y homeostáticas con el resto del sistema, capaces de conservar las características térmicas ideales para garantizar confort al ser humano; para que a su vez éste sea capaz de realizar sus actividades dentro de un espacio de protección y resguardo.

²⁰² (Maldonado, 1998)

Propuesta del modelo

Representación gráfica del modelo cuyo objetivo es relacionar las categorías antes expuestas. En él se explica el proceso de diseño que comenzará por el análisis de un problema o situación inicial, en el caso de esta investigación las variaciones térmicas en las construcciones existentes en las megalópolis. Los factores humanos (FH), son presentados dentro de la esfera de color morado, mientras que los factores no humanos (FNH) se encuentran representados por el color verde. Los factores humanos y no humanos, factores mixtos (FM) se muestran dentro de la esfera azul. El objetivo final será alcanzar un *diseño ideal*, pero siempre *perfectible*, para los fines de este proyecto el confort térmico.

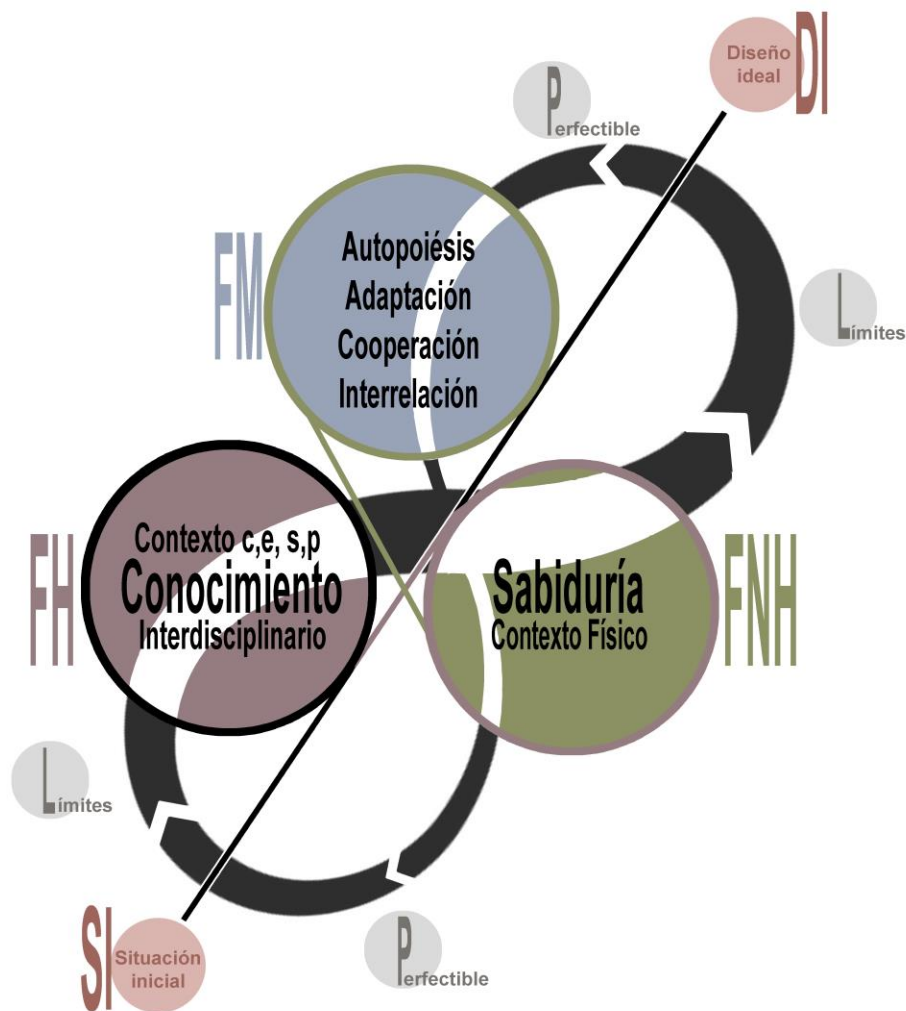


Diagrama 2 Modelo biomimético sustentable

Profundización

Por medio de una representación gráfica, se plantea una situación inicial (SI), o problemática a resolver, esta será definida por las *Premisas Particulares* del proyecto. Para comenzar con el ciclo de diseño se presentan los factores humanos (FH), uno de los puntos de partida, es decir el conocimiento como primera aproximación a un problema desde el raciocinio humano: se considera aquí el uso de la tecnología.

Submodelo factores humanos



Diagrama 3 Submodelo factores humanos

El estudio del conocimiento tiene como objetivo estudiar los sustentos teóricos y científicos de la situación a resolver, el razonamiento humano y los antecedentes de las respuestas dadas a las mismas problemáticas en tiempos y geografías diferentes. Se considera al conocimiento humano no solo como estudios científicos, sino como el conjunto de capacidades, habilidades y saberes humanos, en conjunto con el conocimiento científico. Dentro de esta misma sección se deberán tomar en cuenta las características propias del contexto social, cultural, económico y político en el que será aplicado, las cuales se encuentran ejerciendo presión sobre el conocimiento. El correcto uso de esta categoría deberá recaer en disciplinas sociales tales como, la antropología, sociología, ciencias políticas, entre otras. La interdisciplinaridad, en este modelo, tendrá la cualidad de nutrir las posibles propuestas desde distintas áreas de conocimiento. Ésta última será la base del conocimiento, ya que se afirma que el diseño biomimético sustentable no compete a una sola área de conocimiento en particular. En el modelo *biomimético sustentable* se representan los factores humanos dentro de una esfera que

gráficamente ejerce presión sobre el eje que lleva del problema a abordar al *diseño ideal*, sin embargo tienen también la función de definir un punto de partida sólido, basado en el conocimiento humano, el cual dará estabilidad y orientación a las propuestas desde el diseño. Categorías fundamentales para la toma de decisiones, ya que aseguran la congruencia entre el mundo construido y no construido.

Submodelo factores no humanos



Diagrama 4 Submodelo factores no humanos

La esfera verde, la cual representa a los factores no humanos, se muestra como la base que potencializa los alcances de las propuestas, así como un segundo punto de partida. En ésta se fomenta, orienta y da soporte al objetivo. Dentro de los factores no humanos se encuentran tanto el potencial de innovación de los prototipos como la capacidad de unificar el sistema. En ella se aborda la categoría de la sabiduría, siendo esta tanto la “sabiduría” de otras especies en la naturaleza como la intuición humana. Como parte de los factores naturales se deberá estudiar también el contexto físico, comprendido aquí como las condiciones físicas y climatológicas de un ecosistema, así como las especies pertenecientes a este. El contexto físico engloba a la sabiduría, ya que las características propias del ecosistema serán las que ofrezcan una aproximación de la sabiduría local.

Submodelo factores mixtos (humanos y no humanos)



Diagrama 5 Submodelo factores mixtos

Ambas esferas se mantienen ligadas a una tercera esfera la cual engloba los factores en los cuales tanto el conocimiento humano como la sabiduría natural se relacionan. Dicha esfera no solo cumple el objetivo de relacionar, sino de dar balance y consolidación a la propuesta. Se abordan las categorías de: *cooperación* y la *interrelación* como el camino para mantener los sistemas abiertos y en constante comunicación, estas guían la *autopoiesis* u organización, es decir la materialidad de la solución; la adaptación como el acondicionamiento individual a las condiciones del ambiente se presentan de forma simultánea, ya que deberá ser una característica fundamental del resultado. En el caso de la cooperación e interrelación, estas deberán participar tanto en el proceso como en el resultado; mientras que la autopoiesis y adaptación se refieren a las características fundamentales que ayudarán a dar forma a la propuesta. Las categorías aquí expuestas podrán ser utilizadas tanto como aproximaciones como características fundamentales de los prototipos, estas impulsan la obtención de un diseño ideal.

Para extender la explicación anterior, se dividirán los factores mixtos en dos etapas, siendo la primera *Cooperación e Interrelación*. En esta se explica que, en esta

etapa se analizará cómo es que se relaciona, participa y comunica la posible solución con la totalidad del sistema. Para ilustrar lo anterior, se puede estudiar la generación de oxígeno por parte de tecnologías que imitan el funcionamiento de la fotosíntesis; para posteriormente analizar si la producción convierte al prototipo en parte del ciclo virtuoso del sistema, o si el CO₂ producido simultáneamente mitiga los posibles beneficios. De la misma manera se puede estudiar el grado de los beneficios obtenidos, pudiendo estos convertir al prototipo generado por el ser humano en una pieza fundamental para el buen funcionamiento del sistema; habiendo este superado la etapa de generación por sobrevivencia y convirtiéndose ahora en una *especie* más, capaz de beneficiar a otras especies pertenecientes al mismo ecosistema. Se exponen la *Cooperación* e *Interrelación*, tanto como parte del proceso como de las cualidades de la solución, ya que deberá también ser una característica del proceso permitir la cooperación e interrelación de distintas disciplinas, conocimiento, habilidades, capacidades, saberes y sabiduría.

La segunda etapa, definida como *Adaptación* y *Autopoiésis* será utilizada como forma de evaluar la flexibilidad de la solución dentro de las condiciones cambiantes del ambiente y la materialidad final de esta; es decir las respuestas de la solución como consecuencia de su capacidad de cambio y materialidad. Para ejemplificar la *Adaptación* se hace ahora referencia a los sistemas aislantes instalados dentro de los muros para ayudar a mantener condiciones cálidas en el interior de las construcciones. Este material resulta adecuado para mantener el calor dentro de un espacio delimitado, pero no el adecuado para dejar salir el calor en caso de que las condiciones de temperatura exteriores aumenten. Para lograr el funcionamiento óptimo de una solución de esta índole es necesario ofrecer ahora soluciones para ayudar a la pérdida de calor en el interior, es decir la solución no presenta adaptabilidad a los cambios. Por otra parte, como parte del análisis de *Autopoiésis* se estudiarán los materiales y formas utilizadas en el diseño de una solución. En este caso se ejemplificará haciendo referencia a las turbinas de generación de energía eólica. En esta categoría se deberá analizar si los materiales utilizados responden óptimamente a la función que deberán ejercer y si estos forman parte del ciclo del sistema. Como la forma debe responder a la organización y función, se analizará la congruencia de la materialidad de la solución. En

el caso de las turbinas eólicas se deberá evaluar si la solución final hace uso exclusivo de recursos y del espacio necesario, así como analizar si esta responde a las necesidades y exigencias del resto del ecosistema; convirtiéndose en una especie virtuosa y no invasiva como consecuencia de su materialidad.

Submodelo límites y premisas



Diagrama 6 Submodelo límites y premisas

Los factores aquí expuestos son englobados dentro de un ciclo continuo en el cual se nutren tanto el conocimiento (factores humanos) como la sabiduría (factores no humanos); debiendo siempre permanecer en el mismo nivel de importancia en la toma de decisiones. Las *Premisas Generales* son las encargadas de definir los límites y características del ciclo. Es decir, se definirá en esta etapa si el prototipo es: sustentable, si respeta los límites naturales, económicos, sociales y culturales, si considera el entorno dinámico en constante cambio, y si forma parte de un sistema abierto, homeostático y simbiótico. El resultado de la correcta interacción de estos sistemas será la generación de un diseño ideal, siempre perfectible, capaz de ofrecer una solución viable para la problemática inicial. Si la propuesta no cumpliera con las premisas generales esta tendrá la posibilidad de volver a integrarse al ciclo del cual partió, para así optimizar el resultado.

El eje conductor que guiará el retroceso del hacer empírico a la epistemología para reorientar el proceso de pensamiento y así generar mejores respuestas será la biomimética sustentable, como una propuesta que se nutre del conocimiento biológico y sabiduría natural, generando propuestas tecnológicas congruentes entre el medio ambiente y las necesidades humanas.

¿Cómo funciona el modelo? (flujo)

El modelo biomimético sustentable cuenta con la característica de ser un ciclo infinito, el cual puede tener dos puntos de partida, de igual importancia pero con diferentes enfoques. Éste comienza en una situación inicial definida por las premisas particulares, a partir de este punto el usuario del modelo puede decidir comenzar desde los factores humanos o los no humanos, esta decisión dependerá de las características y objetivos particulares del proyecto a llevar a cabo. Sin importar cuál de las dos esferas se utilice primero, ambas formarán parte de la primera etapa del proceso, ya que definirán las características fundamentales a tomar en cuenta. Ambas esferas se encuentran ligadas en un ciclo ilimitado, el cual desembocará en la tercera esfera una vez que las características pertenecientes a los factores humanos y los no humanos sean lo suficientemente sólidas y estables para permitir que el proceso continúe.

Alcanzada la tercera esfera, la perteneciente a los factores humanos y no humanos se comenzarán a generar prototipos, posibles soluciones, el usuario puede decidir cuánto tiempo permanecer en este ciclo y de ser necesario puede volver a las categorías anteriores para fortalecer las propuestas. Una vez que existan posibles respuestas, el proceso deberá retroceder al punto de partida, desde el cual comenzará un ciclo de revisión de premisas; por medio de éste se discriminará entre las diferentes propuestas, mientras que otras se perfeccionarán. En éste proceso se deberán volver a recorrer las etapas anteriores, a modo de revisión, en esta ocasión asegurándose de que las premisas generales hayan sido respetadas. De ser necesario se puede volver a utilizar cualquiera de las esferas de factores antes de alcanzar la propuesta final. Es necesario resaltar que cuando este recorrido haya llegado al diseño ideal, se alienta al generador de propuestas a volver al punto de partida, haciendo constar que cualquier posible solución será perfectible. El diseño ideal marcará el fin parcial del ciclo, una

propuesta lo suficientemente sólida y estable para ser puesta en práctica. El modelo teórico biomimético sustentable es un ciclo continuo y dinámico que permite soluciones ideales pero siempre perfectibles.

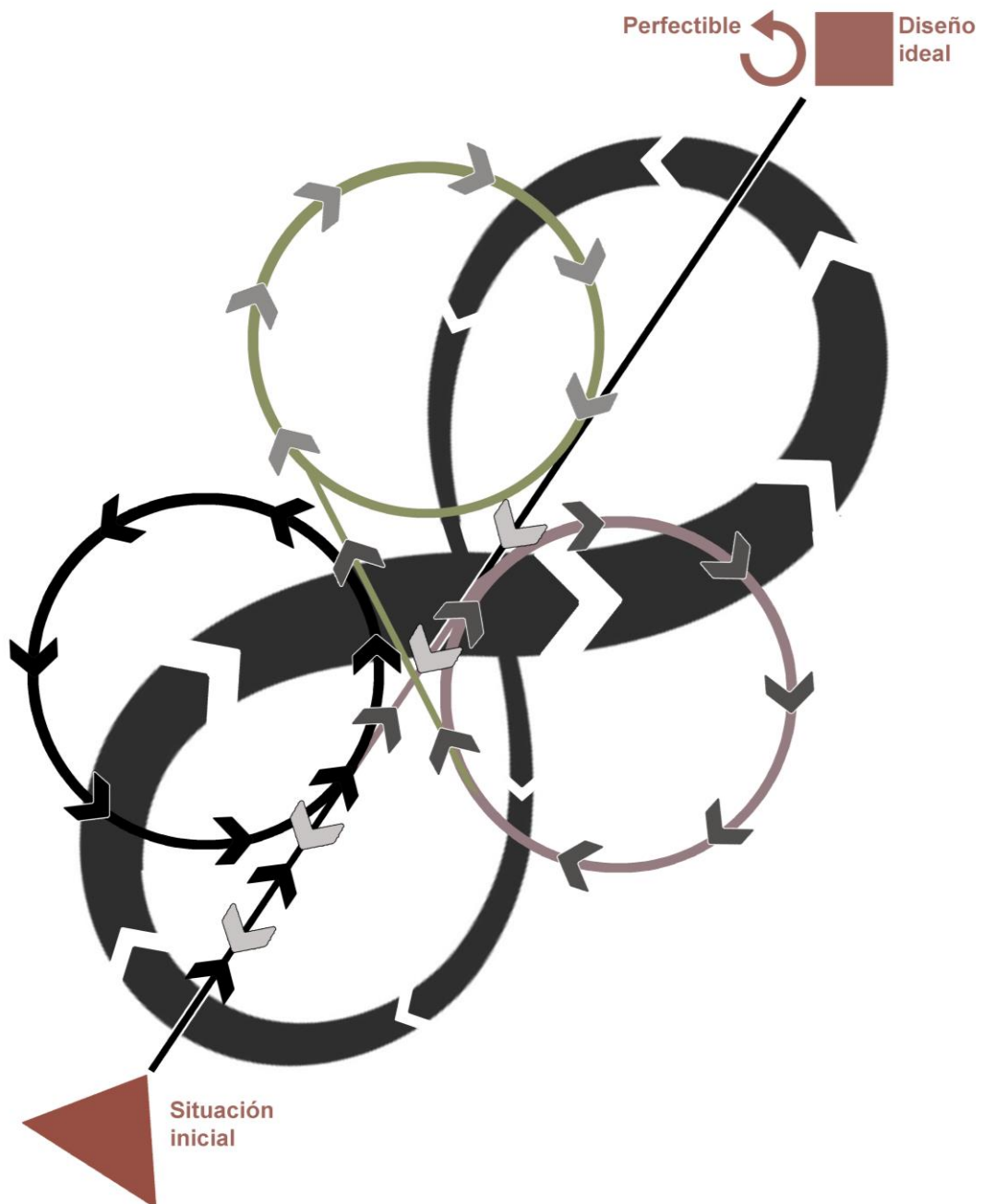


Diagrama 7 Flujo del modelo

4.3 Caso de estudio, Ciudad de México

Búsqueda de confort térmico en la vivienda *Agua Cristalina* en la megalópolis Ciudad de México

En el presente trabajo se ha establecido la necesidad de partir de principios teóricos para poder ofrecer respuestas congruentes con los objetivos establecidos. Por lo tanto, y como se ha manifestado al confrontar los avances en materia de conocimiento ofrecidos por la ciencias frente a las respuestas tecnológicas se diagnosticará, por medio de un caso de vivienda existente en la Ciudad de México, la viabilidad de partir del modelo teórico biomimético sustentable para ofrecer respuestas congruentes con la sustentabilidad natural.

El modelo aquí presentado puede funcionar de distintas formas: como un método para describir y proponer soluciones biomiméticas sustentables, o como un método de evaluación de proyectos existentes. En el caso de la segunda, el modelo podrá ser aplicado como un método de evaluación para definir el grado de sustentabilidad de la propuesta, para más tarde convertirse en una guía de optimización. Es decir, análisis de las respuestas basadas en el conocimiento humano, evaluado y nutrido por los criterios ideales y sustentables; para proponer mejoras utilizando la sabiduría y el conocimiento, limitados a las condiciones del entorno y apoyándose en los últimos avances tecnológicos.

A continuación se pondrá en acción el modelo, como una forma de poner a prueba la teoría desarrollada, evaluando el grado de sustentabilidad de una construcción existente. Para ello, se esbozará un método, haciendo hincapié en que este representará solo una forma de utilizar la información contenida en el modelo, y que el diseñador deberá modificar o incluso crear el método que mejor se adapte a los objetivos y necesidades específicas del proyecto. Se ha hecho hincapié a lo largo de esta investigación, en la necesidad de trabajar de forma interdisciplinaria. Esta característica se menciona ahora con el fin de declarar que la aplicación teórica del modelo, presentada en los siguientes párrafos, se limitará a mencionar categorías tales como; el contexto cultural, social, político y económico; sin necesariamente profundizar

en un análisis de estas categorías, encontrándose estas fuera del área del conocimiento de la autora. Con la finalidad de hacer propuestas capaces de responder de mejor manera a la complejidad de las situaciones enfrentadas por la sustentabilidad, es necesario reconocer y fomentar el apoyo de otras disciplinas. A continuación se muestra la representación gráfica del modelo como será utilizado en esta investigación. Las categorías que no se podrán analizar han sido marcadas en color gris, mientras que aquellas que deberán ser ampliadas y enriquecidas por otras disciplinas fuera del diseño, se han marcado en rojo. Se recomienda que todas las categorías sean enriquecidas por otras áreas de estudio.

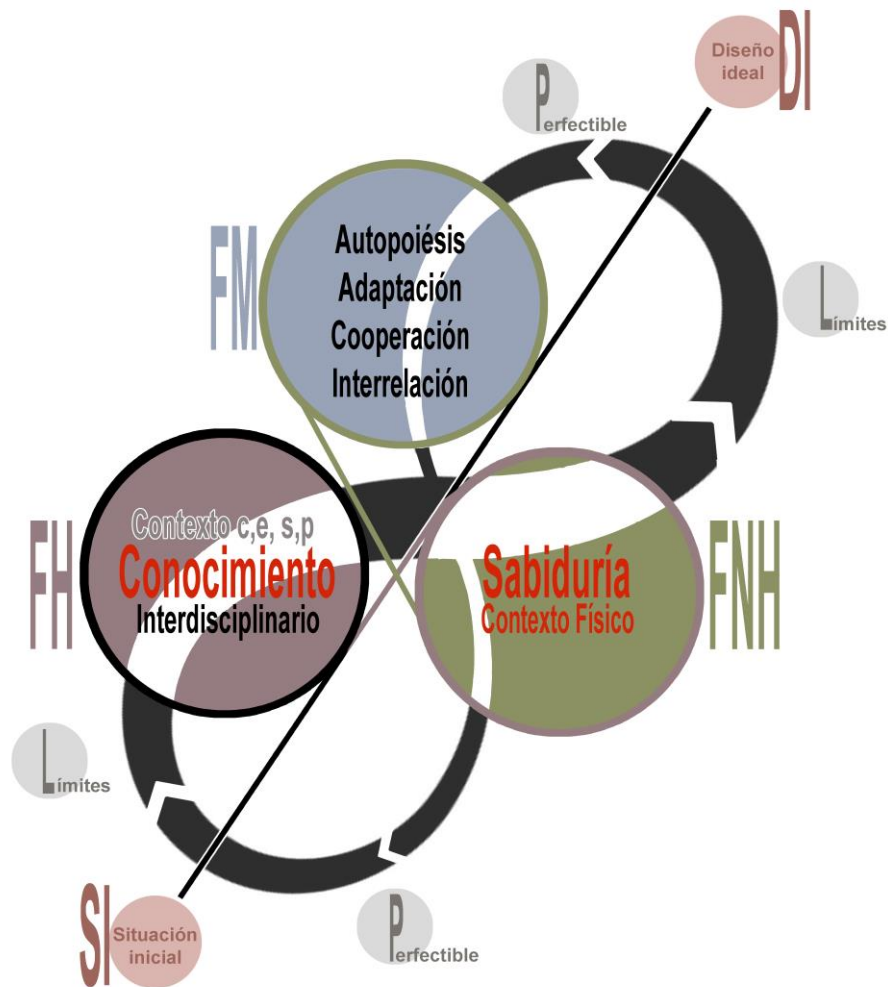


Diagrama 8 Modelo biomimético sustentable para ser utilizado en el caso de estudio Agua Cristalina

El proyecto a analizar se encuentra ubicado en la megalópolis Ciudad de México. Se trata de una obra del arquitecto mexicano Jorge Montoya y fue construida entre el años 2016-2018 con el objetivo de convertirse en la residencia permanente del arquitecto y su familia. Esta obra ha sido elegida para el presente estudio, pues se trata de una residencia contemporánea inscrita en la megalópolis, en la cual se han procurado resolver problemáticas relacionadas con el confort térmico, por medio del uso de eco tecnologías y estrategias bioclimáticas. Las estrategias utilizadas no serán juzgadas por su eficiencia, sino por su congruencia dentro del modelo biomimético sustentable. Las respuestas serán evaluadas bajo los criterios ideales y sustentables utilizando como referencia las soluciones encontradas en la naturaleza y los límites establecidos por esta. Cabe mencionar que en el presente estudio no se realizarán recomendaciones sobre las posibles mejoras, tan solo se evaluarán las estrategias ya en uso. Se decidió abordar en el estudio una casa que ha procurado resolver problemáticas relacionadas con la sustentabilidad, con el objetivo de resaltar que aún haciendo uso de estrategias consideradas como sustentables, estas no siempre se encuentran dentro del modelo biomimético sustentable, siendo aún necesario intervenir para convertirlas en estrategias dentro del marco de la sustentabilidad establecida por la naturaleza.

Descripción del proyecto Agua Cristalina

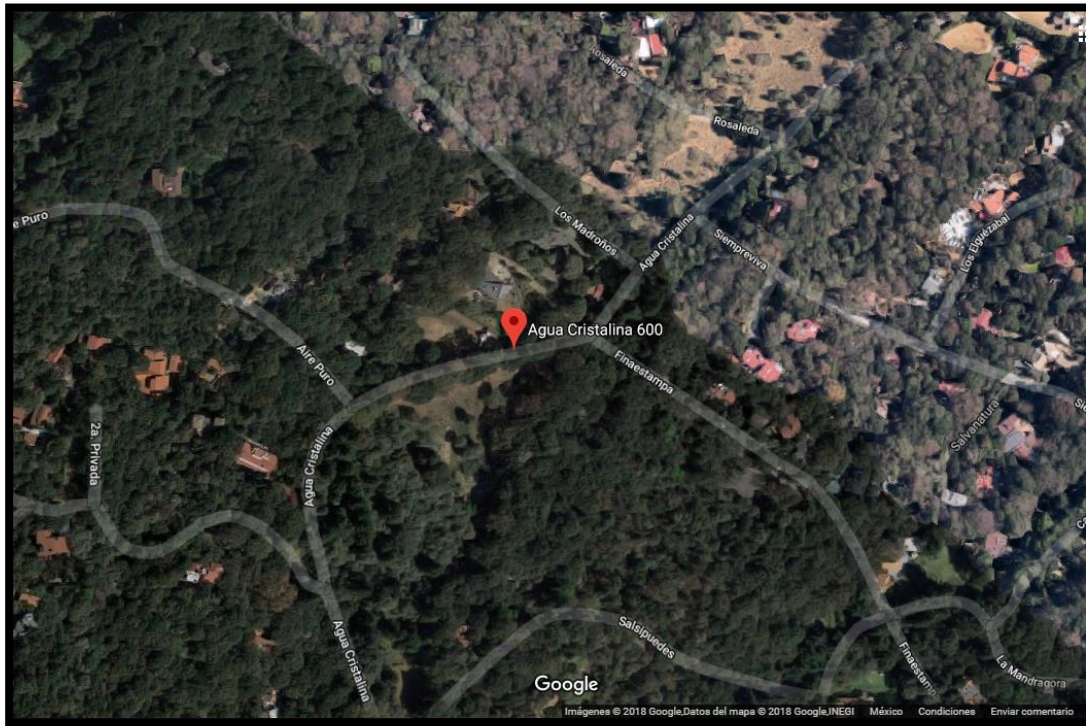


Imagen 1. Vista aérea gua Cristalina 600. Obtenida de Google Maps.

La casa se encuentra construida en un terreno de 4,009m², en el fraccionamiento denominado Tlalpuente. El área de Tlalpuente se encuentra ubicada en una zona boscosa, a las faldas del Ajusco y ha logrado mantener una convivencia armónica entre el entorno natural y las intervenciones humanas. El área cuenta con un reglamento general y un reglamento de construcción complementario al establecido por el gobierno de la Ciudad del México; por medio de estos se busca alcanzar *un modo de vida que tiene al bosque como eje y como origen*²⁰³. El objetivo de las reglas establecidas es asegurar la *preservación de la belleza natural, de las condiciones ecológicas del medio ambiente y la sana convivencia*²⁰⁴. Se invita a *no limitar las expresiones individuales de las construcciones, pero a descubrir las posibilidades manteniendo la armonía del conjunto*²⁰⁵, por medio de regulaciones y restricciones de construcción. Dentro del reglamento se contemplan normas como: el respeto a la flora, fauna y condiciones

²⁰³ (Tlalpuente, 2018)

²⁰⁴ (Tlalpuente, 2018)

²⁰⁵ (Tlalpuente, 2018)

naturales del terreno; el uso adecuado del agua durante el tiempo de la construcción; plantear la existencia de cisternas de captación de agua pluvial; la administración racional de los servicios de agua y electricidad; el cuidado del bosque; la superficie máxima permitida para construir caminos que alterarían la superficie del bosque; el uso de ecotécnicas; la prohibición de uso de alumbrado público con el fin de respetar los tiempos de la flora y la fauna; el área máxima de construcción en un terreno; las características especiales que deberán tener las bardas y techos; ocultar o mimetizar con los colores de la naturaleza cualquier instalación ajena al bosque; el manejo adecuado de desechos y de aguas jabonosas y negras, entre otras.

En Tlalpuente se procura fomentar una cultura de respeto a todos los actores del ecosistema, una sana convivencia vecinal y uso congruente de los recursos del bosque. Se trata de una comunidad que procura mantener el equilibrio con el ecosistema natural a pesar de encontrarse inscrita en una de las megalópolis más grandes del mundo. El uso congruente de los recursos naturales, el cuidado a la flora, fauna y condiciones del bosque, así como las restricciones en el uso de suelo establecidas en el reglamento, resultan fundamentales para mantener las *Premisas Generales* del proyecto *Biomimético Sustentable*. Por lo tanto el reglamento de construcción de Tlalpuente será utilizado como apoyo de las premisas particulares, ya que restringen la toma de decisiones de diseño.

La casa de Agua Cristalina es una construcción de 320.07m² sobre nivel de terreno distribuida en 3 plantas. Previo a la construcción de esta casa, existía en el terreno una pequeña cabaña de madera, de la cual el material fue reutilizado para la construcción de la nueva vivienda. Solo el 8% del total del área del terreno fue utilizado para realizar la nueva construcción, porcentaje que respeta el máximo del área construida establecido en el reglamento de Tlalpuente. Gracias a las condiciones naturales de terreno fue posible construir un sótano con 3 colindancias, el cual es utilizado como área de garaje y servicios. En esta planta se encuentran también un salón de juegos y una recámara de visitas. Ambas cuentan con grandes ventanales orientadas al noreste que permiten la entrada de iluminación y ventilación naturales. Se trata de un área propensa a la humedad y al frío.

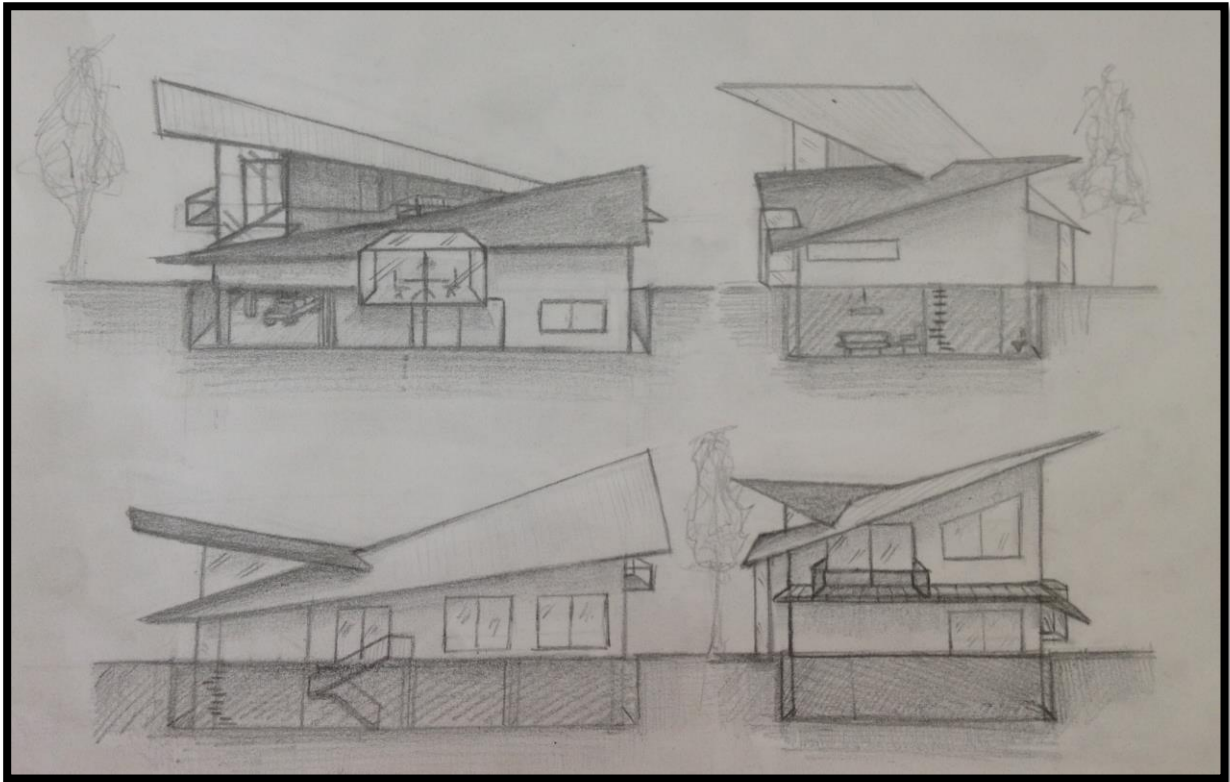


Imagen 2 Bocetos del proyecto Agua Cristalina 600 por DIA Angeles Mercado. Esquina superior derecha fachada noreste; esquina superior izquierda fachada noroeste; esquina inferior derecha fachada suroeste; fachada inferior izquierda fachada sureste.

La planta baja se encuentra conectada al sótano por medio de unas escaleras de caracol, sin embargo también es posible entrar a esta por una puerta peatonal en el mismo nivel. En esta planta se encuentran la cocina, desayunador, terraza, cuarto de lavado, alacena, medio baño, el estudio del arquitecto, cava y una sala-comedor que se encuentran delimitadas por una chimenea (chimenea de gas y de leños). En el área de la sala hay un muro de doble altura recubierto de cantera. Cuenta también con una terraza, la cual se encuentra protegida por la parte superior con un balcón ubicado en la planta alta.



Imagen 3 Fachada norte desde jardín Zen exterior; recubierta en madera de recuperación de la cabaña.



Imagen 4 Fachada noroeste recubierta por madera de recuperación de la cabaña. Vista de área de mesas exterior; las ventanas en la parte inferior pertenecen al estudio del arquitecto, mientras que las superiores a la recámara secundaria.



Imagen 5 Desnivel natural del terreno que dio origen a la proyección del sótano.



Imagen 6 Fachada noreste, condiciones actuales del inmueble.



Imagen 7 Fachada sureste, vista del acceso peatonal en planta baja y terraza, el balcón pertenece a la recámara principal en planta alta.



Imagen 8 Interior del inmueble planta baja; en primer plano vista de comedor y chimenea, al fondo escaleras y acceso al estudio del arquitecto.

Por medio de la misma escalera que conecta el sótano y la planta baja, se accede a la planta alta. En la planta alta se ubican una recámara secundaria (fachada noreste) con vestidor y un baño completo; así como la recámara principal, ésta incluye un baño completo, vestidor y un estudio de pintura con un gran ventanal de piso a techo, en escuadra y con orientación sureste. La recámara principal cuenta también con un gran ventanal que da acceso a un balcón privado, este último orientado al oeste. La recámara secundaria se encuentra el noreste de la casa y cuenta también con un ventanal, éste es de menor tamaño debido a las distintas inclinaciones del techo. En esta planta se construyeron, además del balcón de la recámara principal, 4 pequeños balcones en el perímetro de la fachada sur y noroeste.

En el techo de la casa se encuentra una instalación de 14 paneles para calderas solares orientados hacia el sur, estos tienen como objetivo generar suficiente agua caliente para mantener el piso y zoclo radiante de la casa funcionando sin hacer uso de la caldera. El agua caliente es almacenada en 3 termo tanques para ser utilizada durante las horas de obscuridad, ubicados en la parte trasera del garaje. Se proyectó también una caldera de gas para ser utilizada en caso de ser ineficiente la producción por energía solar. No todas las áreas de la casa fueron consideradas para la instalación de piso radiante, existen sistemas de calefacción alternos, radiadores instalados en áreas de menor uso, como lo son: la recámara secundaria, la recámara de huéspedes, el estudio del arquitecto y el cuarto de juegos. Las áreas que cuentan con piso y zoclo radiante son la recámara principal, el área de sala comedor, el desayunador familiar y el cuarto de servicio. La calefacción puede ser regulada por los habitantes de la casa.

En el acceso al terreno se respetó la vegetación nativa, y se procuró plantar aproximadamente 10 árboles más. Aunado a esto un área del terreno está dedicada a la creación de un vivero. Existen dos formas de almacenar el agua de lluvia, por una parte se construyó una cisterna de agua pluvial que recolecta el agua de los techos para más tarde ser utilizadas en los servicios de la casa. Por otro lado, se construyó un lago, éste cuenta con un ecosistema de peces, el cual ha seguido en aumento ya que las condiciones han sido las óptimas para la reproducción de las especies acuáticas. Existe también una cisterna de agua potable y una fosa séptica.



Imagen 9 Vista desde acceso principal, fachada sureste; sobre el techo en la imagen se encuentran instalados los 14 paneles solares.



Imagen 10 Vista del acceso vehicular desde el jardín; en la esquina inferior izquierda el lago para recolección de agua pluvial.

A continuación se enlistan los materiales que fueron utilizados para la construcción y decoración de la casa:

- ✓ Tabique
- ✓ Cemento
- ✓ Porcelanto en piso
- ✓ Ventanas con tecnología Duo-vent con gas
- ✓ Tejas de barro en techos
- ✓ Cantera en muro interior de la sala
- ✓ Recubrimiento de muros exteriores de área de garaje y acceso en el sótano
- ✓ Muro de tepetate
- ✓ Muro de madera natural (material recuperado de la cabaña) Fachada noreste.
- ✓ Utilización de piedra local
- ✓ Puerta de madera recuperada.
- ✓ Pintura en muros
- ✓ Muebles de jardín contruidos con la madera recuperada de la cabaña.
- ✓ Decoración en el jardín, columnas que sirven de soporte para pérgolas y árboles, recuperadas de la cabaña.

Ecotécnicas en *Agua Cristalina*:

- ✓ Cisterna de agua pluvial (recolecta agua de techos)
- ✓ Lago agua pluvial con ecosistema natural (carpas)
- ✓ Vivero
- ✓ Calentador solar
- ✓ Calefacción piso y zoclo radiante con termo tanques conectado a sistema solar
- ✓ Aislante en muros (tabique, plástico, panel tipo W, aplanado mezcal, aplanado de yeso, pintura)
- ✓ Ventanas Duo-vent con gas
- ✓ Paneles fotovoltaicos (reducir energía, ahorro directo al medidor) ***por instalar**
- ✓ Radiadores en recámara secundaria y de visitas
- ✓ Pasos de fauna

Descripción del camino más óptimo para evaluar la sustentabilidad biomimética

Con el objetivo de aplicar el modelo teórico de mejor manera, a continuación se describe el proceso que se deberá seguir para evaluar la sustentabilidad biomimética de las tecnologías aplicadas para alcanzar el confort térmico en el interior de la vivienda. Se comenzará por presentar la situación inicial, definir las premisas generales, establecer las premisas particulares y exponer el objetivo o diseño ideal. Estas guiarán la toma de decisiones a lo largo de la evaluación biomimética sustentable.

Definición inicial

Situación Inicial

Casa habitación existente, *Agua Cristalina*.

Ubicación: Agua Cristalina #600, Tlalpuente, Tlalpan, Ciudad de México.

Premisas generales:

1. Sustentable
2. Reconocimiento de los límites naturales, económicos, sociales y culturales
3. Entorno dinámico en constante cambio.
4. Proceso de perfeccionamiento continuo.
5. Sistemas abiertos, homeostáticos y simbióticos.

Premisas particulares:

6. Casa habitación existente
7. Ubicada en la megalópolis Ciudad de México, dirección: Agua Cristalina #600, Tlalpuente, Tlalpan.
8. Alcanzar el confort térmico humano

Diseño ideal

Alcanzar el confort térmico humano; respetando los factores humanos y no humanos; orientando al diseño bajo los factores mixtos; y limitando la intervención por medio de las premisas generales.

Confort térmico

- Temperatura entre 18°C y 24°C²⁰⁶
- Humedad ideal entre el 30% y 50%²⁰⁷
- Ventilación natural necesaria, mínimo 5% del área del local²⁰⁸.
- Iluminación natural 17.5% del área del local²⁰⁹

Nota: Cabe mencionar que el presente es un caso piloto y que los parámetros aquí expuestos están fundamentados en normas y regulaciones; sin embargo para poder definir estos parámetros de manera certera es necesario que se realice un estudio riguroso desde las áreas del conocimiento biológicas y sociales.

Definición de estrategias aplicadas

Estrategias para alcanzar el confort térmico en Agua Cristalina (Ecotécnicas):

- ✓ Calentadores solares con termo tanques para piso y zoclo radiante.
- ✓ Calefacción por piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.
- ✓ Aislante en muros (tabique, plástico, panel W, cemento arena, yeso, pintura)
- ✓ Ventanas Duo-vent con gas.
- ✓ Radiadores en recámara secundaria y de visitas.

²⁰⁶ La temperatura podrá variar entre estos valores. Este parámetro ha sido definido en respuesta al análisis de diferentes posturas: (Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, 2015) (Arquitectura y energía, 2015) (Enciclopedia salud, 2008), (Vivienda saludable, 2018), (Actitud ecológica, 2016).

²⁰⁷ Valor obtenido de las Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones (Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, 2015)

²⁰⁸ Valor obtenido de las Normas técnicas complementarias de la Ciudad de México (Gobierno de la Ciudad de México, 2011)

²⁰⁹ Valor obtenido de las Normas técnicas complementarias de la Ciudad de México (Gobierno de la Ciudad de México, 2011)

Subdivisión de estrategias

Subdivisión de estrategias utilizadas para las diferentes problemáticas relacionadas con el confort térmico.

- Temperatura
 - ✓ Aislante térmico en los muros
 - ✓ Piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.
 - ✓ Radiadores
 - ✓ Ventanas con tecnología Duo-Vent con gas
- Ventilación y asoleamiento
 - ✓ Ventanas y ventanales tecnología Duo-Vent con gas. (sistema de apertura de proyección y de deslice)
 - ✓ Uso de domos.
 - ✓ Balcones.
- Humedad
 - ✓ Aislante térmico en muros y pisos.
 - ✓ Ventanas y puertas selladas.

Tecnologías a analizar

- Aislante térmico en muros y pisos
- Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares
- Radiadores
- Ventanas Duo-Vent

Tabla que muestra el área relacionada al confort térmico que cada una de las estrategias aplicadas resuelve.

Estrategias	Temperatura	Ventilación y asoleamiento	Humedad
Aislante térmico en muros	✓		✓
Piso radiante	✓		✓
Radiadores	✓		✓
Duo-Vent gas	✓	✓	

Tabla 2 Relación estrategias - confort térmico

Definición de factores y categorías del caso de estudio

A continuación se enlistan y analizan los factores humanos, no humanos y mixtos con sus respectivas categorías.

- **Factores Humanos**

- **Interdisciplinario, factor humano**

Disciplinas que pueden ofrecer profundización de las categorías a analizar para el proyecto que busca alcanzar el confort térmico. Iniciar con esta categoría plantea la necesidad de formar un equipo interdisciplinario para comenzar a construir el contenido del modelo.

En la siguiente tabla se indican las disciplinas sugeridas, cuyas aproximaciones y aportaciones podrán resultar de utilidad para la construcción del conocimiento; estas han sido clasificadas de acuerdo al área de conocimiento a la que pertenecen.

Áreas del conocimiento	Ciencias Biológicas Químicas y de salud	Ciencias Sociales	Ciencias Físico Matemáticas e Ing.	Humanidades y de las artes
	Biología	Antropología	Arquitectura	Historia
	Ecología	Sociología	Diseño Industrial	Desarrollo y gestión interculturales
	Ciencias ambientales	Ciencias políticas	Bioingeniería	
		Economía	Ingeniería en energías renovables	
		Derecho	Ciencia en materiales sustentables	
		Geografía	Ingeniería química	
			Ingeniería mecatrónica	

Tabla 3 Factores humanos, interdisciplinario

○ **Conocimiento, factor humano**

¿Cómo ha resuelto el confort térmico el ser humano (soluciones actuales e históricas en distintas geografías)? Para conjuntar este conocimiento se deberá hacer una recolección de información teórica y práctica desde las distintas especialidades. En la presente se enlistan las estrategias sin profundizar en las especificidades de estas. El conocimiento de estas será necesario en futuras etapas del estudio. Se plantean las estrategias con el objetivo de identificar los antecedentes del problema a abordar; los avances y la actualidad de las soluciones que se han dado desde el raciocinio humano. Con esta información se generará un punto de partida para conocer las propuestas existentes en cuanto a control térmico, así como una base de datos para futuras propuestas.

A continuación se muestran las estrategias para el control térmico interior:

- ✓ Aire acondicionado.
- ✓ Extractores
- ✓ Calefacción
- ✓ Piso radiante
- ✓ Inyección de aire fresco.²¹⁰
- ✓ Calentador solar de aire. ²¹¹
- ✓ Uso de materiales encontrados en la naturaleza que conservan o impiden la absorción de calor: barro, adobe, madera, tabique, piedras, entre otros.
- ✓ Aislantes plásticos en muros.
- ✓ Muro captor y acumulador del calor. ²¹²
- ✓ Centralización de emisores de calor. ²¹³
- ✓ Subdivisión de espacios para evitar flujo de aire y acumular calor.
- ✓ Construcciones de gran altura interior
- ✓ Techos verdes

²¹⁰ (Deffis, 1987)

²¹¹ (Deffis, 1987)

²¹² (Deffis, 1987)

²¹³ (Deffis, 1987)

- ✓ Movimientos del aire en el interior
- ✓ Uso de ventanas dobles
- ✓ Orientación de fachadas
- ✓ Fachadas dobles.
- ✓ Fachadas móviles.
- ✓ Paneles reflejantes en el exterior.
- ✓ Geometría de techumbres para mejorar o disminuir la absorción de calor por asoleamiento.
- ✓ Trampa de calor.²¹⁴
- ✓ Muro verde

Tabla donde se resaltan las funciones y características principales de las estrategias expuestas:

	Ventilación o asoleamiento	Humedad	Ganar calor	Conservar temperatura	Perder calor	Intervención de origen	En obra existente
Aire acondicionado					●	●	●
Extractores		●			●	●	●
Radiadores		●	●			●	●
Piso radiante			●	●		●	
Inyección de aire fresco	●	●			●	●	
Calentador solar de aire		●	●			●	
Materiales propiedades térmicas		●	●	●	●	●	●
Aislantes plásticos en muros		●	●	●		●	
Muro captor y acumulador de calor			●			●	
Centralización de emisores de calor			●			●	
Sudivisión de espacios			●	●		●	
Construcciones de gran altura					●	●	
Techos verdes	●	●		●	●	●	●
Flujo de aire	●				●	●	
Ventanas dobles	●			●		●	●
Orientación de fachadas	●		●	●	●	●	
Fachadas dobles	●		●	●	●	●	●
Fachadas móviles	●		●	●	●	●	
Paneles reflejantes en el exterior			●			●	●
Geometría de techumbres	●		●		●	●	
Trampa de calor					●	●	●
Muro verde		●		●	●	●	●

Tabla 4 Factores humanos, conocimiento

²¹⁴ (Deffis, 1987)

Observaciones y conclusiones de las estrategias analizadas

Las estrategias aquí expuestas, representan una muestra de las soluciones desde el raciocino humano. En el estudio de estas se analizó a qué necesidad responde cada una: humedad, ventilación, asoleamiento, pérdida, ganancia o conservación de calor; así como qué clase de obras pueden ser intervenidas por estas soluciones. Se reveló que menos de la mitad de estas intervenciones pueden ser aplicadas en obra existente, lo que representa una gran desventaja para los habitantes de estas construcciones frente a los incrementados cambios climáticos de los últimos años.

El confort térmico es siempre la constante que estas soluciones plantean, no obstante la búsqueda del confort puede variar entre un nivel óptimo de humedad, porcentaje ideal de ventilación y asoleamiento y la perdida, ganancia o conservación de calor. Al respecto, se descubrió que son más las estrategias que procuran generar o perder calor, antes que conservarlo. El uso de tecnología alimentada por fuentes de energía, en su mayoría por quema de fósiles también resultó ser una constante para muchas de las estrategias estudiadas. En la actualidad se ha procurado cambiar las fuentes de energía, de fósiles al uso de recursos renovables, sin embargo la lógica que procura generar soluciones que necesariamente impliquen un gasto energético se mantiene latente. Las estrategias basadas en el uso directo de los recursos naturales como el sol y el viento son menos frecuentes que aquellas que procuran variar la temperatura independientemente de las condiciones del medio ambiente.

En cuanto a las cualidades del medio ambiente, o contexto físico en el que las soluciones son aplicadas, se hace evidente el desaprovechamiento de los recursos locales para dar mejores soluciones. Menos de la mitad de las estrategias estudiadas hacen uso de las características del medio ambiente para alcanzar sus objetivos térmicos. En cambio varias de ellas buscan introducir fuentes de energía para variar radicalmente la temperatura. Estas estrategias han sido producidas de forma aislada, sin tomar en cuenta factores más allá de la obtención de energía para hacer funcionar el sistema, es decir son tecnologías fabricadas en distintas geografías sin tomar en cuenta las características de las localidades. Para ejemplificar lo anterior se hace referencia a las condiciones climáticas de una casa fabricada de muros de concreto

ubicada cerca del polo norte, con una temperatura media de 0°C si el propietario así lo quisiera se podría instalar un sistema de aire acondicionado para hacer que la vivienda permaneciera siempre a un temperatura menor a los cero grados, aunque esto no resultara confortable para sus habitantes. No obstante esta tecnología podría ser aplicada, ya que el único requerimiento para instalar una tecnología de este tipo es una fuente de energía externa que la haga funcionar.

Estrategias tales como la inyección de aire frío, la trampa de calor, el muro captor y acumulador de calor, uso de materiales naturales, techos de gran altura, orientación de fachadas, flujo de aire, uso de techos y muros verdes, entre otros, son estrategias que han sido generadas ya sea por estrategias de construcción vernáculas o aportaciones desde la bioclimática. Al contrario de las estrategias que buscan energizar para modificar las condiciones naturales, estas aprovechan las cualidades del medio ambiente para favorecer sus necesidades. No obstante dichas estrategias consideran en su mayoría la aplicación en obra nueva. Aunado a esto, las estrategias aquí mencionadas son capaces de responder a ciertas características temporales del ambiente, en caso de incrementar las fluctuaciones de temperatura externa, su eficiencia puede disminuir. En el caso de las estrategias analizadas en este caso de estudio, estas se expondrán en los siguientes apartados.

- **Contexto social, cultural, económico y político de la Ciudad de México, factor humano**

Categoría a analizar por otras disciplinas.

En esta se deberá exponer el estudio de la actualidad del contexto sin tomar en cuenta el contexto en el que fue construida la obra. La relevancia de este estudio yace en las posibilidades y limitaciones que podrá tener la obra en la actualidad, Ciudad de México 2018. Esta categoría deberá ser enriquecida por disciplinas pertenecientes a las ciencias sociales y humanas.

- **Factores No humanos**

- **Sabiduría, factor no humano**²¹⁵

Categoría a analizar por otras disciplinas.

Conocimiento basado en las especies nativas del lugar, y en similares encontradas en otras geografías. Para obtener la información contenida en esta categoría se acudió a la plataforma AskNature desarrollada por el Biomimicry Institute 3.8 como apoyo teórico, cabe mencionar que la información obtenida es limitada y requiere de desarrollo y revisión por parte de expertos en ciencias biológicas.

¿Qué hace la naturaleza para regular la **temperatura** de espacios delimitados?

¿Qué hace la naturaleza para controlar la **entrada y salida** (ventilación y asoleamiento)

de factores que afectan la temperatura en espacios delimitados?

¿Qué hace la naturaleza para controlar la **humedad** en espacios delimitados?

Estrategias obtenidas con el apoyo de la plataforma AskNature²¹⁶ del Biomimicry Institute 3.8:

- **Skin fine-tunes internal temperature**²¹⁷

La piel del elefante cuenta con ventanas térmicas que le ayudan a regular su temperatura interior; zonas de la piel altamente vascularizadas. El control del flujo sanguíneo en la superficie de estas ventanas le permite liberar calor rápidamente.

- **Feathers trap air to provide warmth**²¹⁸

Las plumas de los pingüinos atrapan el aire para retener el calor al formar una capa continua alrededor de su cuerpo. Sus plumas son cortas y duras y se encuentran ligadas a un músculo que las inclina comprimiéndolas y creando así una barrera impermeable. Las plumas se superponen para crear una barrera anti viento y agua. Cuentan también con una capa de

²¹⁵ Área de la biología, sin embargo se puede buscar el apoyo de base de datos como TRIZ, Ask Nature, entre otras.

²¹⁶ (The Biomimicry Institute, 2018)

²¹⁷ (The Biomimicry Institute, 2016)

²¹⁸ (The Biomimicry Institute, 2016)

grasa debajo de la piel, la cual refuerza la barrera térmica y evita así la pérdida de calor.

- *The steams of cushion plants protect from the cold via tight packing.*²¹⁹

En la búsqueda de protección del frío, las plantas en cojín crean un mini ecosistema en el cual mantienen el calor, humedad y nutrientes en mejores condiciones en comparación con el exterior. El cojín funciona como una cubierta protectora que mantiene las condiciones interiores estables.

- *Fur absorbs infrared radiation*²²⁰

El pelaje de los osos polares permite la fácil absorción de la radiación infrarroja, responsable de la sensación de calor. Al mismo tiempo una segunda capa de pelo impide que el calor emitido por el cuerpo del oso sea liberado al ambiente, este calor es reabsorbido por el pelaje. La piel negra debajo del pelaje es también un factor que impide la pérdida de calor durante la noche.

- *Collective body heat warms nest*²²¹

La superficie de los nidos de la hormiga roja de madera tienen pequeños agujeros que sirven tanto como entradas como ventilación. Cuando la temperatura disminuye tapan los agujeros con su cuerpo convirtiéndose en calentadores vivos. Esto lo logran tras exponerse al sol, la energía que acumulan será la que utilicen para calentar sus nidos al anochecer.

- *Underhairs provide insulation*²²²

El borrego Merino logra mantenerse caliente en clima frío y fresco en clima cálido creando una capa aislante entre su cuerpo y el medio ambiente, esto lo logra gracias a cientos de pequeñas bolsas de aire atrapadas en su lana.

²¹⁹ (The Biomimicry Institute, 2016)

²²⁰ (The Biomimicry Institute, 2016)

²²¹ (The Biomimicry Institute, 2016)

²²² (The Biomimicry Institute, 2016)

- *Nest kept warm*²²³
El faisán australiano mantiene el calor de su nido generando un área de protección para sus crías compuesto de vegetación podrida en la base y una cubierta protectora de arena. Si la temperatura exterior aumenta mucho por el asoleamiento y fermentación agregan una capa de arena fresca cada vez más gruesa. En caso de requerir aumentar la temperatura utilizan una delicada capa de arena y hacen uso del calor emitido por el sol.
- *Leaf color and shape enhance cooling effect*²²⁴
La cantidad de luz y calor absorbida por las hojas de los arboles varía de acuerdo a la reflectividad. Características como su color, textura y densidad permiten la regulación de temperatura. Para ejemplificar el comentario anterior, en las zonas de poco asoleamiento tienen mayor éxito los arboles de color oscuro que los de color claro y viceversa. A mayor cantidad de sombra producida por los árboles, menor será el asoleamiento en la tierra y por lo tanto menor la cantidad de calor liberado durante la noche. Aunado a esto, las moléculas de agua absorbidas por las hojas se convertirán en vapor, este también permitirá un efecto de enfriamiento. Las hojas de textura rugosa y de gran tamaño permiten una mayor absorción que la de las de las hojas lisas y pequeñas.
- *Leaf fan optimizes cooling and wind resistance*²²⁵
Los segmentos inclinados de las hojas de la palmera Australiana (*Licuala Ramsayi*) le permiten recolectar luz, mantenerse fresca y evitar daños por el viento. Las hojas de esta palmera son de gran tamaño, lo cual permite una gran superficie para absorción de rayos del sol; gracias a la segmentación de la hoja, el viento puede pasar libremente eliminando el calor. Esta segmentación también permite la protección de la estructura de la hoja, pues esta tiene la capacidad de reorganizarse y recuperar su patrón original sin sufrir daños.

²²³ (The Biomimicry Institute, 2016)

²²⁴ (The Biomimicry Institute, 2016)

²²⁵ (The Biomimicry Institute, 2016)

- *Air scoops provide cooling*²²⁶
Myrmecia Forficata, una hormiga originaria de Australia regula su temperatura corporal liberando una brisa de vapor de agua, la cual es activada automáticamente en los laterales de su cuerpo como pequeñas bolas de aire, cuando se encuentra en contacto con cuerpos de alta temperatura.
- *Internal Thermostat regulates temperature*²²⁷
La col de mofeta regula su temperatura interna siguiendo un algoritmo matemático. Esta planta tiene la capacidad de controlar y mantener su temperatura interna entre 16°C y 24°C independientemente de las condiciones exteriores. Genera calor quemando almidón en ciertas células. Es aún desconocido cómo es que regula su temperatura, sin embargo las fluctuaciones siguen un algoritmo matemático.
- *Hair helps cool the body*²²⁸
El pelo de la hormiga plateada del Sahara le permite mantenerse fresca gracias a su estructura prismática, esta refleja la luz del sol y la energía, lo cual le permite disipar el exceso de calor aun cuando las condiciones climáticas alcanzan los 80°C. Esta especie cuenta con la habilidad de radiar calor y así perder temperatura.

²²⁶ (The Biomimicry Institute, 2016)

²²⁷ (The Biomimicry Institute, 2016)

²²⁸ (The Biomimicry Institute, 2017)

En la siguiente tabla se resaltan las funciones y características principales de las estrategias expuestas:

	Ventilación o asoleamiento	Humedad	Ganar calor	Conservar temperatura	Perder calor	Solución física	Solución química
Skin fine-tunes internal temperature	●			●	●	●	
Feathers trap air to provide warmth	●	●	●	●		●	
The steams of cushion plants protect	●	●		●		●	
Fur absorbs infrared radiation	●		●	●		●	
Collective body heat warms nest	●		●	●		●	●
Underhairs provide insulation	●		●	●	●	●	
Nest kept warm	●		●	●	●	●	●
Leaf color and shape enhance cooling	●	●	●		●	●	
Leaf fan optimizes cooling and wind	●				●	●	
Air scoops provide cooling	●	●			●	●	●
Inteneral thermostat regulates temp.			●	●			●
Hair helps cool the body	●				●	●	

Tabla 5 Factores no humanos, sabiduría

Observaciones y conclusiones de las estrategias analizadas

En el análisis de las estrategias utilizadas por la naturaleza se hizo evidente el uso y aprovechamiento de las características particulares, tanto de la especie, como del medio ambiente. En la mayoría de los casos se observó que las especies procuran mantener las condiciones térmicas antes que buscar perder o generar calor. Es decir, aprovechan las características del medio ambiente que les pueden ayudar a perder o generar mayor temperatura hasta alcanzar un estado óptimo; una vez alcanzado su estado ideal, generan barreras que les permitan mantener las condiciones alcanzadas (en la mayoría de las ocasiones condiciones que varían radicalmente de las del medio

ambiente) por un tiempo determinado. Se procura aprovechar e intercambiar recursos, para posteriormente cerrar el sistema hasta que sea necesario obtener más recursos. Lo que ha permitido a estas especies sobrevivir en temperaturas extremas no es su alta capacidad de resistencia, sino su gran capacidad para sobrellevar las condiciones aislando las características en las que pueden alcanzar su confort ideal.

En la naturaleza conservar las condiciones es más importante que generarlas. Haciendo uso del calor emitido por los rayos del sol, de las corrientes de aire, de las propiedades físicas de los materiales encontrados en el medio ambiente y de la evaporación de las moléculas de agua atrapadas en elementos cuyas características optimizan la captación de agua, las especies estudiadas obtienen la mayor cantidad de beneficios posibles en un tiempo limitado y los almacenan para posteriormente hacer uso de estos cuando las condiciones así lo requieran. Se descubrió que no existe más calor que aquel generado por el gasto energético de las especies vivas, o el generado por el sol. El calor no es emitido de modo que este caliente el ambiente, solo es reflejado o transmitido, permitiendo a otras especies alcanzar su temperatura ideal (en la mayoría de los casos).

Las características propias de cada especie responden a su medio y a las necesidades que tengan en este. En un mismo ecosistema puede haber condiciones climáticas variables, sin embargo un mismo “diseño” tiene la capacidad de sobrellevar todas estas mostrando un gran nivel de adaptabilidad. Haciendo uso de diversas estrategias, las especies analizadas cuentan con la capacidad de sobrevivir a pesar de las variaciones del ambiente.

- **Contexto físico, condiciones del medio ambiente, factor no humano**

Categoría a analizar por otras disciplinas.

Clima, geografía, flora y fauna de Tlalpuente. En la presente categoría se exponen las generalidades del ecosistema a estudiar, esta categoría deberá ser enriquecida y ampliada por disciplinas pertenecientes a las ciencias naturales.

- ✓ Clima:
Bosque. Templado subhúmedo y semifrío húmedo. Temperatura media anual de 10°C a 12°C²²⁹
- ✓ Geografía:
Altitud 3,930 mts. Terreno de lava volcánica.
- ✓ Flora:
Encinos, madroños, áile, hiedra.
- ✓ Fauna:
Teporingos, serpientes, tlacuaches, mapaches, luciérnagas, variedad de aves como los colibríes, los azulejos, guacamayas y pericos, así como varios tipos de roedores como la ardilla²³⁰

²²⁹ (ViveMx, 2014)

²³⁰ (Tlalpuente, 2018)

- **Factores Mixtos**

Superposición de estrategias naturales y soluciones humanas. En la siguiente sección se realizará un análisis de las estrategias aplicadas en Agua Cristalina, el análisis está basado en el estudio de su autopoiesis, adaptación, cooperación e interrelación con el medio al que han sido introducidos. La información contenida en esta sección se encuentra limitada por la falta de participación de otras disciplinas.

Soluciones a analizar:

1. Aislante térmico en muros y pisos
2. Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.
3. Radiadores
4. Ventanas Duo-Vent

- **Autopoiesis, factor mixto**

Categoría a analizar por otras disciplinas

Configuración física de la soluciones para el confort térmico ¿La solución es invasiva para el medio ambiente? ¿Esta responde a su función? ¿Los materiales de los que está fabricado tienen congruencia dentro del medio al que pertenecen? Los criterios elegidos para el análisis de la autopoiesis son: materiales y/o elementos utilizados y materialización. Estos buscan separar los elementos que configuran a los sistemas de confort térmico, con el objetivo de ayudar a responder si su autopoiesis tiene congruencia tanto con su función como con el medio en el que se han introducido

1. **Aislantes térmicos en muros**

Materiales y/o elementos utilizados:

En muros marco de solera, tela fomi, malla calibre 18, tabique, concreto, aplanado de

yeso y pintura. En piso, cinta de aluminio, capa de unicel, malla calibre 18, loza de concreto, varilla.

Materialización:

Oculto, de acuerdo a la geometría establecida por la arquitectura. Muros de 15 cm de grosor, altura variables. Responden a la necesidad de generar una barrera entre las condiciones térmicas exteriores e interiores.

Conclusión de autopoiesis de los aislantes térmicos en muros y pisos:

La generación de los materiales no responde al medio en el que serán inscritos, ninguno de estos ha sido hallado en la naturaleza, han tenido que ser intervenidos por medios físicos y químicos para adquirir sus propiedades actuales. Varios de los materiales utilizados requirieron de un gran gasto de energía y generación de desechos tóxicos para el resto de los elementos del ecosistema. La fabricación de estos materiales no ha sido in situ, lo cual ha implicado la generación de desechos y emisiones relacionadas a su transportación. Estos responden a las necesidades térmicas humanas, sin embargo su eficiencia en cuanto a materiales aislantes no es del 100%. Su materialización se encuentra oculto dentro de la configuración de muros de concreto, cuya geometría ha sido definida por el proyecto arquitectónico, de modo que responden a la función estructural y estética de los muros.

2. Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares

Materiales y/o elementos utilizados:

Para el piso y zoclo radiante, 2 calderas murales inteligentes, tuberías de aluminio con PEX (polietileno de alta temperatura), 8 termostatos electrónicos con pantalla digital, tres cabezales de distribución.

Para el sistema de paneles solares y termo tanque, 14 colectores solares TERMICOL T25US, 4 estructuras de aluminio KIT para paneles T25US, 3 tanques de almacenamiento de agua vertical de 1000lts, 4 accesorios para batería TER-BATCAPT-07, anticongelante de 10lts, 2 válvulas termostática ¾", tanque de expansión 100 lts con base, tanque de expansión 35 lts con base, válvula de balanceo Caleffi 258533, válvula

eliminadora de aire solar de ½”, válvula de seguridad para tanque solar, termo pozo, sonda de temperatura Bulbo sensor, dissipador de calor para sistema solar, válvula tres vías motorizada, estación solar básico 1V-STDC, recirculador Armstrong Astro 50, lote de tuberías con conjunto de conexiones y soporte para sujeción (tubo de cobre, cable multifilar para señal y aislamiento EPDM protegido contra intemperie),

Materialización:

Algunos de los equipos expuestos se presentan en su autopoiesis final, sin embargo su proceso de fabricación y autopoiesis como elementos autónomos no será analizada en esta sección, ya que es la autopoiesis de la solución piso y zoclo radiante la que se está estudiando. La cantidad de recursos utilizada en la materialización de esta solución resulta excesiva para la función. La inversión de recursos físicos y energéticos es alta. La materialización de las tuberías responde a su función, sin embargo el material utilizado para estas no responde al sistema en su totalidad, tan solo a la función como aislante térmico, transporte y almacenaje cierta cantidad de líquidos. En la materialización del resto de los elementos, cumple con la noción de uso de recursos necesarios, sin embargo algunos de los elementos de equipos como los colectores solares, calderas, válvulas, y termostatos, cuentan con elementos meramente estéticos, que aunque cumplen con funciones comunicativas con el ser humano, no serán vistos en este análisis como elementos funcionales capaces de dictar la autopoiesis de la solución; siendo el objetivo de este análisis alcanzar cierto grado de confort térmico, no comunicar su funcionamiento al ser humano, estudios de este tipo serán de la competencia de otras investigaciones.

Conclusión de la autopoiesis del piso y zoclo radiante:

La generación de los materiales no responde al medio en el que serán inscritos, ninguno de estos ha sido hallado en la naturaleza, han tenido que ser intervenidos por medios físicos y químicos para adquirir sus propiedades actuales. Varios de los materiales utilizados requirieron de un gran gasto de energía y generación de desechos tóxicos para el resto de los elementos del ecosistema. La fabricación de estos materiales no ha sido in situ. En cuanto a su eficiencia en respuesta a su autopoiesis, ni las tuberías como los tanques ofrecen el suficiente aislamiento para impedir la pérdida

de temperatura²³¹ por lo tanto no responden a su organización. En cuanto a los colectores solares su eficiencia es también limitada²³².

3. Radiadores

Materiales y/o elementos utilizados:

Tanques, refrigerantes, paneles de aluminio, tubos, placas, cabezal termostatizable, válvula manual.

Materialización:

Su materialización como elemento en forma rectangular adosado al muro responde a las necesidades del ambiente en el que será introducido, no necesariamente a razones funcionales. Cuenta con elementos meramente estéticos para ayudar a su inserción en la casa habitación; este elemento resulta visible para el ser humano. Los materiales utilizados para su fabricación derivan en su eficiencia. Esta última también dependerá de las dimensiones del lugar donde será colocado.

Conclusión de la autopoiesis de radiadores:

La generación de los materiales no responde al medio en el que serán inscritos, ninguno de estos ha sido hallado en la naturaleza, han tenido que ser intervenidos por medios físicos y químicos para adquirir sus propiedades actuales. Varios de los materiales utilizados requirieron de un gran gasto de energía y generación de desechos tóxicos para el resto de los elementos del ecosistema. La fabricación de estos materiales no ha sido in situ. En cuanto a la eficiencia en respuesta a su materialización, el alcance de la generación de calor de estos se ve limitada tanto por su forma como por el área que ocupa, reduciendo esto los beneficios que los radiadores tendrán para generar un espacio confortable. Su forma limita su eficiencia, por lo tanto esta no responde de manera óptima a su función.

²³¹ Declarado así por el fabricante.

²³² Declarado así por el fabricante.

4. Ventanas Duo-Vent

Materiales y/o elementos utilizados:

Cancel de aluminio, cristal templado ultra claro de 16 mm, arena sílica, butilo, silicón, gas argón.

Materialización:

La forma de la solución Duo-vent responde al proyecto arquitectónico. Su materialización incluye elementos estéticos y comunicativos ya que es una solución que permanece visible para el ser humano. La forma de la solución responde a su objetivo como elemento traslucido capaz de aislar la temperatura exterior e interior, inserta en un muro existente en la estructura, cuyo objetivo es también aislar a los elementos interiores. Su autopoiesis responde también a las características definidas por el proyecto arquitectónico, adaptándose a las dimensiones definidas por lo muros, altura, ancho y largo de los vanos.

Conclusión de la autopoiesis Duo-Vent:

La generación de los materiales no responde al medio en el que serán inscritos, estos han tenido que ser intervenidos por medios físicos y químicos para adquirir sus propiedades actuales. Varios de los materiales utilizados requirieron de un gran gasto de energía y generación de desechos tóxicos para el resto de los elementos del ecosistema. La fabricación de estos materiales no ha sido in situ. Las soluciones previas al desarrollo de esta tecnología consideraban los mismos elementos que la solución actual, sin embargo una segunda capa de vidrio y el uso de gas argón hacen más eficiente su función como aislante térmico, permitiendo el asoleamiento natural al interior. La eficiencia de esta solución es mayor a propuestas anteriores, sin embargo su eficiencia absoluta como aislante es aún limitada.

Autopoiésis de las soluciones para confort térmico

Autopoiésis	Materiales	Forma	Ecosistema
Aislante térmico en muros	Materiales responden al objetivo.	Forma limitada a factores externos.	Autopoiésis no responde al ecosistema.
Piso radiante	Materiales responden al objetivo.	Forma responde al objetivo.	Autopoiésis no responde al ecosistema.
Radiadores	Materiales responden al objetivo.	Forma responde al objetivo y estética.	Autopoiésis no responde al ecosistema.
Duo-Vent gas	Materiales responden al objetivo.	Forma responde a la función.	Autopoiésis no responde al ecosistema.

Tabla 6 Factores mixtos, autopoiésis

- **Adaptación, factor mixto**

Tolerancia a los cambios de temperatura, comportamiento de la solución frente a distintas condiciones térmicas. Los criterios elegidos para el análisis de la adaptación son: objetivo de la solución, condiciones en las cuales funciona de manera ideal, condiciones en las cuales no funciona de manera ideal y la adaptación como conclusión del análisis de los rubros previos. Conocer las condiciones en las cuales la solución logra su objetivo de forma óptima, y aquellas en las cuales deja de funcionar adecuadamente, pueden ser utilizadas como herramientas de análisis del grado de adaptación que las estrategias tienen; o en caso contrario, si es que no cuentan con la capacidad de adaptarse a más de un ambiente con características específicas.

1. **Aislante térmico en muros y pisos**

Objetivo de la solución:

Crear una barrera entre las condiciones climáticas del medio ambiente exterior y las condiciones térmicas interiores. Evitar que el calor generado en el interior escape al exterior, procurando mantener condiciones térmicas confortables por mayor tiempo. Esta solución puede funcionar de forma aislada, sin embargo no regula los cambios de temperatura al interior, tan solo evita que las condiciones interiores sufran cambios radicales.

Condiciones en las cuales funciona de manera ideal:

En lugares con bajas temperaturas, cuando se requiera aislar los elementos exteriores que afecten la temperatura interior y evitar que el calor interior generado dentro de la vivienda escape, más aún el calor generado por el equipo para ello.

Condiciones en las cuales no funciona de manera ideal:

En lugares de altas temperaturas, donde se requiera perder calor constantemente para mantener el ambiente interior fresco.

Adaptación de los aislantes térmicos en muros y pisos:

Los aislantes térmicos presentan un nivel bajo de adaptación. Aunque su objetivo sea aislar las condiciones térmicas entre el interior y el exterior, no resultan ideales al evitar

separar condiciones exteriores cálidas del interior. Los materiales utilizados en su fabricación evitan que el calor escape, provocando esto el encapsulamiento de condiciones por encima del confort térmico. Para dar solución a esto resulta necesario habilitar vanos de ventilación para favorecer el flujo de aire al interior.

2. Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.

Objetivo de la solución:

Generar calor al interior de la vivienda por medio del flujo de agua caliente por tuberías instaladas en el piso y zoclo; el agua es calentada por medio de un sistema de paneles solares que almacenan el agua caliente en termo tanques para evitar la falta de este recurso cuando ya no haya asoleamiento.

Condiciones en las cuales funciona de manera ideal:

En lugares de bajas temperaturas, cuando se requiera generar calor al interior de la vivienda para hacerla confortable. Independientemente de la temperatura, las condiciones de asoleamiento deberán ser las ideales para que los paneles solares, responsables de calentar el agua, funcionen de manera eficiente.

Condiciones en las cuales no funciona de manera ideal:

En lugares de altas temperaturas donde el sistema estaría en desuso por no existir necesidad de incrementar la temperatura al interior. Así como los lugares donde el asoleamiento no es el suficiente para hacer de los paneles solares generen energía para calentar el agua. Por otro lado, si la vivienda no se encuentra sellada y aislada la calefacción por piso radiante pierde eficiencia.

Adaptación piso y zoclo radiante conectado a sistemas de paneles solares:

Los paneles solares y el sistema de piso y zoclo radiantes no tienen capacidad de adaptación a condiciones opuestas. Por un lado el piso y zoclo radiantes se convierten en sistemas inutilizables si la temperatura exterior se incrementa, ya que su objetivo solo es elevar la temperatura interior. Mientras que los paneles solares requieren de condiciones de asoleamiento específicas que, de no ser cumplidas, ponen en riesgo la eficiencia de esta solución. Aunado a esto, el uso de este sistema de calefacción

requiere que la vivienda cuente con elementos extras como, el aislamiento de pisos y muros para asegurar su efectividad. Bajo este análisis, no se concluye la ineficiencia de la solución por no poder adaptarse a condiciones opuestas, ya que ni en la naturaleza los sistemas son multifuncionales; sin embargo se concluye que deberá ser analizada la viabilidad de su aplicación de acuerdo al contexto y a los beneficios que produce, tomando en cuenta que su funcionamiento ideal es limitado.

3. Radiadores

Objetivo de la solución:

Elevar la temperatura interior cuando las condiciones exteriores presenten temperaturas bajas. Este sistema genera aire caliente por medio de quema de energía fósil, el cual libera en el ambiente aumentando la temperatura y disminuyendo la humedad.

Condiciones en las cuales funciona de manera ideal:

Cuando la temperatura exterior sea baja y se cuenta con un espacio cerrado, sellado y aislando que no sea de grandes dimensiones.

Condiciones en las cuales no funciona de manera ideal:

Cuando la temperatura exterior es alta y el sistema sea inutilizado por no ser necesario incrementar la temperatura interior. El sistema también pierde eficiencia si no se cuenta con un espacio sellado y aislado, o se trata de un espacio de gran tamaño.

Adaptación de los radiadores:

Los radiadores no presentan capacidad de adaptación, ya que su función es tan solo incrementar la temperatura interior. Al igual que en el análisis de la estrategia anterior, no se concluye la ineficiencia de la solución por no poder adaptarse a condiciones opuestas; sin embargo se concluye que deberá ser analizada la viabilidad de su aplicación de acuerdo al contexto y a los beneficios que produce, tomando en cuenta que su funcionamiento ideal es limitado.

4. Ventanas Duo-Vent

Objetivo de la solución:

Evitar que las condiciones térmicas interiores se vean afectadas por las condiciones externas, así como evitar que el calor o el frío interior escapen al exterior. El objetivo es el de conservar las condiciones alcanzadas en el interior. Se busca generar una barrera térmica sin dejar de permitir la entrada de iluminación y ventilación naturales.

Condiciones en las cuales funciona de manera ideal:

Cuando se busque aislar el exterior del interior, generando condiciones térmicas diversas entre los dos espacios. Estando las condiciones climáticas del exterior dentro de un rango diverso al confortable para los habitantes de la vivienda, las ventanas Duo-vent buscan ayudar a generar un ambiente diverso en el interior, en el cual las condiciones térmicas se mantengan estables.

Condiciones en las cuales no funciona de manera ideal:

Cuando el sistema pierda eficiencia por falta de aislamiento del inmueble.

Adaptación de ventanas Duo-Vent:

Las ventanas Duo-Vent pueden funcionar tanto para ambientes fríos como cálidos, creando una barrera que conserva las condiciones interiores una vez que estas son confortables. Su grado de adaptación es mayor al de las otras soluciones analizadas, no obstante, también puede generar una percepción térmica de encapsulamiento cuando las condiciones térmicas exteriores se elevan, esto puede ser regulado de forma manual con la apertura de las ventanas. Esta solución permite la regulación de iluminación y ventilación naturales, por consiguiente la regulación de la temperatura y su conservación.

Adaptación de las soluciones para confort térmico

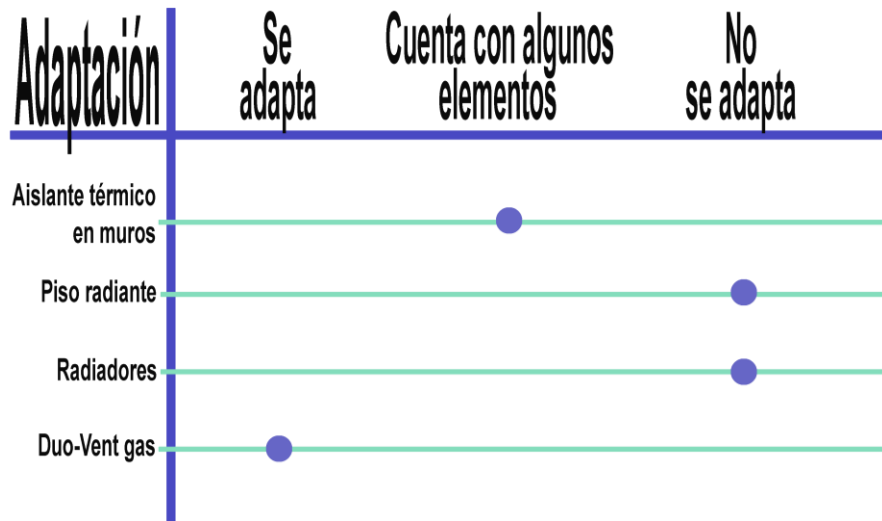


Tabla 7 Factores mixtos, adaptación

- **Cooperación, factor mixto**

Categoría a analizar por otras disciplinas (ciencias de los materiales)

Función y lugar que ocupa la solución dentro del ciclo virtuoso del entorno. ¿Genera beneficios? Para estudiar la función que un elemento tiene dentro de la totalidad del sistema, se ha elegido utilizar como criterio el análisis del impacto positivo y negativo que las estrategias para confort térmico dejan a su paso. Se cuestiona qué es lo que genera la solución (en que coopera para el sistema), separando las respuestas en *generaciones positivas o negativas*, de esta forma se puede concluir si las soluciones tienen la capacidad de convertirse en elementos virtuosos del sistema, o si su presencia tendrá repercusiones negativas en el ecosistema.

1. **Generación de aislante térmico en muros y pisos**

Positivo

No aplica

Negativo

Desechos físicos y químicos en su producción y fin de vida útil.

2. **Generación de calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.**

Positivo

Generación de energía alterna y agua caliente por sistema de absorción de energía solar. (Impacto positivo para los seres humanos, no hay impacto positivo para el medio ambiente). Piso y zoclo radiante impacto positivo- No aplica.

Negativo

Generación de calor al interior que será absorbido por el entorno exterior. Desechos físicos y químicos en su producción y fin de vida útil. Generación de combustión por

quema de combustibles fósiles cuando la eficiencia de paneles solares no es la suficiente.

3. Generación de radiadores

Positivo

No aplica

Negativo

Generación de calor al interior que será absorbido por el entorno exterior. Desechos físicos y químicos en su producción y fin de vida útil. Generación de combustión por quema de combustibles fósiles cuando la eficiencia de paneles solares no es la suficiente.

4. Generación de ventanas Duo-Vent

Positivo

No aplica

Negativo

Desechos físicos y químicos en su producción y fin de vida útil.

Cooperación de las soluciones para confort térmico

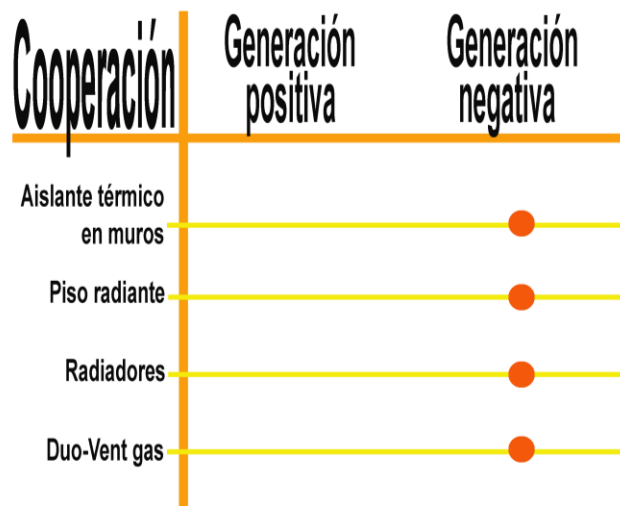


Tabla 8 Factores mixtos, cooperación

- **Interrelación, factor mixto**

Categoría a analizar por otras disciplinas (ciencias de los materiales)

¿Cómo se relaciona la solución y forma parte del ciclo virtuoso del entorno en el que se incorporará? ¿Contribuye de forma positiva para interrelacionarse con el ecosistema? Se analizan las contribuciones positivas que las soluciones tienen al sistema y si es que estas ayudan a la estrategia humana a interrelacionarse de forma armónica con el ecosistema. Contribuir al sistema no será una premisa fundamental de las soluciones, sin embargo cuestionar la contribución de la estrategia al entorno permitirá estudiar si existe una relación entre las soluciones y el medio ambiente.

1. Contribución al ecosistema del aislante térmico en muros y pisos

Impiden que el calor generado al interior escape al medio ambiente, lo cual podría incrementar la temperatura del ecosistema. Su contribución se limita a la conservación térmica del ambiente interior, beneficio orientado al habitante de la construcción.

2. Contribución al ecosistema de la calefacción de piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.

No contribuye. Podría existir contribución si la energía generada por los paneles solares fuera puesta al servicio de las necesidades de otros sistemas del entorno.

3. Contribución al ecosistema de radiadores

No contribuye.

4. Contribución al ecosistema de ventanas Duo-Vent

Impiden que el calor generado al interior escape al medio ambiente, lo cual podría incrementar la temperatura del ecosistema (solo aplica si se mantienen las ventanas cerradas). No contribuye de forma positiva al sistema completo, su contribución se limita a la conservación térmica del ambiente interior, beneficio orientado exclusivamente al ser humano.

Interrelación de las soluciones para confort térmico

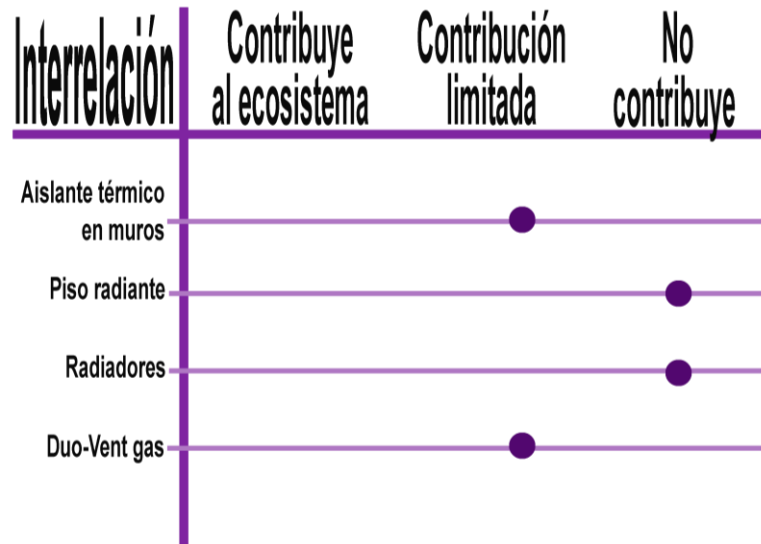


Tabla 9 Factores mixtos, interrelación

Nota: Los alcances y profundidad del análisis de los *factores mixtos* se incrementarán cuando se involucren otras disciplinas en el estudio.

Análisis de Premisas Generales

Posterior a la recolección de información y análisis de los factores relacionados a las soluciones estudiadas, se concluirá si las estrategias para el control de las condiciones de confort térmico aplicadas en la vivienda Agua Cristalina cumplen con las *Premisas Generales del Modelo Biomimético Sustentable*.

1. Sustentable
2. Reconocimiento de los límites naturales, económicos, sociales y culturales
3. Entorno dinámico en constante cambio
4. Proceso de perfeccionamiento continuo
5. Sistemas abiertos, homeostáticos y simbióticos

1. Sustentable

¿Las soluciones son sustentables? ¿Tiene la capacidad de perdurar a través del tiempo a pesar de las condiciones cambiantes? ¿Son autosustentables?

- **Aislante térmico en muros y pisos**

Debido a su baja capacidad de adaptación, interrelación, cooperación e incongruente autopoiesis con el medio, se concluye que los aislantes térmicos en muros y pisos no son sustentables, ya que su existencia y perdurabilidad dependen de materiales cuya generación implica el uso inadecuado de recursos naturales y provoca daños al medio ambiente. Tanto en su producción como en el fin de su vida útil genera desechos incapaces de ser reinseridos en nuevos ciclos de vida. Su función busca exclusivamente el beneficio del ser humano, sin tomar en cuenta el entorno en el que se insiere.

- **Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.**

Esta solución resulta no sustentable a pesar de estar conectada a un sistema de generación de energía a partir de una fuente energética inagotable. Su generación de

calor y desechos físicos y químicos afectan directamente al ecosistema. No fue diseñado para cooperar de forma virtuosa en el ecosistema, lo que la hace incapaz de interrelacionarse. Tanto en su producción como en el fin de su vida útil genera desechos incapaces de ser reinseridos en nuevos ciclos de vida. Su existencia y perdurabilidad dependen de materiales cuya generación implica el uso inadecuado de recursos naturales y provoca daños al medio ambiente. Su función busca exclusivamente el beneficio del ser humano, sin tomar en cuenta el entorno en el que se insiere.

- **Radiadores**

Solución no sustentable por la generación de calor y desechos físicos y químicos producidos en su construcción, los cuales afectan directamente al ecosistema. No fue diseñado para cooperar de forma virtuosa en el ecosistema, lo que la hace incapaz de interrelacionarse. Tanto en su producción como en el fin de su vida útil genera desechos incapaces de ser reinseridos en nuevos ciclos de vida. Su existencia y perdurabilidad dependen de materiales cuya generación implica el uso inadecuado de recursos naturales y provoca daños al medio ambiente. Su función busca exclusivamente el beneficio del ser humano, sin tomar en cuenta el entorno en el que se insiere.

- **Ventanas Duo-Vent**

Presentan adaptación a distintas sensaciones térmicas, aislando las condiciones interiores de las exteriores, sin embargo no resultan sustentables debido a la inexistencia de capacidad para cooperar e interrelacionarse con el resto del sistema. Aunado a esto, los materiales en los cuales están fabricadas implican procesos físicos y químicos que producen combustiones que dañan el medio ambiente. Tanto en su producción como en el fin de su vida útil genera desechos incapaces de ser reinseridos en nuevos ciclos de vida. Su existencia y perdurabilidad dependen de materiales cuya generación implica el uso inadecuado de recursos naturales y provoca daños al medio ambiente.

2. Reconocimiento de los límites naturales, económicos, sociales y culturales

¿Reconocen y respetan los límites de recursos y condiciones naturales, económicos, sociales y culturales?

No hay suficiente información para dar respuesta a esta premisa.

3. Entorno dinámico en constante cambio

¿Respeto y se adapta el entorno dinámico y en constante cambio?

- **Aislante térmico en muros y pisos**

Debido a su baja capacidad de adaptación e incapacidad de cooperación e interrelación se concluye que no reconocen el dinamismo del entorno.

- **Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.**

Debido a su incapacidad de adaptación, cooperación e interrelación se concluye que no reconocen el dinamismo del entorno.

- **Radiadores**

Debido a su incapacidad de adaptación, cooperación e interrelación se concluye que no responden el dinamismo del entorno.

- **Ventanas Duo-Vent**

Debido a que presentan adaptación a distintas condiciones climatológicas, se puede concluir que las esta solución reconoce el dinamismo del entorno. Esto se encuentra limitado por la falta de cooperación e interrelación con el resto del sistema, lo cual lo hace incapaz de adaptarse en su totalidad al entorno.

4. Proceso de perfeccionamiento continuo

¿Las soluciones se continúan siendo parte de un proceso de perfeccionamiento continuo?

- **Aislante térmico en muros y pisos**

Solución final que no modificará su comportamiento para favorecer su desempeño en el ecosistema. La solución es incapaz de autorregularse para ofrecer mejores respuestas, reemplazar esta tecnología supondría la única manera de perfeccionar la estrategia.

- **Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.**

Solución final que no modificará su comportamiento para favorecer su desempeño en el ecosistema. La solución es incapaz de autorregularse para ofrecer mejores respuestas, reemplazar esta tecnología supondría la única manera de perfeccionar la estrategia.

- **Radiadores**

Solución final que no modificará su comportamiento para favorecer su desempeño en el ecosistema. La solución es incapaz de autorregularse para ofrecer mejores respuestas, reemplazar esta tecnología supondría la única manera de perfeccionar la estrategia.

- **Ventanas Duo-Vent**

Solución final que no modificará su comportamiento para favorecer su desempeño en el ecosistema. La solución es incapaz de autorregularse para ofrecer mejores respuestas, reemplazar esta tecnología supondría la única manera de perfeccionar la estrategia.

5. Sistemas abiertos, homeostáticos y simbióticos

¿Forma parte de un sistema abierto, homeostático y simbiótico?

- **Aislante térmico en muros y pisos**

No forma parte de un sistema abierto, homeostático y simbiótico pues es incapaz de cooperar generando beneficios para el resto del sistema, así como de interrelacionarse contribuyendo a los procesos de otros elementos del ecosistema.

- **Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.**

No forma parte de un sistema abierto, homeostático y simbiótico pues es incapaz de cooperar generando beneficios para el resto del sistema, así como de interrelacionarse contribuyendo a los procesos de otros elementos del ecosistema.

- **Radiadores**

No forma parte de un sistema abierto, homeostático y simbiótico pues es incapaz de cooperar generando beneficios para el resto del sistema, así como de interrelacionarse contribuyendo a los procesos de otros elementos del ecosistema.

- **Ventanas Duo-Vent**

No forma parte de un sistema abierto, homeostático y simbiótico pues es incapaz de cooperar generando beneficios para el resto del sistema, así como de interrelacionarse contribuyendo a los procesos de otros elementos del ecosistema.

Cumplimiento de premisas generales

P. Generales	Sustentable	límites naturales, económicos, sociales y culturales	Entorno dinámico	Perfectible	Sistemas abiertos, homeostáticos y simbióticos
Aislante térmico en muros	X		X	X	X
Piso radiante	X		X	X	X
Radiadores	X		X	X	X
Duo-Vent gas	X		✓	X	X

Tabla 10 Cumplimiento de premisas generales

Conclusiones de estrategias utilizadas en *Agua Cristalina* para alcanzar el confort térmico

1. Aislante térmico en muros y pisos

La solución denominada aislante térmico en muros y pisos podría estar basada en una estrategia hallada en la naturaleza ya que favorece la creación de una barrera con el fin de mantener las condiciones térmicas ideales en el interior. Esto beneficia a los habitantes evitando que se generen cambios al exterior mientras que el interior se mantiene estable independientemente de las condiciones externas. No obstante los procesos y materiales bajo los cuales ha sido generada esta solución distan de poder ser considerados sustentables, homeostáticos, simbióticos, y congruentes con el medio en el que se han inserido. Para ofrecer una mejor aproximación a una solución aislante

en muros en Tlalpuente Ciudad de México, se recomienda estudiar las propiedades térmicas de los materiales encontrados de forma natural en esta zona; así como vigilar que los procesos mediante los cuales estos materiales son modificados eviten poner en riesgo la salud del ecosistema. El estudio de las propiedades de los materiales locales podría permitir a la solución contar con capacidad de adaptación a distintos climas. El perfeccionamiento de esta solución, podría significar el reemplazo de tecnologías de gasto energético instaladas actualmente en la vivienda. Esta solución tiene el potencial de convertirse en una solución biomimética sustentable para la búsqueda del confort térmico en las viviendas.

2. Calefacción piso y zoclo radiante conectado a sistema de paneles solares.

El sistema de calefacción radiante por piso y zoclo no resulta congruente dentro de la sustentabilidad, los métodos mediante los cuales se lleva a cabo esta solución son incompatibles con el ecosistema; la solución mediante técnicas humanas genera calor extra, desechos y combustiones que dañan al medio ambiente. Aunado a esto, su utilidad es limitada ya que funciona bajo escenarios específicos, deberá ser analizada la viabilidad de su aplicación de acuerdo al contexto y a los beneficios que produce. Conectar el sistema al uso de paneles solares para aprovechar la energía generada por el sol, no resulta suficientemente eficiente (su grado de eficiencia es del 75% cuando las condiciones de asoleamiento son las “ideales”) y el proceso de generación de los paneles solares también deberá ser sujeto a un análisis para asegurar su congruencia dentro de la biomimética sustentable.

3. Radiadores

El uso de radiadores para calentar las áreas de la casa que requieran aumentar su temperatura para ofrecer confort a los habitantes no es congruente con el ecosistema. Se encontraron en la naturaleza estrategias de absorción y transferencia de calor, en caso de generar una especie calor propio este es para asegurar el buen funcionamiento o para permitirle llevar a cabo alguna estrategia de sobrevivencia. La solución de los radiadores no es sustentable por los materiales, procesos y combustión por quema de combustibles fósiles. Al igual que la estrategia de piso y zoclo radiante, los radiadores funcionan únicamente bajo condiciones de bajas temperaturas. En la naturaleza las

características de una misma solución pueden ser modificadas para responder a distintos escenarios por medio de conductas²³³, no obstante el radiador no ha sido diseñado para ser modificado en caso de ser diversas las condiciones a las que se enfrenta. El uso de radiadores y cualquier elemento que caliente el interior de las viviendas provoca una ruptura con el ecosistema, ya que estas soluciones son incapaces de formar parte de los ciclos virtuosos del medio ambiente. Los radiadores no generan ningún beneficio para el medio ambiente, pero si pueden perjudicar su buen funcionamiento.

4. Ventanas Duo-Vent

La estrategia de ventanas Duo-Vent como aislantes de las condiciones térmicas interiores tienen la capacidad de adaptarse a distintas condiciones climáticas. Esta estrategia es la única que utiliza directamente los recursos generados por el medio ambiente (viento y asoleamiento), para alcanzar el confort térmico al interior. Al igual que los aislantes en muros y pisos, las ventanas Duo-Vent tienen como objetivo mantener las condiciones térmicas interiores estables. Una vez generadas las condiciones ideales, el sistema deberá conservar un ambiente interior diverso al exterior. No obstante esta solución no se interrelaciona con el resto del ecosistema y su forma de producción resulta dañina para el medio ambiente. Aunado a esto, el uso de recursos y gasto energético la convierten en una solución no sustentable. La forma de la solución responde a su función, sin embargo su configuración resulta incongruente con el resto del ecosistema. Se sugiere realizar estudios con el fin de reemplazar los materiales utilizados y así alcanzar los fines térmicos, de ventilación y asoleamiento que las ventanas Duo-vent permiten. El perfeccionamiento de esta solución, podría significar el reemplazo de tecnologías de gasto energético instaladas actualmente en la vivienda. Esta solución tiene el potencial de convertirse en una solución biomimética sustentable para la búsqueda del confort térmico en las viviendas.

²³³ Ver ejemplo capítulo 4.3 Nest Kept Warm (The Biomimicry Institute, 2016)

Modelo para generar propuestas

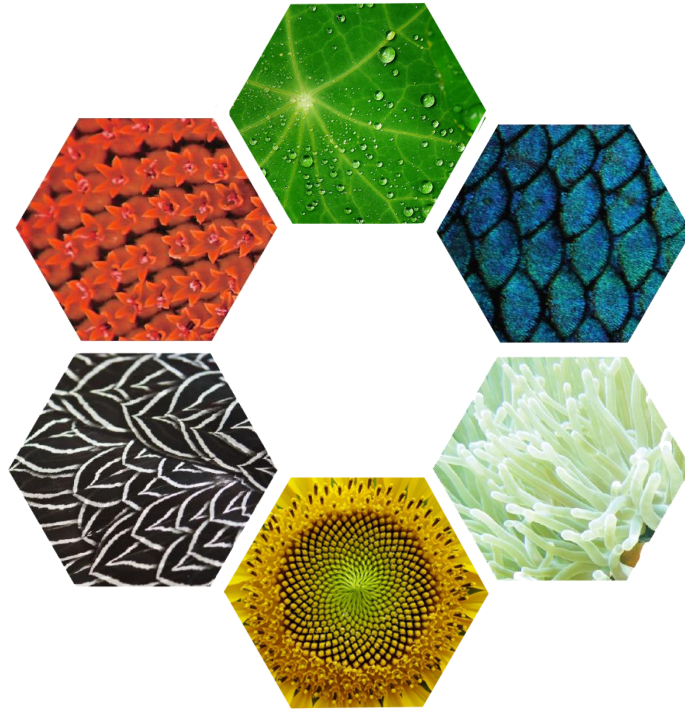
El presente modelo solo considera la evaluación de las estrategias utilizadas para alcanzar el confort térmico en el proyecto *Agua Cristalina*, por ello los factores humanos y no humanos han sido tomados en cuenta como el planteamiento del problema y una aproximación al conocimiento sustentable para generar conclusiones sobre las estrategias. Para generar propuestas capaces de reemplazar las estrategias hasta ahora utilizadas se deberán profundizar las categorías: *conocimiento, interdisciplinar, contexto social, cultural, económico y político, contexto físico y sabiduría*. Posterior a las propuestas generadas a raíz del estudio de estos factores, se deberán utilizar los factores mixtos para evaluar y concretar las propuestas.

4.4 Conclusiones del capítulo

¿Qué hace la naturaleza? Y no ¿cómo lo hace? El objetivo de este estudio es analizar la etapa de desarrollo de una ciudad y a sus habitantes, argumentando que no son las grandes intervenciones tecnológicas implementadas en las ciudad las que brindarán una solución capaz de trascender el resto de las propuestas dadas con anterioridad, sino las propuestas capaces de permear en la forma de habitar de las personas, en las acciones cotidianas. Es por esto que en este capítulo se realizó un análisis que va más allá de las características físicas y ambientales de un ecosistema, estudios precisos de esta categoría serán necesarios y pueden ser encontrados en reportes de otras ciencias; el presente estudio busca orientar el pensamiento de quien genere el mundo de lo material para que, al concebir respuestas, éste tome en cuenta el tipo de habitante, la cultura y la visión de mundo a la que se está respondiendo. Se afirma que la Ciudad de México, como megalópolis, requiere de soluciones que aborden problemáticas dadas en las construcciones existentes, no en obra nueva. Si seguimos concentrándonos en respuestas puramente tecnológicas tan solo continuaremos por obtener modestos cambios positivos para el medio ambiente. No obstante, si buscamos un cambio que modifique el origen de donde parten las ideas originadoras de los avances tecnológicos, incrementaremos el potencial de la tecnología; tecnología

sustentable, apta para permear en la cultura, capaz de ser replicada y sustentada a través del tiempo y las circunstancias; es decir, diseño capaz de adaptarse y evolucionar en un medio simbiótico.

En este capítulo se introducen y profundiza en los factores, categorías y premisas, como los elementos fundamentales a tomar en cuenta si se busca generar respuestas biomiméticas sustentables, posteriormente se construye un modelo teórico, el cual tendrá la función de apoyar en la toma de decisiones del mundo material; una guía para diseñar de manera congruente con el medio ambiente. A lo largo del capítulo se hace hincapié en que no se deben descartar las tecnologías y métodos utilizados en la actualidad, sin embargo su viabilidad en cuanto a principios biológicos debe ser evaluada para asegurar su grado de sustentabilidad. Expuesto lo anterior, se explican las formas en las que el modelo podrá ser utilizado, y se presenta un caso de estudio, esbozando una metodología para alcanzar el fin del análisis, la evaluación de las estrategias de confort térmico aplicadas en una casa de la Ciudad de México. Se concluye el capítulo presentando el análisis de las tecnologías utilizadas en *Agua Cristalina*, haciendo hincapié en que los alcances del modelo puesto en acción se encuentran limitados por la falta de interdisciplinariedad en el estudio. Tras realizar un análisis de: las implicaciones humanas, disciplinas cuyas aportaciones serán de interés para el estudio, soluciones humanas similares, características del ambiente natural y estudio de las estrategias presentadas en la naturaleza; se concluyó que de las cuatro estrategias a analizar tan solo dos cumplen con una lógica similar a la encontrada en las estrategias de la naturaleza, pero ninguna de estas cumple con las características suficientes para ser consideradas parte del sistema natural. La falta de cooperación, interrelación y congruencia dentro del ecosistema convierte a estas estrategias de confort térmico en soluciones no sustentables, que ponen en riesgo la armonía del medio ambiente. Se sugiere replantear las soluciones y se expone que para generar nuevas respuestas será necesario incrementar la atención al análisis de los *factores humanos y no humanos* expuestos en el modelo, ya que es dentro de estos donde se encontrará la innovación.



Conclusiones

En este trabajo de investigación se aboga por un cambio de dirección en la forma de enseñar y fomentar la sustentabilidad, reconociendo que la especie humana ha roto con la sustentabilidad innata de la naturaleza, debiendo ahora aprender a diseñar su mundo de nuevo. Se declara, por medio de la presentación de sustentos teóricos por parte de diversas disciplinas, la necesidad de partir de bases teóricas para construir propuestas integrales con el potencial de convertirse en soluciones capaces de afectar positivamente a los distintos contextos. Respondiendo a la pregunta general de investigación que se planteó al inicio de esta investigación, ¿cómo se puede ofrecer una aproximación sustentable a las problemáticas ambientales generadas en las megalópolis?, se puede afirmar que la construcción de conocimiento fundamentado en las estrategias y principios encontrados en la naturaleza ofrece un sólido punto de partida rumbo a la sustentabilidad; recordando que en la presente investigación la sustentabilidad ha sido definida más allá de su actual visión antropogénica. No obstante se reconoce que la mera inspiración biomimética no será capaz de abordar la totalidad de las implicaciones en la búsqueda de la sustentabilidad; con el fin de generar propuestas significativas será necesario fomentar la interdisciplinaridad como la vía para abordar de manera óptima la mayor cantidad de factores implicados. La construcción de un modelo teórico biomimético sustentable para la toma de decisiones de diseño, como el camino para acercar los sustentos teóricos a la práctica del diseño, es presentada como la manera de generar propuestas congruentes entre los medios intervenidos y no intervenidos por el ser humano. Los puentes capaces de generar intercambios positivos entre los diferentes ecosistemas tienen el potencial de ser restablecidos por medio de la correcta toma de decisiones hacia el *diseño ideal*. Como consecuencia de la generación del modelo biomimético sustentable, se aplicó el conocimiento para dar respuesta a un contexto con necesidades y características específicas; comprobando, por medio de un caso de estudio, la viabilidad práctica de la aplicación de la teoría construida. Se comprobó que la aplicación del modelo teórico aquí presentado cuenta con el potencial de fomentar oportunidades de innovación.

Para innovar es necesario ver las problemáticas desde otro ángulo, dar una respuesta similar pero más llamativa no es una respuesta nueva. En nuestra formación como diseñadores, capaces de construir soluciones, las posibles respuestas son

programadas, ya sea por tendencias de la profesión o de la época. El primer paso para dar una respuesta nueva es dejar de pensar necesariamente en problemas y obstáculos y pensar en oportunidades de innovación. No todo lo que nos causa inconformidad deberá ser abatido y dominado por el ser humano; los límites en la naturaleza no están establecidos como tal para ser superados, sino respetados y sobrellevados. Como sociedad nos encontramos encasillados en un ciclo de gasto, desperdicios y desechos; habituados a ver los límites como obstáculos. Esto ha guiado nuestra actual forma de proponer soluciones, sin darnos cuenta de que en el simple reconocimiento de los límites yace la capacidad de direccionar nuestro pensamiento hacia innovadoras y prometedoras respuestas que no hubiéramos considerado antes.

Si comenzáramos a preguntarnos, ¿cómo resuelve la naturaleza? y ¿cómo resuelve el ser humano? nos sorprenderíamos de la gran disparidad que existe entre la lógica de la especie humana, frente al resto de las especies halladas en la naturaleza. En este estudio se declara a la biomimética como una propuesta multidisciplinaria con el potencial de integrar el conocimiento biológico y el raciocinio humano dentro de un contexto social, cultural, político y económico específicos. Debemos aprender a superar la tentación de hacer propuestas biomiméticas formales sin comprender primero los principios que originan a estos sistemas. El *diseño ideal* siempre puede ser optimizado, en ocasiones como consecuencia de los nuevos avances científicos, tecnológicos e incluso cambios sociales y culturales; pudiendo ser el *diseño ideal* una propuesta de carácter tecnológico o de cualquier otra índole. El potencial de innovación de la biomimética posibilita la confrontación de nuestras preconcepciones sobre cómo afrontar un problema en la construcción sustentable del mundo material; de igual manera, la sustentabilidad cuenta con el potencial de nutrir a la biomimética con el fin de dar rumbo a la innovación y así evitar resultados que respondan a la mera inspiración formal. Se recalca que no es lo que se encuentra en la naturaleza lo que responde a la sustentabilidad, sino los principios que la rigen.

¿Hacia dónde nos dirigimos?

El objetivo de esta investigación fue generar un puente entre el conocimiento y la aplicación, con el fin de modificar las bases desde las cuales partimos al proponer respuestas a nuestras problemáticas. Como consecuencia se construyó un modelo biomimético sustentable para la toma de decisiones en el diseño de las estrategias para confort térmico en las viviendas de las megalópolis, sin embargo los alcances de la aplicación teórica de éste se han visto limitados por la falta de interdisciplinaridad en el estudio. Con el fin de incrementar el alcance de la propuesta, se sugiere el análisis y amplitud del estudio desde disciplinas pertenecientes a otras áreas del conocimiento, reafirmando que el presente trabajo no estará terminado hasta ser posible un análisis que permita la comprensión total de las implicaciones del proyecto.

Índice de ilustraciones

Diagrama 1 Design Spiral Biomimicry Institute.....	81
Diagrama 2 Modelo biomimético sustentable	129
Diagrama 3 Submodelo factores humanos.....	130
Diagrama 4 Submodelo factores no humanos.....	131
Diagrama 5 Submodelo factores mixtos	132
Diagrama 6 Submodelo límites y premisas	134
Diagrama 7 Flujo del modelo.....	136
Diagrama 8 Modelo biomimético sustentable para ser utilizado en el caso de estudio Agua Cristalina	138
Imagen 1. Vista aérea gua Cristalina 600. Obtenida de Google Maps.	140
Imagen 2 Bocetos del proyecto Agua Cristalina 600 por DIA Angeles Mercado. Esquina superior derecha fachada noreste; esquina superior izquierda fachada noroeste; esquina inferior derecha fachada suroeste; fachada inferior izquierda fachada sureste.	142
Imagen 3 Fachada norte desde jardín Zen exterior; recubierta en madera de recuperación de la cabaña.	143
Imagen 4 Fachada noroeste recubierta por madera de recuperación de la cabaña. Vista de área de mesas exterior; las ventana en la parte inferior pertenecen al estudio del arquitecto, mientras que las superiores a la recámara secundaria.....	143
Imagen 5 Desnivel natural del terreno que dio origen a la proyección del sótano.....	144
Imagen 6 Fachada noreste, condiciones actuales del inmueble.	144
Imagen 7 Fachada sureste, vista del acceso peatonal en planta baja y terraza, el balcón pertenece a la recámara principal en planta alta.	145
Imagen 8 Interior del inmueble planta baja; en primer plano vista de comedor y chimenea, al fondo escaleras y acceso al estudio del arquitecto.	145
Imagen 9 Vista desde acceso principal, fachada sureste; sobre el techo en la imagen se encuentran instalados los 14 paneles solares.	147
Imagen 10 Vista del acceso vehicular desde el jardín; en la esquina inferior izquierda el lago para recolección de agua pluvial.	147
Tabla 1 Clasificación de categorías.....	119
Tabla 2 Relación estrategias - confort térmico	152
Tabla 3 Factores humanos, interdisciplinario	153
Tabla 4 Factores humanos, conocimiento.....	155
Tabla 5 Factores no humanos, sabiduría	162
Tabla 6 Factores mixtos, autopoiesis	170
Tabla 7 Factores mixtos, adaptación.....	175
Tabla 8 Factores mixtos, cooperación.....	177
Tabla 9 Factores mixtos, interrelación.....	179

Bibliografía

- Actitud ecológica. (17 de octubre de 2016). *Temperatura de confort*. Obtenido de <https://actitudecologica.com/temperatura-de-confort-cual-es-temperatura-ideal-casa/>
- Adams, W. (2009). The dilemma of Sustainability. En W. Adams, *Green Development. Environment and Sustainability in a Developing World* (págs. 1-25). Routledge.
- Agua de niebla. (2017). *Agua de niebla de canaias SL*. Recuperado el 14 de marzo de 2018, de <http://aguadeniebla.com/nrp30>
- Alcofrado, M. (2008). Global Warming and the Urban Heat Island. En M. Alcofrado, *Urban Ecology* (págs. 249-259). Portugal: Springer.
- Arabany, L. (2002). Teoría de Sistemas. En L. Arabany. Universidad Nacional de Colombia.
- Arango, V. (2011). Tesis para obtener el grado de Maestra en Arquitectura . *Habitabilidad y habituación de los espacios urbano arquitectónicos en la Ciudad de México*. México: UNAM.
- Arquitectura y energía. (10 de marzo de 2015). *Portal de eficiencia energética y sostenibilidad en arquitectura y edificación*. Recuperado el 11 de junio de 2018, de El confort térmico: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>
- Benamar, A. e. (2015). Faces of Sustainability. En A. e. Benamar, *No*Way Graduation Studio*. Eindhoven University of Technology, Netherlands: Department of Architecture, Building and Planning.
- Benyus, J. (2009). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. EUA: Harper Collins.
- Bilban, M. (2015). Health Impact of Elevated levels of Lead Encountered in the Manufacture of Crystal Glass. En M. Bilban, *Collegium Antropologicum* (pág. 915).
- Biomimicry Institute. (2016). *Biomimicry Challenges*. Recuperado el 4 de noviembre de 2016, de Global Design Challenge: <https://challenge.biomimicry.org/en/challenge/global-design-challenge>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2018). *Biodiversidad mexicana*. Recuperado el 10 de junio de 2018, de Ecosistemas: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees.html>
- Deffis, A. (1987). *La casa ecológica autosuficiente para clima templado y frío* (2 ed.). México: Concepto.

- Deluca, D. (14 de junio de 2016). *Biomimicry Institute*. Recuperado el 19 de junio de 2018, de The power of the Biomimicry Design Spiral: <https://biomimicry.org/biomimicry-design-spiral/>
- Dutch, S. (2016). Antropogenic Climate Change. En *Salem Press Encyclopedia of Science*. MA, EUA: EBSCO Publishing.
- Égido, J. (2012). *Biodiseño, biología y diseño*. México: Designio.
- El-Zeiny, R. M. (18 de julio de 2012). Biomimicry as a Problem Solving Methodology. *ASEAN Conference on Environment-Behaviour Studies Bangkok, Thailand* (págs. 502-512). Bangkok: El Sevier.
- Enciclopedia salud. (9 de octubre de 2008). *Hogar*. Recuperado el 11 de Junio de 2018, de <https://www.encyclopediasalud.com/categorias/hogar/articulos/temperatura-ideal-de-un-hogar-en-los-meses-de-frio>
- EPA United States Environmental Protection Agency. (19 de enero de 2017). Recuperado el 10 de junio de 2018, de <https://www.epa.gov/air-quality-analysis/memo-corrections-relative-humidity-values-used-draft-ufva-corrected-graphics>
- Estrada, F. e. (2017). Global economic Impacts of climate variability and change during the 20th century. *Plos ONE*, 1-16.
- Exploration. (2017). *Exploration*. Recuperado el 20 de abril de 2017, de Michael Pawlyn: <http://www.exploration-architecture.com/studio/team>
- Fernandez, M. e. (2015). *VII International Congress on Architectural Envelopes. Biomimicry in climate adaptative building skins: relevance of applying principles and strategies*. Madrid: Departamento de construcción y tecnología Universidad Politécnica de Madrid.
- Ferraro, M. e. (Junio de 2015). Teoría de Sistemas. *Máquinas Autopoiéticas*. Universidad de Oriente.
- Fundación Universia. (19 de marzo de 2007). *Universia Colombia*. Obtenido de Desmaterialización: un camino para el desarrollo sostenible: <http://noticias.universia.net.co/vida-universitaria/noticia/2007/03/19/251877/desmaterializacion-camino-desarrollo-sostenible.html>
- Gebeshuber, I. e. (2009). A gaze into crystalball:biomimetics in the year 2059. *Bioinspiration & Biomimetics. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, December.
- Gobierno de la Ciudad de México. (8 de febrero de 2011). Normas técnicas complementarias para el proyecto arquitectónico. 48. Ciudad de México, México: Gaceta Oficial del Distrito Federal.

- Goldemberg, J. e. (2009). Energy: The Facts. En J. e. Goldemberg, *Energy, Environment and Development* (págs. 101-179). Earthscan.
- Gottman, J. e. (1990). How large can cities grow. En J. e. Gottman, *Since Megalopolis* (págs. 149-160). Oxford.
- Gruber, P. (2008). Bioinspiration & Biomimetics. En P. Gruber, *The signs of life in architecture* (Vol. 3). Publishing Ltd.
- Helfman, Y. e. (2016). *Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability* (1 ed.). Springer International Publishing.
- Hoag, H. (2015). How Cities Beat the Heat. *Nature*, 402-404.
- Hubadala Company. (2016). *Masdar City*. Recuperado el 4 de noviembre de 2016, de Pioneering the future of sustainability: Pioneering the Future of Sustainability
- Hubadala Company. (2016). *Masdar City*. Recuperado el 4 de noviembre de 2016, de Pioneering the future of sustainability: <http://www.masdar.ae/>
- Janine Benyus: La Biomimética en acción* (2009). [Película]. Obtenido de https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action?language=es
- Jasanoff, S. e. (2014). Heaven and Earth. The Politics of Environmental Images. En S. e. Jasanoff, *Earthly Politics. Local and Global in Environmental Governance* (págs. 31-52). The MIT Press.
- Jeronimidis, G. e. (2012). *Has biomimetics arrived in architecture? Bioinspiration & Biomimetics* (Vol. 7). UK: IOP Publishing Ltd.
- Jochner, S. e. (2013). Can spatail data substitute temporal data in phenological modelling? A survey using birch flowering. *Tree physiology*, 33(22).
- Kerckhove, D. (1999). Investigando la nueva realidad electrónica. En D. Kerckhove, *La piel de la cultura* (págs. 169-196). Barcelona: Gedisa.
- Komerath, N. (2016). Air conditioning and climate change. En N. Komerath, *Salem Press Encyclopedia of Science*. MA: EUA.
- Korostoff, N. (2017). Design with Nature at 48. *Making and Unmaking the Environment. Learning from nature | Michael Pawlyn | TEDxLondonCity2.0* (2013). [Película]. YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=vy2gOq6nTJY>
- LU, C. (2016). Atmosphere and climate change. En C. LU, *Atmosphere and climate change Salem Press Encyclopedia of Science*. MA, EUA: EBSCO Publishing.
- Maldonado, T. (1998). Cuerpo humano y conocimiento digital. En T. Maldonado, *Crítica de la razón informática* (págs. 151-195). Barcelona: Paidós Ibérica.

- Manzini, E. e. (1992). *Artefactos: hacia una nueva ecología del ambiente artificial*. En E. e. Manzini, *Ecología de lo artificial y decisiones de proyecto*. Madrid: Celeste Ediciones.
- Margolin, V. (1997). Design for the Sustainable World. *DesignIssues*, 14(2).
- Margulis, L. (2002). *Una revolución en la evolución*. Valencia: Universitat De València.
- McHenry, P. (1996). *Adobe: Cómo construir fácilmente*. México : Trillas.
- Meadows, D. (1972). *The Limits to Growth*. Universe Books.
- Michael Pawlyn: Using nature's genius in architecture* (2011). [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=3QZp6smeSQA>
- Miralles, J. (2010). *La casa ecológica. Ideas prácticas para un hogar ecológico y saludable*. España: Loft Publications.
- Mondelo, P. e. (2013). Ergonomía II Confort y estrés térmico. En P. e. Mondelo, *Temas de ergonomía y prevención*. Catalunya: Mutua Universal. UPC.
- Naciones Unidas. (2015). *Naciones Unidas*. Recuperado el 10 de junio de 2018, de Población: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- Navarrete, S. (septiembre de 2014). Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación N°49. *Diseño paramétrico. El gran desafío del siglo XXI*, 49, 63-72. Buenos Aires, Argentina: Publicaciones DC.
- Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. (2015). Volumen 5. Instalaciones de servicio. *Tomo III Instalaciones de aire acondicionado*, 5, 13-14. México: INIFED Infraestructura Educativa.
- Organización mundial de la salud. (2018). *Información básica sobre la contaminación atmosférica urbana*. Recuperado el 25 de enero de 2018, de Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de la Salud: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/background_informaton/es/index2.html
- Oropallo, G. (2017). Thesis submitted for the degree of PhD. *Making or Unmaking the Environment. The Role of Envisioning in the History of Sustainable Design*. Oslo, Noruega: University of Oslo | Department of Philosophy, Classics, History of Art and Ideas.
- Oropallo, G. (s/a). *Back to the Sustainable Future*. Obtenido de Human, All Too Human: On Nature Fetishism in Contemporary Architecture: <http://www.backtothesustainablefuture.net/human-all-too-human/>
- Oxford Univeristy Press. (6 de septiembre de 2017). *Oxford English Dictionary*. Obtenido de <http://www.oed.com/#>

- Palacios, J. (2011). *La casa ecológica: cómo construirla. La casa ecotécnica en una ciudad sustentable* (1 ed.). México: Trillas.
- Pan, Z. (2016). Climate change and global warming. En Z. Pan, *Salem Press Encyclopedia of Science*. MA, EUA: EBSCO Publishing.
- Paradowski, R. (2016). Ecological impact of global climate change. En R. Paradowski, *Salem Press Encyclopedia of Science*. MA, EUA: EBSCO Publishing.
- Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in Architecture*. UK: Riba.
- PVT. (2017). *ecoGranic*. Recuperado el 2017 de marzo de 20, de <http://www.pvt.es/ecogranic/>
- Ramirez, A. (s/a). *La habitabilidad*. México: UNAM.
- Real academia española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 10 de junio de 2018, de <http://dle.rae.es/?id=0CxZRfR>
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua Española*. Recuperado el 13 de junio de 2018, de <http://dle.rae.es/?id=Q46BtLt>
- Renove Tecnología. (2013). *Plantas de cogeneración*. Recuperado el 26 de abril de 2017, de <http://www.plantasdecogeneracion.com/index.php/las-plantas-de-cogeneracion>
- Revich, B. a. (2016). Economy of Region/ Ekonomika Regiona. En B. a. Revich, *Air Pollution and Public Health in a Megalopolis: A case Study of Moscow* (Vol. 12, págs. 1069-1078).
- Scheel Mayenberger, C. e. (2016). Innovación disruptiva, sistemática y democrática para romper paradigmas. En C. e. Scheel Mayenberger, *La innovación para un mundo sustentable* (1 ed.). Monterrey, México: EGADE Business School del Tecnológico de Monterrey.
- Schleifer, S. (2011). *Casas Eco-Sustentaveis*. España: Loft Publications.
- Scott, J. (1998). Nature and Space. En J. Scott, *Seeing Like a State. How Certain Schemes to Improve the Human Condition have Failed* (págs. 11-52). Yale University Press.
- Serge, R. e. (2013). Best Available Techniques Reference Document for the Manufacture of Glass: Industrial Emissions Directive. En R. e. Serge, *Integrated Pollution Prevention and Control*.
- Smith, R. (2015). Abrupt Climate Change. En R. Smith, *Salem Press Encyclopedia of Science*. MA, EUA: EBSCO Publishing.
- Speck, T. (2008). Process sequences in biomimetic research. *Design and Nature IV*, 114, 3-11.

- Stachelberger, H. e. (2011). *Biomimetics: Its Technological and Societal Potential* . Springer .
- Thackara, J. (2013). Diseñando para un mundo complejo. En J. Thackara. México: Designio.
- The Biomimicry Institute. (22 de abril de 2016). *Skin fine-tunes internal temperature*. Recuperado el 14 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy: <https://asknature.org/strategy/skin-fine-tunes-internal-temperature/#.Wte5klhuZdg>
- The Biomimicry Institute. (22 de abril de 2016). *Air scoops provide cooling*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy: <https://asknature.org/strategy/air-scoops-provide-cooling/#.WtfBGYhuZdg>
- The Biomimicry Institute. (27 de abril de 2016). *Collective body heat warms nest*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy: <https://asknature.org/strategy/collective-body-heat-warms-nest/#.Wte8k4huZdg>
- The Biomimicry Institute. (22 de abril de 2016). *Feathers trap air to provide warmth*. Recuperado el 14 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy : <https://asknature.org/strategy/feathers-trap-air-to-provide-warmth/#.Wte6x4huZdg>
- The Biomimicry Institute. (18 de mayo de 2016). *Fur absorbs infrared radiation*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de Ask Nature: <https://asknature.org/strategy/fur-absorbs-infrared-radiation/#.Wte8VlhuZdg>
- The Biomimicry Institute. (8 de junio de 2016). *Internal Thermostat regulates temperature*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy: <https://asknature.org/strategy/internal-thermostat-regulates-temperature/#.WtfBoYhuZdg>
- The Biomimicry Institute. (22 de abril de 2016). *Leaf color and shape enhance cooling effect*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de Ask Nature: <https://asknature.org/strategy/leaf-color-and-shape-enhance-cooling-effect/#.Wte-eYhuZdg>
- The Biomimicry Institute. (27 de abril de 2016). *Leaf fan optimizes cooling and wind resistance*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy: <https://asknature.org/strategy/leaf-fan-optimizes-cooling-and-wind-resistance/#.WtfANIhuZdg>
- The Biomimicry Institute. (27 de abril de 2016). *Nest Kept Warm*. Recuperado el 15 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy: <https://asknature.org/strategy/nest-kept-warm/#.Wte994huZdg>
- The Biomimicry Institute. (22 de abril de 2016). *The steams of cushion plants protect from the cold via tight packing*. Recuperado el 14 de marzo de 2018, de Ask

- Nature Strategy : <https://asknature.org/strategy/feathers-trap-air-to-provide-warmth/#.Wte6x4huZdg>
- The Biomimicry Institute. (23 de abril de 2016). *Underhairs provide insulation*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy: <https://asknature.org/strategy/underhairs-provide-insulation/#.Wte9H4huZdg>
- The Biomimicry Institute. (8 de marzo de 2017). *Hair helps cool the body*. Recuperado el 16 de marzo de 2018, de Ask Nature Strategy: <https://asknature.org/strategy/hair-helps-cool-the-body/#.WtfB5YhuZdg>
- The Biomimicry Institute. (2018). *Ask Nature*. Obtenido de <https://asknature.org/>
- Tlalpuente. (2018). *Tlalpuente*. Recuperado el 14 de Marzo de 2018, de Reglamento Tlalpuente: http://www.tlalpuente.com.mx/reglamentos_estatutos.html
- Tong, Z. e. (2017). Microenvironmental air quality impact of a commercial scale biomass heating system. En Z. e. Tong, *Environmental Pollution*.
- United Nations. (2016). *Departamento de asuntos económicos y sociales. División de desarrollo sostenible*. Recuperado el 18 de septiembre de 2016, de Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- United Nations. (2018 de septiembre de 2016). *División de desarrollo sostenible. Departamento de asuntos económicos y sociales*. Obtenido de Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- United Nations. (2017). *United Nations Climate Change*. Recuperado el 2017 de marzo de 18, de United Nations Framework Convention on Climate Change: <https://unfccc.int/news/paris-agreement>
- Using Nature's genius in architecture* (2010). [Película]. Obtenido de https://www.ted.com/talks/michael_pawlyn_using_nature_s_genius_in_architecture
- Varela, G. (2004). *DE MAQUINAS Y SERES VIVOS; AUTOPOIESIS: LA ORGANIZACION DE LO VIVO* (6 ed.). Lumen.
- Vincent, J. (2014). Biomimetics in architectural design. En J. Vincent, *Intelligent Buildings International* (págs. 1-12).
- ViveMx. (2014). *Tlalpuente Tlalpan Ciudad de México*. Recuperado el 18 de marzo de 2018, de ViveMx: www.vivemx.com
- Vivienda saludable. (2018). Obtenido de ¿Cuál es la mejor temperatura ambiente?: <https://www.vividasaludable.es/confort-bienestar/climatizacion/cual-es-la-mejor-temperatura-ambiente>

- Vynd Solutions. (2017). *Tyer Wind*. Recuperado el 2017 de marzo de 20, de <https://www.tyerwind.com/>
- Wilhite, H. e. (2012). The Energy Dilemma. En H. e. Wilhite, *Development and Environment. Practices, Theories, Policies* (págs. 81-97). Oslo: Akademika Publishing.
- Witoszek, N. (2016). Ecomodernity as a Cultural Programme: Combining Green Transition with an Educational Paradigm Shift. *Forum for Development Studies*.
- Youngsteadt, E. e. (2015). Do cities simulate climate change? A comparison of herbivore response to urban and global warming. En E. e. Youngsteadt, *Global Change Biology* (págs. 97-105).
- Yurrita, P. (2009). *El desarrollo sustentable visto por un ecólogo: mitos, controversias y futuro*. Asociación Ibero-latinoamericana de Decápodos Dulceacuícolas, A. C.
- Zaha Hadid. (10 de junio de 2018). *Zaha Hadid Architects* . Obtenido de Architecture : <http://www.zaha-hadid.com/>