

| BIOFILIA |

DISEÑO EXPERIMENTAL BASADO EN

MORFOLOGÍAS DE LA NATURALEZA

Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo /
Facultad de Arquitectura /
Maestría en diseño avanzado.



Tesis que para obtener el grado de
Maestra en Diseño Avanzado,
presenta:

Arq. Stefania Pineda Estrada

Director: Dr. Gerardo Sixtos López

Co-director: M. en Arq. Jorge

Humberto Flores Romero

Mesa Sinodal:

Dr. Fernando Meneses-Carlos

Dra Catherine R. Ettinger

Dr. Axel Becerra Santacruz

Morelia Mich., diciembre 2020.







“**M**antén tu amor
hacia la naturaleza,
pues es la verdadera
forma de entender el
arte más y más.”

- Vincent van Gogh

CONTENIDO I

AGRADECIMIENTOS	7
ABSTRACT	8
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	11
Planteamiento del Problema	11
Objetivos	12
Justificación	13
Proceso de diseño	16
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	17
Biofilia	18
Elementos de la biofilia	20
Patrones biofílicas	22
Biofilia y biomímesis	22
Biofilia y diseño generativo	23
CAPÍTULO 3 ANTECEDENTES	24
Raíces biológicas del diseño	24
Estructuras de la naturaleza	26
CAPÍTULO 4 ESTADO DEL ARTE	29
Casos análogos	29
En la escala arquitectónica	30
En el diseño	32
Conclusiones	73
CAPÍTULO 5 PROCESO METODOLÓGICO	74
Otras metodologías	74
Metodología de la era biodigital	76
Diagrama metodológico	77
Procesos formales	79

CAPÍTULO 6 PROCESO EXPERIMENTAL 90

1er Nivel Morfología 90

2do Nivel Material 118

3er Nivel Tiempo 132

Especulaciones 134

Conclusión de ejercicio morfológico y material 136

CAPÍTULO 7 ESCENARIOS ESPECULATIVOS 138

6 BIBLIOGRAFÍA 142

AGRADECIMIENTOS |

7

A todos, sin decir nombres. A mi familia (mamá, papá, hermana y a champi). A todos mis amigos. A aquellos que me vieron en mis peores y mejores crisis (amigos, primos, maestros, asesores, familiares).

Mis colegas y compañeros, de la facultad, de la maestría, del trabajo y de la vida.

A mi ansiedad por preocuparme por el ambiente en que vivimos, por acercarme a lo hospitalario, a la neuroarquitectura y a la biofilia. Al arte por acercarme a la naturaleza. A la naturaleza por acercarme al arte.

Resumen |

La naturaleza suscita belleza y admiración; estamos relacionados emocional y cognitivamente a ella, resultado de nuestra evolución en espacios naturales. Esta relación se conoce como biofilia.

En el estudio de la naturaleza en el diseño hay términos asociados con la imitación: la biomemética y la biomimesis.

El diseño en general, debe repensar nuestra relación con la naturaleza, ya que somos parte de su estructura.

Somos una extensión de lo natural, por lo que debemos recuperar el pensamiento, entendimiento y el discurso simbólico de la naturaleza.

8

La integración con la naturaleza, el uso de materiales locales, patrones inspirados en la naturaleza, la herencia cultural, etc. son otras herramientas que han sido utilizadas por el hombre desde toda la historia para crear estructuras funcionales, bellas y que permanecen en el tiempo. Estas herramientas también son parte del diseño biofílico.

En el presente trabajo se profundizan las dimensiones de la biofilia, sus elementos y atributos, experimentar con las formas, patrones de crecimiento y orienta a la aplicación de una metodología que investiga el proceso de análisis referente a las teorías biofílicas y su traslado al diseño.

Se pretende lograr la replicación de la naturaleza (sistemas, patrones, materialidad) mediante el diseño generativo, profundizando en su metodología y llevándolo a los medios digitales con los cuales es posible actualmente mimetizar los algoritmos y tecnologías naturales.

De igual manera se investigan y exponen los conocimientos básicos de la programación, herramientas digitales y biología para lograr un diseño generativo a escala interdisciplinar con asesoría de biólogos y programadores, que soporten y conecten los atributos de la biofilia como un paso para el diseño biofílico y la recuperación del vínculo hacia lo natural.

También se explican las diferencias y similitudes entre la biomimética y biofilia y su conjunción que son importantes tomar en cuenta para este trabajo y de su armonía se hace imprescindible para replicar los procesos naturales de crecimiento, forma, estructura y componentes materiales.

Lo ideal sería que en un futuro se aglutinara la ciencia, biología, la tecnología, el diseño, el arte y el humanismo para reincorporarnos a la naturaleza.

Los alcances contemplan llegar a una *investigación lo más completa posible, así como un ejercicio del proceso formal, metodológico y proceso material de un objeto de diseño, el cual se prevé que consista en una pieza escultural*, cuyo proceso de diseño pueda ayudar a nuevos desarrollos de tecnologías y aplicaciones a distintos usos.

ABSTRACT |

Nature arouses beauty and admiration; we are emotionally and cognitively related to it, the result of our evolution in natural spaces. This relationship is known as biophilia.

In the study of nature in design there are terms associated with imitation: biomimetics and biomimicry.

Design in general should rethink our relationship with nature, since we are part of its structure.

We are an extension of the natural, so we could recover the thought, understanding and symbolic discourse of nature.

Integration with nature, the use of local materials, patterns inspired by nature, cultural heritage, etc. are other tools that have been used by man since all of history to create functional, beautiful and lasting structures. . These tools are also part of biophilic design.

In this paper, the dimensions of biophilicity, its elements and attributes are studied in depth, experimenting with forms, growth patterns and orientation to the application of a methodology that investigates the analysis process regarding biophilic theories and their transfer to design.

It is intended to achieve the replication of nature (systems, patterns, materiality) through generative design, deepening its methodology and taking it to digital media with which it is currently possible to mimic algorithms and natural technologies.

In the same way, the basic knowledge of programming, digital tools and biology are investigated and exposed to achieve a generative design at an interdisciplinary scale with the advice of biologists and programmers, who support and connect the attributes of biophilia as a step for biophilic design and the recovery of the link towards the natural.

The differences and similarities between biomimetics and biophilia and their conjunction are also explained, which are important to take into account for this work and their harmony is essential to replicate the natural processes of growth, shape, structure and material components.

Ideally, in the future science, biology, technology, design, art and humanism would come together to rejoin nature.

The scope includes reaching an investigation as complete as possible, as well as an exercise of the formal, methodological and material process of a design object, which is expected to consist of a sculptural piece, whose design process can help new developments of technologies and applications to different uses.

Key words: Biophilia, Biophilic Design, Nature, Generative Design, Biomimicry.

“At least since the industrial revolution the world of design has been dominated by the rigors of manufacturing and mass production”.

-Neri Oxman.

En diferentes escalas del diseño se ha perdido desde un momento histórico el vínculo de lo biológico y lo natural, llevándonos a una generación de máquinas y artefactos, de piezas ensamblables, y no el diseño como extensión natural y existe una dicotomía entre la era de los ensamblado y la era del crecimiento (biológico, natural y digital). Vivimos en una época en donde por primera vez el posible interactuar con la biología, la naturaleza y el diseño. Se pueden lograr formas complejas que imiten, se informen o se inspiren en la naturaleza, a través de códigos simples.

11

En esta era converge la “ruptura de lo natural” con la industrialización y al mismo tiempo la era biodigital, que se caracteriza por ser dinámica, autosuficiente y el mismo producto se convierte en su fábrica.¹

Frank Lloyd Wright criticaba la funcionalidad excesiva de las “máquinas de habitar”, decía “son feas porque han sido motivadas por razones de facilidad”. Por otro lado, en el contexto nacional, hay quienes han apostado por el diseño inspirado en la naturaleza, Javier Senosiain apunta que “Si el diseño siguiera la más humilde de las formas de la naturaleza, nos brindaría formas adecuadas a nuestra propia esencia”.²

El ser humano y la naturaleza (su biología) tienen una relación emocional muy estrecha dados los miles de años de evolución como especie que pasamos en el exterior. Regresar a lo natural es una opción para el diseño para recuperar los vínculos con nuestras raíces evolutivas, aquello que fue nuestra primera fuente de inspiración y de conocimiento. Dentro de los temas abordados, la biología tiene gran peso, el pensamiento actual podría retomar nuestros lazos naturales, regresar a ser un pensamiento biológico. El diseño en general, podría repensar nuestra relación con la naturaleza, ya que somos parte de su estructura.

1 Oxman, Neri , et. al. (2012) *Biological Computation for Digital Design and Fabrication*, Massachusetts Institute of Technology

2 Senosiain, Javier, (1996) *Bioarquitectura: en busca de un espacio*. Ed. Limusa Noriega, México.

OBJETIVOS |

El objetivo general se enfoca en la experimentación formal, metodológica y de estructura/composición, a través del diseño generativo (utilizando herramientas digitales y análogas) y tomando como base los atributos, las dimensiones y elementos de la biofilia.

12 **Los objetivos particulares** se enfocan en:

Implementar un proceso metodológico para la replicación (o un acercamiento) de la naturaleza.

El proceso implica conocer, rescatar y aplicar los elementos, atributos y patrones de la biofilia. Es decir, informar por medio de la naturaleza. Se pretende analizar los estudios ya realizados y bibliografía sobre las teorías pertenecientes al diseño biofílico..

Se investigan principios de biología (natural) y diseño generativo (digital). Desarrollando experimentación tanto análoga, inspirada en la naturaleza, y experimentación digital para el *form finding*. De igual manera una experimentación material.

También se desarrolla un ejercicio a escala de una cubierta o pabellón para aplicar el método desarrollado.

Para proyección futura se utilizan los conocimientos adquiridos para desarrollar un algoritmo para generar la forma (*bottom up*) bioinformado y bioinspirado.

Durante los últimos dos siglos, el diseño y la manera de diseñar se ha basado en paradigmas que han llevado a crisis en el diseño. Esta crisis ha separado el pensamiento y el entendimiento de la condición del ser, por lo que es necesario recuperar el discurso simbólico que hemos perdido.

Desde la aparición del ser humano en la faz de la tierra, ha transformado el medio ambiente a su conveniencia en una ilimitada carrera, que en los últimos 100 años se ha agudizado, a manos de la civilización y el urbanismo. Hemos destruido el mundo natural olvidando que el humano y la naturaleza se rigen por el mismo principio y no somos ajenos a ella sino parte de.

Sin embargo existe una gran nostalgia por la pérdida y destrucción que hemos creado, reflejándose inmediatamente en nuestra salud mental, física y emocional y en ese innegable estado afectivo hacia espacios naturales y formas que nos remitan a ella.

En diferentes escalas del diseño se ha perdido desde un momento histórico el vínculo de lo biológico y lo natural, llevándonos a una generación de máquinas y artefactos, de piezas ensamblables, y no el diseño como extensión natural y existe una dicotomía entre la era de lo ensamblado y la era del crecimiento (biológico, natural y digital).

Aunque ha existido simultáneamente a esta ruptura, escuelas de pensamiento que apuestan por el diseño basado en lo biológico y la integración con la naturaleza, por cuestiones de practicidad, economía y necesidad se ha ido perdiendo paulatinamente el análisis de integración del esquema natural.

Juhani Pallasmaa menciona que: “Ante los milagros provocados por las innovaciones técnicas, tendemos para subestimar, o descuidar por completo, los milagros de la vida misma.” Por cuestiones de la estructura de la sociedad que crece y avanza a velocidades que en el pasado eran impensables, la introducción de nuevos materiales, tecnologías y maneras de construir fuimos olvidando esas raíces biológicas de mímica propia de la naturaleza como nuestra referencia más inmediata a la resolución de problemas. Durante los movimientos funcionalistas y modernos hubo preocupación y análisis de integración de la naturaleza. Le Corbusier comprendía el medio físico desde dos dimensiones; la primera como la naturaleza portadora de leyes físicas y científicas sin las cuales no se podría alumbrar al maquinismo. La naturaleza tiene instrucciones, es una máquina a cuya imagen y semejanza era posible realizar la máquina industrial- arquitectónica. La otra dimensión es la de naturaleza no como naturaleza sino como paisaje. Así dentro de la modernidad hubo una relación establecida del medio natural y el paisaje³. Con el pasar del tiempo solo quedaron las abstracciones de formas puristas de la modernidad sin tomar en cuenta el análisis, y al ser la manera mas eficiente de diseñar y construir trascendió en el tiempo casi olvidando la raíz biológica y el pensamiento natural detrás de sus formas.

Diagrama de ejemplos del uso de la naturaleza como inspiración a través de la historia

14

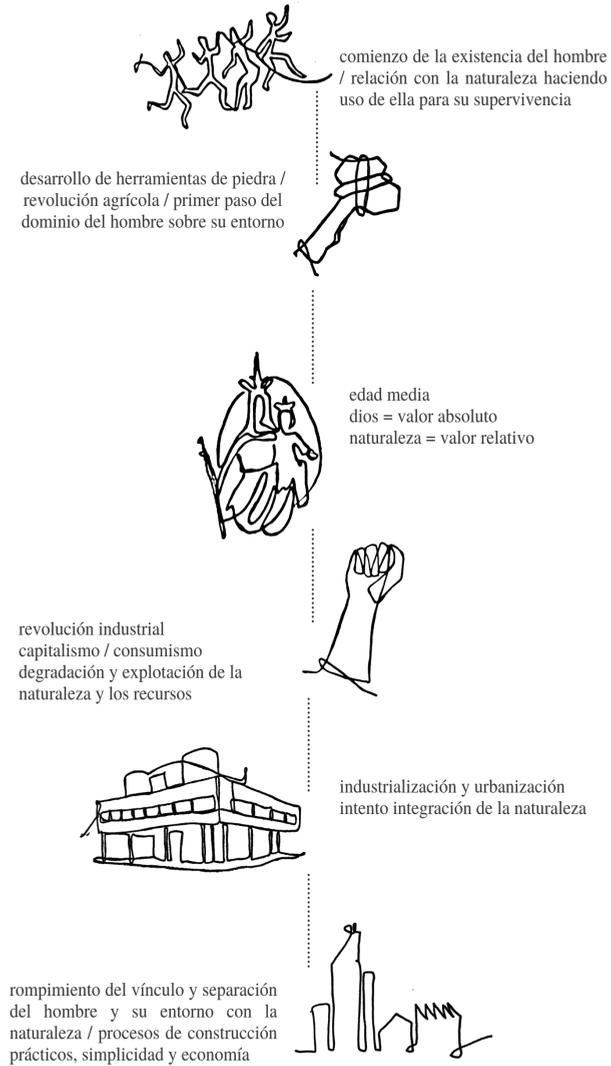


Fig 1. Pineda, Stefania (2020), Diagrama explicativo del momento histórico de la ruptura natural.



Fig 1.1 Pineda, Stefania (2020), Tabla de movimientos con inspiración y base en la naturaleza de los dos últimos siglos.

Por lo menos desde la revolución industrial hemos creado una cultura de “ensamblajes y partes”, el diseño como un objeto o artefacto, completamente artificial, desligado de nuestras raíces biológicas y naturales.

La naturaleza no opera de la manera en la que el ser humano crea.

Durante toda la historia del crecimiento de la humanidad se ha recurrido a la inspiración en la naturaleza para el diseño. Sin embargo, llegó un punto histórico en donde existe una ruptura con nuestro vínculo con la naturaleza. Con la revolución industrial y posteriormente con las ideas funcionales y de la modernidad, producto de las guerras y continuando en el pensamiento de la posguerra.

IMPORTANCIA DEL DISEÑO BIOFÍLICO O INFORMADO EN LA NATURALEZA

La importancia de este proyecto y su aportación en el diseño, así como dentro de la experimentación para la innovación es justamente el desarrollo de metodologías y tecnologías que se adapten a la era biodigital y no sigan alimentando a la era de la máquina, el artefacto, la producción en masa, de piezas y ensambles, sino que se genere una cultura del “crecimiento”.

Es por esta razón que los diseñadores deberíamos utilizar la sabiduría de la naturaleza, experiencia y conocimiento sobre la forma en que trata y resuelve sus propios problemas.

16

La naturaleza ha logrado desarrollar tecnologías y sistemas sofisticados e inteligentes que los diseñadores hemos comenzado a apreciar y puede ser utilizadas como herramientas potentes. Al comprender cómo funciona la naturaleza, los sistemas y estrategias que crea, los diseñadores podemos volver a esta fuente de experiencia y a reconectar con lo natural, lo biológico.

Sin embargo, en este momento en la historia podemos usar la naturaleza durante el proceso de diseño, no solo por coincidencia o como una inspiración de conformación final. Podemos comenzar a mirar a la naturaleza no solo desde el exterior, sino también desde la raíz de cómo funciona, por qué funciona de esta manera y qué se puede aprender de lo que la naturaleza tiene para ofrecer como guía y como maestro.

El valor y el propósito del diseño pueden evaluarse por la forma en que está destinado a servir: conectar con la memoria a través del ritual y el simbolismo, proporcionar la estética, y la experiencia de la naturaleza a objetos utilitarios y de diseño.⁴

PROCESO DE DISEÑO |

Para complementar el análisis metodológico se pretende estudiar y aplicar en un ejercicio de construcción de modelo físico y digital a escala usando los elementos biofílicos.

Por lo cual se limitará el campo de estudio a formas específicas como el crecimiento de minerales o conchas de caracoles que se puedan usar como un referente de lo natural.

Así mismo es posible encontrar reglas, patrones y referencias a escala general que puedan ser aplicables y replicable en otros elementos de la naturaleza.

³ Gamal, Nariman (2014) Nature-Inspired Design Processes: The Adaption of various Principles of Biology as the base for a Holistic Approach towards a New Strategy within the Design Process, Faculty of Postgraduate Studies and Scientific Research German University in Cairo.

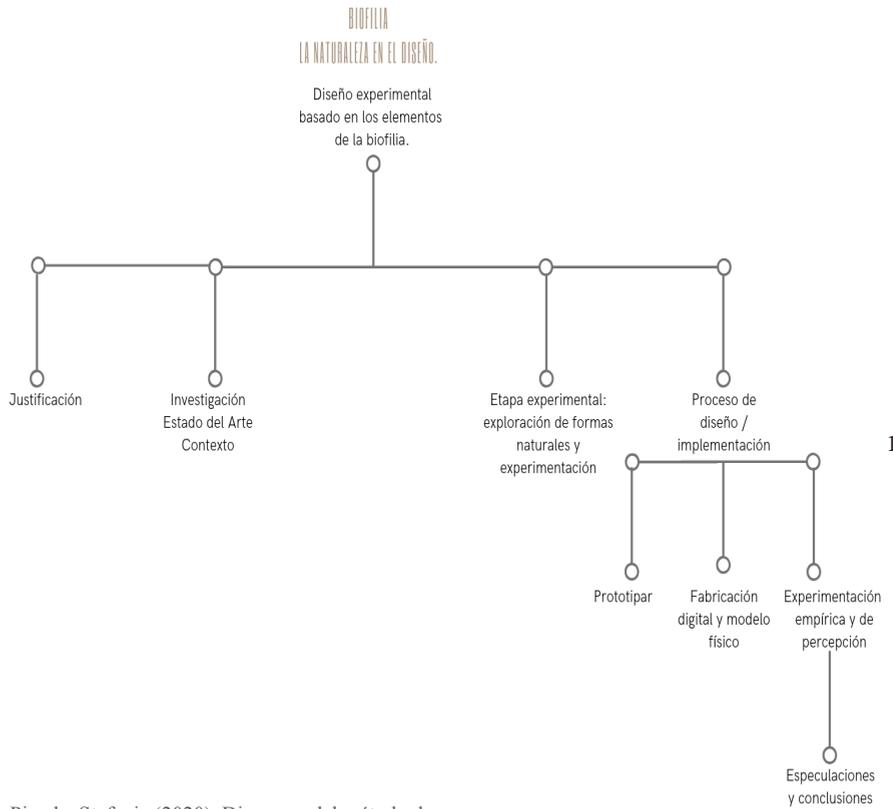


Fig 2. Pineda, Stefania (2020), Diagrama del método de diseño.

MARCO TEÓRICO |

Como referencia histórica para comprender el proceso, debemos hablar y tomar en cuenta la evolución, el intelecto y el cerebro.

Mientras más entendamos que somos (los humanos) un artefacto de la teoría evolutiva de Darwin, más creativos y eficientes seremos al momento de diseñar para nosotros mismos (los humanos).

Nuestro sentido de la estética (por ejemplo) es, en sus raíces, biológico, evolucionando a través de los milenios.

BIOFILIA |

Biofilia es la afinidad humana para vincularse con lo natural. Proviene de las raíces etimológicas bio:vida; filios:amor.

El término fue por primera vez nombrada por Erich Fromm como la pasión por la naturaleza. El concepto fue retomado por Kellert en sus teorías del diseño biofílico como esa afinidad innata por la naturaleza.

Tenemos estados afectivos hacia lo natural y respuestas de gusto y atracción hacia ella. La biofilia surge a partir de mecanismos evolutivos de supervivencia en donde por ejemplo, si observábamos flores en un ambiente natural, significaba la cercanía de agua, o el olor de la tierra mojada, nos ayudaba a indicar que la época de cosecha comenzaba. Estas respuestas innatas de bienestar, surgieron del contacto directo y estrecho del ser humano con la naturaleza durante miles de años.

18

La integración con la naturaleza, el uso de materiales locales, patrones inspirados en la naturaleza, la herencia cultural, etc. son otras herramientas que han sido utilizadas por el hombre desde toda la historia para crear estructuras funcionales, bellas y que permanecen en el tiempo.

Estas herramientas también son parte del diseño biofílico, no solamente el hecho de proponer y contemplar elementos naturales físicamente, también se incluye la sustentabilidad, reinterpretación, el uso de materiales naturales, la inspiración y el uso de principios de la naturaleza para la estabilidad estructural o de funcionamiento. No se trata solamente de insertar elementos naturales como árboles y cuerpos de agua para mejorar la estética, sino de tomar en cuenta el lugar y el papel que desempeña el ser humano en la naturaleza y viceversa, para que mutuamente exista una relación de respeto y enriquecimiento.

Para el diseño biofílico la pregunta fundamental es: ¿cómo la naturaleza afecta en la experiencia humana? ¿cómo podemos lograr el mayor beneficio mutuo?.

El tiempo que el ser humano ha vivido en ambientes artificiales y la era de la industria y fabricación digital representa solo una mínima fracción de la historia evolutiva de la especie. La humanidad ha evolucionado respondiendo a la adaptación de condiciones naturales y estímulos como la luz del sol, clima, agua, plantas, animales, paisajes y hábitats, los cuales continúan siendo esenciales para el desarrollo y supervivencia del ser humano.

Sin embargo, los humanos creemos que podemos superar nuestra herencia natural y genética, pensamos ser ajenos a los sistemas naturales progresando, diseñando y creando de maneras alteran y transforman el ambiente natural. Esto trajo consigo una cultura de sobreexplotación, degradación del ambiente y la separación del hombre con los sistemas y procesos de la naturaleza.

Entre los paradigmas del diseño actualmente, es notorio cómo se ha privilegiado la estética de la máquina y lo artificial, sus sistemas avanzados y sofisticados en tecnología incluso nos alejan más del vínculo natural y se ha convertido en un diseño no sustentable, aumentando la enajenación de la naturaleza.

El diseño es visto como instrumento, como máquina.

La biofilia, es la idea de que los humanos tenemos una inclinación biológica de conectarnos con la naturaleza.

Sin embargo la humanidad se ha enajenado y omitido la obviedad dada la escasa evidencia empírica que demuestre lo ilógico que resulta el diseño que desafía nuestra relación con lo natural.

Desde siempre el humano ha recurrido a la naturaleza como una respuesta automática. Basándose en elementos naturales para la construcción, la utilización de materiales naturales, así como principios de funcionamiento de la naturaleza para la construcción, y su reinterpretación, como por ejemplo las columnas que hacen reminiscencia a los tallos de los árboles, o los motivos florales y frutales de la ornamentación en las edificaciones.

¿Por qué el diseño biofilico no es el proceso creativo (siendo que toma en cuenta y busca reforzar nuestro vínculo con las fuerzas y fases de la naturaleza) obvio e infalible y el principio fundamental del diseño?

19

Biofilia, como es mencionado con anterioridad, es la afinidad humana para vincularse con lo natural. Por sencillo que parezca el concepto, es extremadamente difícil alcanzar ya que, pese a nuestro entendimiento por nuestra parte biológica que tiene inclinación por adjudicar valor a la naturaleza, existen limitantes para transferir este entendimiento a problemas específicos del diseño.

Juhani Pallasmaa cirta sobre el diseño y el arte que “El arte desea salvar o revitalizar nuestras conexiones mentales con el mundo biológico y animista”.⁵

La dependencia que tenemos con la naturaleza, es un reflejo directo de nuestra evolución en ambientes naturales, más que en ambientes artificiales o construidos. Evolucionamos en un mundo sensorial, dominado por elementos como la luz, el sonido, los olores, el viento, el clima, el agua, la vegetación, los animales y el paisaje. Los últimos 5000 años de evolución humana, en donde aparece la agricultura, la fabricación, la tecnología, la producción industrial, la ingeniería y las ciudades modernas, son una fracción pequeñísima de nuestra historia en el planeta, por lo que este corto periodo no ha sido el suficiente para sustituir los beneficios de respuesta adaptativa a los miles de años en ambientes naturales. La mayoría de nuestras habilidades emocionales, para resolver problemas y crítico-pensantes, así como constructivas aún reflejan aptitudes aprendidas cercanamente asociadas a sistemas naturales.

Kellert hace énfasis en el siguiente descubrimiento: El ser humano responde positivamente a patrones que imitan o se inspiran en elementos naturales o en la naturaleza en sí. ⁶

5 Pallasmaa, J. *Neuroscience and Architecture*, Volumen 1 de Tapio Wirkkala-Rut Bryk Design Reader, 2013.

6 Kellert, S. Heerwagen, J. Mador, M. *Biophilic design. The theory, science and practice of bringing buildings to life*, ed. Wiley, Hoboken, New Jersey, 2008.

ELEMENTOS DE LA BIOFÍLIA

Tenemos una tendencia innata a enfocarnos en la vida y procesos que asemejan la vida (o biología).

El diseño biofílico tiene dos dimensiones diferentes, seis elementos y más de 70 atributos.

La primera dimensión del diseño biofílico es la dimensión orgánica o naturalista, la cual se define por formas y figuras en el ambiente construido que directa, indirecta o simbólicamente representan afinidad por la naturaleza. La experiencia directa se refiere al contacto con la naturaleza, como la luz diurna, plantas, animales, hábitats naturales y los ecosistemas. La experiencia indirecta tiene que ver con el contacto con elementos de la naturaleza que requieren la mano humana para sobrevivir, como plantas en macetas, fuentes o acuarios. La experiencia simbólica se refiere a que no existe contacto real con la naturaleza, sino una representación del mundo natural, como una imagen, una foto, un video, una metáfora, etc.

La segunda dimensión es la dimensión vernácula, que se refiere a edificios y paisajes que conecten con la cultura y ecología de un área geográfica. El sentido de lugar, el significado que tiene para la gente.

Wendell Berry en 1972 escribe que “sin el conocimiento del lugar al que pertenece uno, y sin fidelidad al lugar al cual depende ese conocimiento, es inevitable que ese lugar sea descuidado y eventualmente destruido”.

La mayoría de las personas retienen una necesidad física y psicológica de tener un lugar al cual llamar “hogar”; este vínculo es la razón por la cual la gente asume responsabilidad y compromiso para mantener edificios y paisajes. La gente en la modernidad, en su mayoría, tiene un comportamiento indiferente con el entorno construido.⁷

Los seis elementos del diseño biofílico son: elementos ambientales, formas y figuras naturales, procesos y patrones naturales, luz y espacio, relaciones establecidas en un lugar y relaciones evolutivas humano-natural.

Los elementos ambientales son el color, el agua, el aire, la luz solar, las plantas, los animales, los materiales naturales, las vistas, la fachada verde, la geología y el paisaje, los hábitats y ecosistemas y el fuego.

Las formas y figuras naturales son los motivos botánicos, el árbol y los soportes de columna, motivos animales, conchas y espirales, formas ovales, tubulares y de huevo, arcos, bóvedas y domos, formas que evitan líneas y ángulos rectos, la simulación de elementos naturales, biomorfia, geomorfología y biomimesis.

7 Sussman, A. Hollander J. *Cognitive Architecture. Design for how we respond to the built environment*, ed. Routledge, New York, 2015.

Los patrones y procesos naturales son la variedad sensorial, la riqueza de la información, edad, cambio y patina del tiempo, crecimiento y eflorescencia, punto central focal, patrones, espacios delimitados, espacios transitorios, series y cadenas, integración de las partes con el todo, contrastes complementarios, balances dinámicos y tensión, fractales y radios y escalas jerárquicas.

Los elementos de luz y espacio son la luz natural, luz difusa y filtrada, luz y sombra, luz reflejada, albercas de luz, luz cálida, luz como figura y forma, espacio, variabilidad espacial, espacio como figura y forma, armonía espacial y espacios semiabiertos.

Las relaciones establecidas en un lugar son la conexión geográfica a un lugar, la conexión histórica de un lugar, la conexión ecológica a un lugar, materiales indígenas, orientación del paisaje, elementos del paisaje que definen la forma de lo construido, ecología del paisaje, integración de la cultura y la ecología, el espíritu del lugar y evitar el “no espacio” o “no lugar”.

21

Las relaciones evolutivas humano-natural son el refugio, el orden y la complejidad, curiosidad y tentación, cambio y metamorfosis, seguridad y protección, dominio y control, afección y apego, atracción y belleza, exploración y descubrimiento, información y cognición, miedo y temor y reverencia y espiritualidad.

La Neurociencia ha entrado profundamente al estudio de la relación entre el arte y la percepción visual con la naturaleza. El teórico del arte y filósofo Ernst Gombrich, escribió un texto llamado: *El Sentido del Orden: Un estudio de la Psicología y las Artes Decorativas*.⁸

En este estudio, Gombrich afirma que las características formales de la mayoría de los productos de origen humano, desde herramientas hasta edificios, hasta la ropa y los ornamentos, pueden ser vistos como manifestaciones de la necesidad del hombre de tener un “sentido de orden”, que se encuentra profundamente enraizado en la herencia biológica de la humanidad como especie.

Para este ejercicio, se han tomado en cuenta los elementos, atributos y patrones de la biofilia, nos interesarán solo algunos de ellos que son los que nos ayudarán en el proceso de diseño mediante el diseño generativo, los cuales son replicables y mediante herramientas como softwares pueden mimetizarse.

⁸ Zeisel, J. *Inquiry by Design: Environment/Behavior/Neuroscience in Architecture, Interiors-Landscape and Planning*. ed. Norton & Co., New York, 2006.

Recurrimos a:

La experiencia simbólica.

Formas y figuras naturales/ biomorfia, geomorfología y biomímesis.

Procesos y patrones naturales/ fractales y radios y escalas jerárquicas.

Las relaciones evolutivas humano-natural / el orden y la complejidad, curiosidad y tentación, cambio y metamorfosis, dominio y control, afección y apego, atracción y belleza, exploración y descubrimiento, información y cognición, misterio y sorpresa.

22

PATRONES BIOFÍLICOS

Los fractales llaman la atención del humano naturalmente, de acuerdo a Richard P. Taylor, psiquiatra de la Universidad de Oregon: Los humanos tienden a tener preferencia por patrones fractales que no son demasiado densos pero tampoco tan dispersos. Ese mismo rango resulta ser el de los patrones de los árboles comunes de la savana africana, lo que sugiere que nuestra biología y estética co-evolucionó.

BIOFILIA Y BIOMÍMESIS

La biomimética es la emulación consciente de formas, patrones y procesos naturales para resolver desafíos tecnológicos. Aprovecha casi 4 mil millones de años de resolución evolutiva de problemas de la naturaleza para crear diseños y tecnologías de alto rendimiento y generalmente más sostenibles. Es, en esencia, un método alternativo para innovar donde el primer paso es comprender cómo la naturaleza supera desafíos similares al desafío de diseño o ingeniería encontrado y luego aplicar ese conocimiento.

La biofilia, que se traduce como “amor a la vida”, significa la necesidad biológica y emocional innata de los humanos de conectarse con la naturaleza. El diseño biofílico se esfuerza por forjar esta conexión aprovechando o insertando instancias de la naturaleza, patrones naturales o condiciones espaciales en el entorno construido.

La investigación en psicología ambiental⁹ y neurociencia continúa demostrando que ciertos elementos y condiciones en la naturaleza tienen beneficios significati-

vos para nuestra salud y bienestar. Se ha demostrado que los elementos biofílicos reducen el estrés, mejoran el rendimiento cognitivo y apoyan las emociones positivas y el estado de ánimo.

Por tanto, la biomimética¹⁰ es la “mímica”, o más exactamente, la emulación de la ingeniería de la vida. En contraste, la biofilia describe la conexión de los humanos con la naturaleza y el diseño biofílico está replicando experiencias de la naturaleza en el diseño para reforzar esa conexión.

La biomimética es un método de innovación para lograr un mejor rendimiento; El diseño biofílico es un método de diseño basado en la evidencia para mejorar la salud y el bienestar.

23

Esencialmente, estos dos conceptos se basan en la naturaleza de diferentes maneras. La biomimética reconoce el potencial de innovación de las “tecnologías” probadas y verdaderas de la vida. La biofilia reconoce los beneficios para la salud de la conexión biológica de la humanidad con la naturaleza. Juntos, muestran la diversidad de inspiración que podemos derivar de la naturaleza.

Entonces, ¿por qué referimos al diseño biofílico en lugar de la biomimética si tratamos de emular la estructura y funcionamiento natural?

Ahí radica la importancia de la conexión, el vínculo humano y el regreso del valor simbólico de lo natural. No dejamos de lado en el presente trabajo esa recuperación de la naturaleza en el diseño. La era biodigital puede regresar el diseño a sus raíces naturales y biológicas, al estado afectivo, afinidad y amor por la naturaleza.

BIOFILIA Y DISEÑO GENERATIVO

El diseño biofílico, logrado a partir del diseño generativo son la base para devolver y regenerar nuestro vínculo con lo natural.

Desde el punto de vista generativo, el análisis de Gadamer sobre la mimesis (o imitación de la naturaleza, tan despreciada por el arte moderno y posmoderno) es esencial: imitación implica conocimiento y comprensión, por esto, el diseñador necesita estudiar y conocer la naturaleza.¹¹

¿Qué es lo que define o diferencia a un proceso natural a un algoritmo digital artificial? Justamente los atributos biofílicos como la sorpresa, el misterio y el azar.

10 Benyus, J. M. (2009). *Biomimicry*, HarperCollins e-books

11 Roncoroni, Umberto. (2015) *Manual de diseño generativo*. Lima, 278, pp

ANTECEDENTES |

RAÍCES BIOLÓGICAS DEL DISEÑO |

Hersey nos dice que existen homologías genéticas entre nuestra especie y otras, por lo tanto tendemos a construir y diseñar de forma biológica, basándonos en patrones de la naturaleza y en estructuras que hemos visto construidas por otras especies, como conchas, hormigueros, termitarios, etc.

24

En la historia del ser humano, la arquitectura y el diseño son una extensión del fenotipo. Esto nos dice Hersey ya que en la arquitectura animal, el cuerpo del mismo es una creación de su genoma, y su arquitectura es una creación independiente de su cuerpo, una prolongación separada o anexo.¹²

El diseño en muchas ocasiones ha tomado el ejemplo de elementos biológicos, desde:

Células; como algunas plantas o cúpulas de catedrales que asemejan el ADN, espirales y células. (Steel Cathedral, Frank Lloyd Wright; escaleras en forma de hélice de Leonardo da Vinci o de Nicolas Le Camus de Méziers; las columnas salomónicas del baldaquino de Bernini en la Basílica de San Pedro); cristales, formas de prismas, (Torre Eiffel, el Banco de China de M. Pei); virus (las tridilosas funcionan con una estructura similar a las de los virus, la cúpula de Bernini en el domo de Santa María de la Asunción tiene un patrón similar a las rejillas hexagonales de células o panales de abeja.)

Hojas y Flores; por ejemplo los capiteles dóricos y corintios que incluyen ornamentación con motivos botánicos; el fuste de las columnas es similar a los tallos de algunas plantas; formas espirales simétricas (los mosaicos romanos tienen una similitud en su patrón al de el capitel del crisantemo, o la estructura de los girasoles); la serie Fibonacci está presente en el patrón de algunas plantas y flores y se retoma en la arquitectura y el diseño (como algunos pináculos en el Vaticano); esqueletos y estructuras de hojas, etc.

Conchas; moluscos y espirales (formas de conchas que han sido utilizadas en nichos y portales, los capiteles jónicos y corintios, e incluso las rocallas y elementos ornamentales como los que se encuentran en la iglesia de Karanlik Kilise en Cappadocia); la similitud entre las escaleras y las conchas de mar; conchas y pináculos en edificios, agujas, espirales, etc.

¹² Hersey, G. *The Monumental Impulse, Architecture's biological roots*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999.

Insectos: plantas y ornamentos están basados en la estructura de insectos y de patrones de panales (las plantas de los jardines diseñados por Giovanni Battista Ferrari; Hanna House de Frank Lloyd Wright; o la cúpula de Brunelleschi, cuya estructura es similar a la estructura con la que funciona un panal); los termiteros y los hormigueros (los termiteros son rascacielos naturales; los túneles de los hormigueros funcionan de la misma manera que los domos, por ejemplo el Panteón romano).

Aves; desde la estructura ósea de dinosaurios que son similares a las estructuras de algunos puentes, hasta el tejido de los nidos, sus diferentes nudos y patrones de tejido, e incluso las primeras chozas o habitáculos funcionan de la misma manera que la estructura de un nido.

Mamíferos; en este caso se habla de simbolismo territorial, así como la mayoría de los mamíferos lo hacen en la naturaleza, aquí entra la escala también como forma de imposición (la escala del Colosso de Rodas, o la estatua de la libertad); así como la forma del cuerpo humano en ornamentaciones.

25

Formas fálicas; (plantas de basílicas, obeliscos, torres...); o los genitales femeninos (la planta de Stonehenge, las cámaras de las pirámides de la civilización egipcia que asemejan el útero, fuentes y ornamentos); la forma de huevo, frutas, nueces, pechos y domos.

La reproducción en la naturaleza a manera de fractales; biológicamente la reproducción de los genes y genomas, de los copos de nieve, y otras estructuras naturales se refleja en algunos motivos ornamentales, patrones de mosaicos, plantas de iglesias, fachadas de edificios, etc.¹³

13 Pearce, Peter, (1978), *Structure in nature: is as strategy for design*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts and London, Reino Unido.

ESTRUCTURAS EN LA NATURALEZA |

Las estructuras que encontramos en la Tierra se distinguen en dos grandes grupos: uno referente a las estructuras de la naturaleza, y otro referente a las estructuras hechas por los seres vivos. Este último a su vez es divisible en las estructuras hechas por el hombre en las cuales hay edificios, puentes, infraestructuras, etc. Y las que están hechas por los animales en las cuales hay los nidos, hormigueros, colmenas, etc. En ambos casos se produce una modificación del hábitat para responder a necesidades determinadas.¹⁴

26

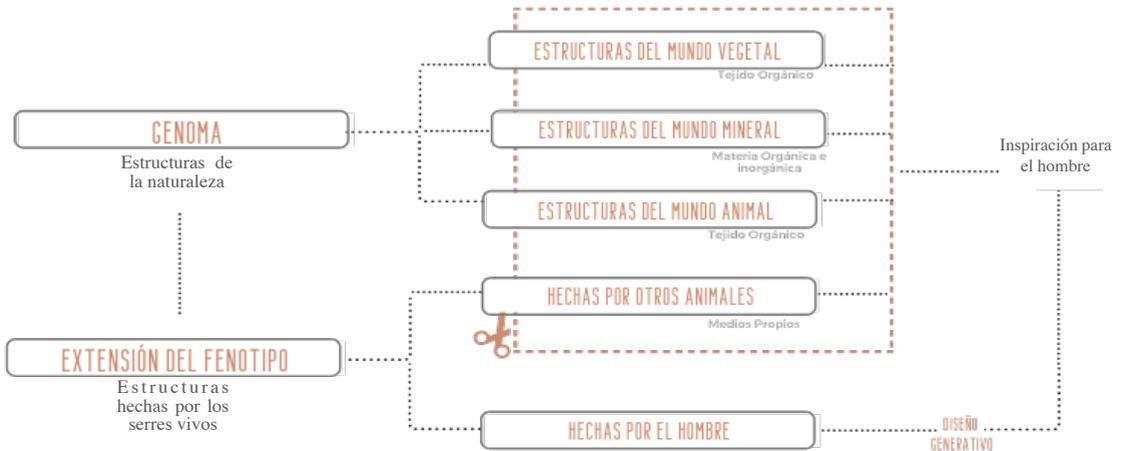


Fig 3. Pineda, Stefania (2020), Tabla de estructuras naturales.

14 Macnab, Maggie. (2012) *Design by Nature, Using Universal Forms and Principles in Design*. Berkeley, CA Pearson Education .

Las estructuras hechas por los animales utilizan los principios de economía en el uso de materiales locales asequibles, reciclaje, optimización de las formas o la adaptación al medio con el consecuente ahorro energético.

Además son estructuras realizadas con medios propios por lo cual las mayores diferencias son entre un ciclo de vida cerrado, y no abierto como en el caso de las estructuras hechas por el hombre.

Las estructuras de la naturaleza se dividen en inanimadas y animadas, y éstas últimas, a su vez, se dividen en las del mundo animal y las del mundo vegetal. Cada una presenta desarrollos estructurales diferentes. En particular las estructuras inanimadas o del mundo mineral, entre las cuales se encuentra el agua, las piedras o los copos de nieve, se caracterizan por ser materia orgánica e inorgánica, y según la escala de análisis varían las formas sobre las cuales actúan las fuerzas físicas, tanto externas como internas. Por ejemplo, es diferente observar el efecto de erosión del viento sobre una montaña o la estructura de las propiedades mecánicas de una formación rocosa.

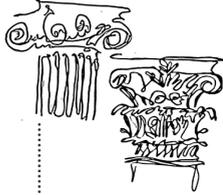
27

Las estructuras animadas se caracterizan por estar formadas de tejidos vivos y orgánicos constituidos por un conjunto de células organizadas más o menos especializadas. Según el tamaño del organismo corresponderá un mayor o menor desarrollo de tejidos con funciones específicas y por consecuente variará la complejidad estructural correspondiente.



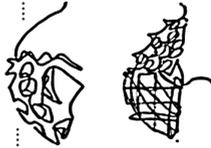
cabaña primitiva

antigüedad:
capiteles
cariatides
ornamentos



edad media
renacimiento
barroco
art nouveau

estructuras
geodésicas



arquitectura
contemporánea

era del crecimiento
de la arquitectura
biofilia



*Diagrama de ejemplos del
uso de la naturaleza como
inspiración a través de la
historia*

28

Fig 5. Pineda, Stefania (2019), Diagrama de ejemplos de diseño biofilico en la historia.

Fig 5. Pineda, Stefania (2019), Diagrama de ejemplos de diseño biofilico en la historia.

ESTADO DEL ARTE |

CASOS ANÁLOGOS |

La naturaleza y el diseño han estado entrelazados durante mucho tiempo. Desde la nanoestructura de las células hasta las formas vertiginosas de la vida vegetal, los arquitectos, artistas e ingenieros visionarios se han inspirado constantemente en el ciclo evolutivo de 3 mil millones de años para resolver problemas de diseño. La arquitectura y el arte es un ejemplo clave de esta síntesis, en soluciones muy variadas para la vida futura que armonizan, en lugar de explotar, con la naturaleza.

La práctica radical de cada uno de estos creativos utiliza la tecnología de formas nuevas y sorprendentes para reimaginar las estructuras fundamentales que nos rodean.

Entre los ejemplos contemporáneos y más recientes de diseñadores y artistas que han usado la biofilia y sus atributos, así como la naturaleza y lo biológico como inspiración se encontraron los siguientes proyectos.

EN LA ESCALA ARQUITECTÓNICA |

El icónico domo geodésico de Buckminster Fuller fue el resultado directo de su exploración de los principios constructivos de la naturaleza, utilizando la forma esférica para crear estructuras ligeras y estables. Entre los años 50s y 60s sus estructuras resonaron por su esencia futurista abstrayendo principios físicos y morfológicos de la naturaleza.



Fig 6. La Biosfera para la exposición mundial de 1967. Recuperada de <http://postmatter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

Otro arquitecto cuyos diseños experimentales fusionaron formas encontradas en la naturaleza con materiales hechos por el hombre fue Frei Otto, nacido en Alemania en 1925. Sus estructuras ultramodernas y súper livianas se derivaron directamente de sus estudios en el mundo natural, de la resistencia y belleza de las telas de araña a las propiedades de construcción del bambú. En particular, Otto se inspiró en las formas de las burbujas de jabón, y lo tradujo con éxito a varias de sus estructuras de pabellón durante la década de 1970. Sus estructuras de membrana hicieron un uso temprano del modelado por computadora, una versión profética del proceso de diseño paramétrico contemporáneo utilizado por notables diseñadores y arquitectos, entre ellos Zaha Hadid.

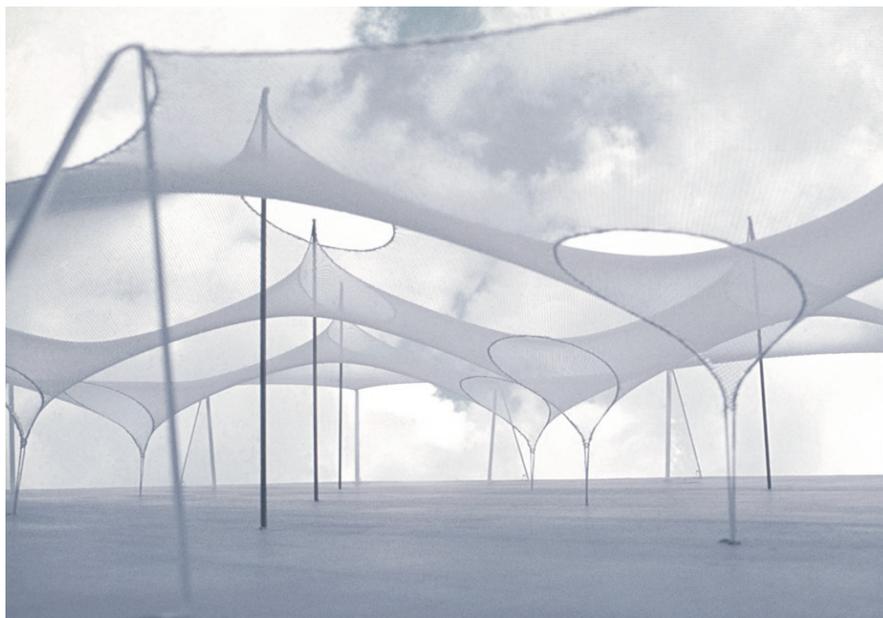


Fig 7. (2020) Pabellón alemán de Frei Otto. Recuperada de <http://post-matter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

ESCALA DISEÑO |

PATTERNITY

Patternity es un estudio de investigación de patrones y archivo de imágenes, con sede en Londres, toma nota de los detalles más pequeños que nos rodean para inspirar su trabajo. El dúo fundado en 2009 ha trabajado con marcas dedicadas a la moda como Celine. Con Barbican, han explorado previamente las plantas tropicales que se encuentran en el conservatorio del icono brutalista para crear nuevos diseños. Como en la naturaleza, la repetición es clave para sus diseños de patrones.



Fig 8. (2020) Patrón de hoga para Patternity. Recuperada de <http://postmatter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

JONATHAN MCCABE

El arte generativo del australiano Jonathan McCabe profundiza en las teorías de la formación de patrones naturales para crear composiciones psicodélicas. Inspirado por la teoría de la morfología de Alan Turing, lleva lo biológico a lo digital y desarrolla algoritmos que replican los patrones aleatorios de células y membranas. Los resultados son obras de arte generativo, es decir autogeneradas mediante algoritmos de aleatoriedad, saturadas en color y extravagancia.

34



Fig 9. (2020) Arte generativo de Jonathan McCabe. Recuperada de <http://postmatter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

HICHAM BERRADA

El artista nacido en Marruecos, con sede en París, Hicham Berrada, experimenta con todo, desde explosiones atómicas hasta reacciones químicas para construir sus propios paisajes fantásticos. En su serie fotográfica “Presage”, las reacciones químicas cuidadosamente compuestas se desarrollan dentro de frascos de vidrio; Berrada captura estas “interpretaciones” microscópicas en cortometrajes y fotos. Tan colorido, tenso y evolutivo como cualquiera visto en un escenario, el artista los pone en movimiento antes de que el proceso molecular tome el control de la composición final, siempre cambiante.

35



Fig 10. (2020) Arte generativo de Hicham Berrada. Recuperada de <http://post-matter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

TOMÁS SARACENO

Saraceno es conocido por sus esculturas flotantes que se asemejan a las redes de arañas tridimensionales, y sus proyectos comunitarios e instalaciones interactivas que están igualmente informados por los mundos del arte, la arquitectura, las ciencias naturales, la astrofísica y la ingeniería.

36

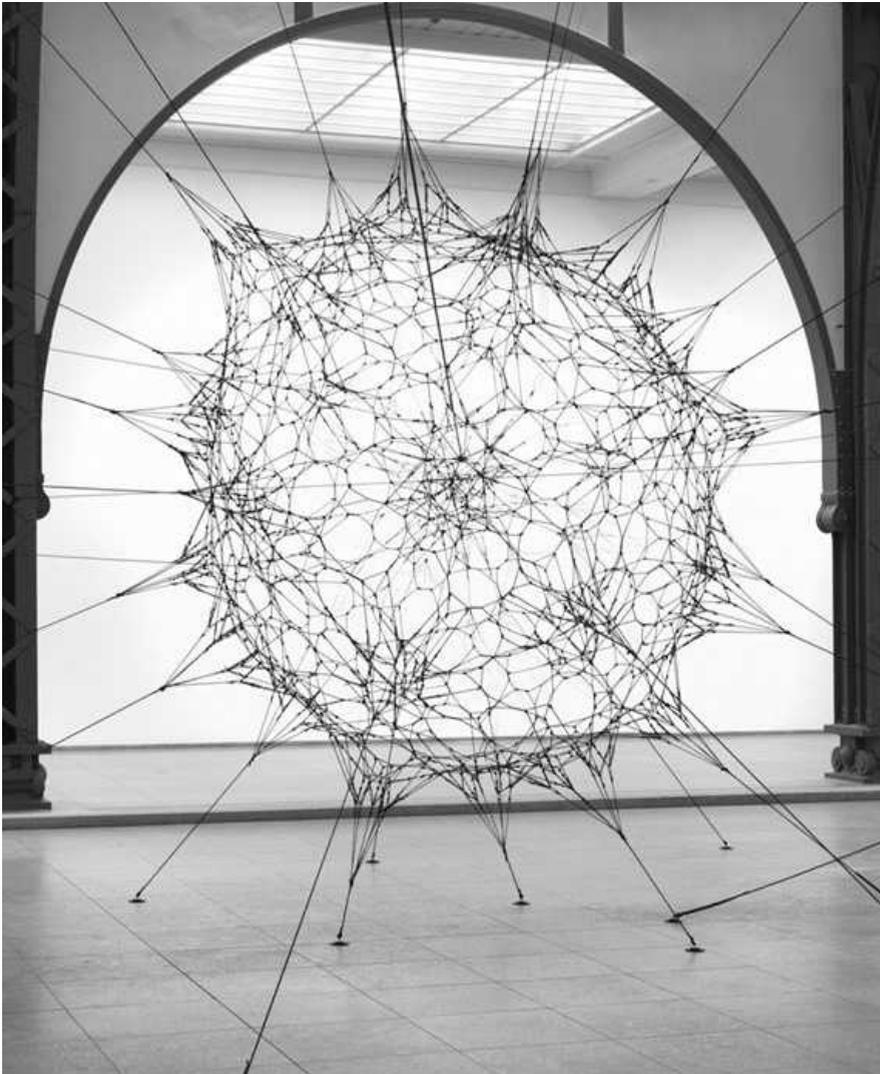


Fig 9. (2020) Arte generativo de Jonathan McCabe. Recuperada de <http://post-matter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

ANDREAS NICOLAS FISCHER

Andreas Nicolas Fischer une lo natural y lo artificial en sus composiciones generativas. En “Schwarm”, los píxeles de las fotografías se reorientan a través de los algoritmos preprogramados de Fischer, que alteran lentamente su densidad y color. Estas partículas comienzan a parecerse a los patrones que se encuentran con mayor frecuencia en la naturaleza a medida que fluyen y cambian a través de la pantalla, formando “organismos” digitales que pueden adquirir las cualidades de cualquier cosa, desde una bandada de pájaros hasta un enjambre de peces. Es un ejemplo de cómo se retoman los patrones de ruido y azar emulando patrones de la naturaleza.

37



Fig 12. (2020) Andreas Nicolas Fischer. Recuperada de <http://postmatter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

TOMÁS LIBERTINY

Se podría pensar que Dutch Liberty, que tiene más de 40,000 colaboradores trabajando en cada una de sus instalaciones, necesitaría un estudio realmente grande. Excepto que estos asistentes son abejas, a quienes Liberty deja enjambrar sobre marcos de cera de abejas cuidadosamente contruidos en forma de jarrón para formar objetos escultóricos que son tan abstractos como orgánicos y muy hermosos. Al explorar la relación entre la naturaleza y la tecnología, los resultados son conceptuales y cuestionan la construcción y el valor de las estructuras que pueden heredarse directamente de la naturaleza misma.

38



Fig 13. (2020)Tetera de colmena Tomás Liberty Recuperada de <http://postmatter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

La silla Durotaxis del estudio Synthesis es una mecedora de dos posiciones, impresa en 3D y de múltiples materiales diseñada por Synthesis Design + Architecture y fabricada por Stratasys. La silla está inspirada en el proceso biológico del mismo nombre, que se refiere a la migración de células guiadas por gradientes en la rigidez del sustrato. La silla es una mecedora ovoide que tiene dos posiciones: una como mecedora vertical y otra como mecedora horizontal. El volumen de la silla está definido por una malla de alambre tridimensional densamente compacta que se gradúa en tamaño, escala, densidad, color y rigidez. La silla aprovecha las capacidades de impresión de múltiples materiales de la Stratasys Objet 500 Connex3 para producir gradientes de rendimiento del material. Las condiciones de gradiente variables son expresiones de las propiedades formales, ergonómicas y estructurales combinadas de la silla.

La complejidad y la densidad de la malla tridimensional de la silla Durotaxis sería muy laboriosa en cualquier otro proceso de fabricación convencional, así mismo, la distribución de gradiente de las propiedades del material y el rendimiento sería imposible sin el Objet Connex3. Este tipo de impresión y materiales, como veremos en los siguientes casos análogos han sido usados por Neri Oxman o la diseñadora Iris van Herpen.

La silla explora procesos de diseño y fabricación tanto en lo visual como en lo material. Las propiedades de su tipo de impresión permiten que la silla pueda ser más gruesa y rígida, y más suave, delgada y flexible en donde lo requiere, formándose así una extensión continua y homogénea de una sola pieza.

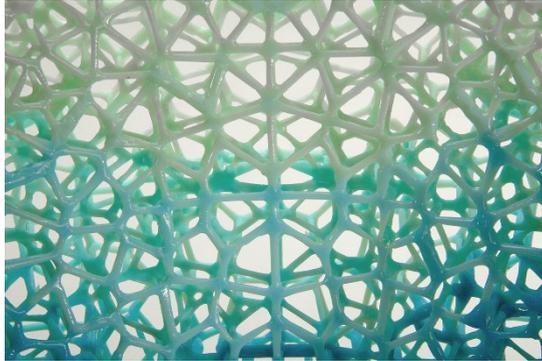


Fig 14. IMSTEPF Films (2014) Silla impresa en 3d Durotaxis. Recuperado de <http://synthesis-dna.com/projects/durotaxis>

MAIHO TAKEDA

La diseñadora de joyas Maiko Takeda, se formó en el Royal College of Art de Londres. Sus frágiles y a la vez poderosas creaciones de la japonesa están influenciadas por elementos ambientales como la sombra, el viento y la gravedad. Su colección de “Reingreso a la atmósfera” experimenta con pigmentos que brillan en la oscuridad para construir tocados fosforescentes completamente a mano. Sus piezas hacen reminiscencia de las medusas flotando en el océano. Esta colección fue pedida especialmente por Björk, a quien se puede ver usando una pieza de la colección en la portada de su álbum Vulnicura.

41



Fig 15. “Vulnicura” album cover, Björk (2015) Recuperado de Björk Japan Fashion and Lifestyle Foundation.

DESARROLLO DE IDEAS

En el proceso experimental de su creación se buscó desarrollar una técnica para crear el efecto visual del aura intangible. Llevándolo a algo táctil y análogo. Aunque pareciera producto de materiales y procesos digitales, se hicieron con materiales cotidianos de baja tecnología.

ESTRUCTURA

Como toda la estructura permanece flexible, tiene un movimiento fluido que hace eco del movimiento del usuario.

Este tipo de reinterpretación de la naturaleza sigue procesos manuales y análogos en los que al igual que en la naturaleza hay variables que como consecuencia tienen resultados únicos y que parecieran aleatorios.

Cabe recalcar que Björk colaboró con Takeda para crear disfraces para su gira Biophilia 2013 y la portada del álbum Vulnicura 2015. La cantante también usó los diseños en su video musical para lionsong.



Fig 16. (2015) Traje Maiko Takeda Recuperado <http://postmatter.merimedia.com/articles/march-sept-2017/design-inspired-by-nature/>

NERI OXMAN

44

Arquitecta, diseñadora e inventora, Neri Oxman es pionera en el ámbito del diseño bioinformado, explorando el aumento de objetos y edificios con materiales biológicos que pueden adaptarse, responder e interactuar potencialmente con su entorno. Operando en la intersección del diseño computacional, la fabricación digital, la ciencia de los materiales y la biología sintética, ha creado wearables y productos inspirados en todo, desde el sistema digestivo humano hasta el sistema solar. Sus experimentos con la impresión 3D la han llevado a innovar en la impresión de materia biológica, buscando soluciones dentro del mundo natural que guíen su enfoque único del diseño.¹⁵

15 Oxman, Neri , et. al. (2012) *Biological Computation for Digital Design and Fabrication*, Massachusetts Institute of Tech



Fig 17. (2020). Sistema digestivo externo Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

DIAGRAMA PARA EL DISEÑO BIOINFORMADO DE NERI OXMAN Y EL MEDIA LAB DEL MIT

46



Fig 18. (2020). Diagrama de diseño bioinformado. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

IMAGINARY BEINGS: MYTHOLOGIES OF THE NOT YET

Esta colección, habla de la biología sintética como una obra de arte al mismo tiempo; los proyectos de Neri Oxman han sido expuestos en el MoMa y otros museos como exposiciones dedicadas más a los procesos que a los resultados. Este trabajo se inspira en la mitología; en el libro de seres imaginarios de Jorge Luis Borges, y utiliza tecnologías de materiales nuevas e innovadoras que mejoran las propiedades físicas y ambientales de estos llamados “artilugios habitables”. Una biblioteca de algoritmos inspirados en la forma que se encuentra en la naturaleza informa el proceso de diseño y fabricación. Se desarrollan en estas exploraciones nuevas tecnologías de impresión 3D de múltiples materiales junto con nuevas características de diseño, como la impresión de mapas de bits y las texturas de propiedades para apoyar el rendimiento y la expresión del material. Revelando el lenguaje de diseño de la naturaleza, esta colección de objetos representa una biblioteca de principios de diseño inspirados en la naturaleza, lo que sugiere que el antiguo mito y su contraparte futurista se unen donde la fabricación del diseño recapitula la fantasía. Se reconcilian la dicotomía de lo natural y lo artificial mediante la biología sintética.



Fig 19. Reshef, Yoram (2012) Pneuma 1. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>
Corsé Pulmonar



Fig 20. Reshef, Yoram (2012) Medusa. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

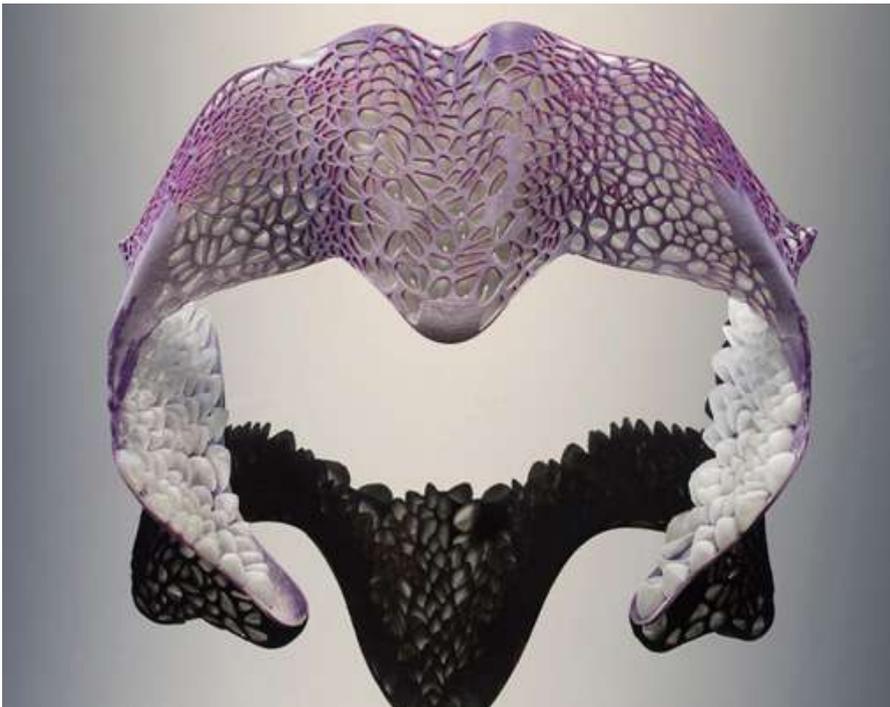


Fig 21. Yoram Reshef,(2012) Remora, Corset p lvico. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/>



Fig. 2. <https://neri.media.mit.edu/> Airplane (Autodesk, 2013) (Screenshot)
Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

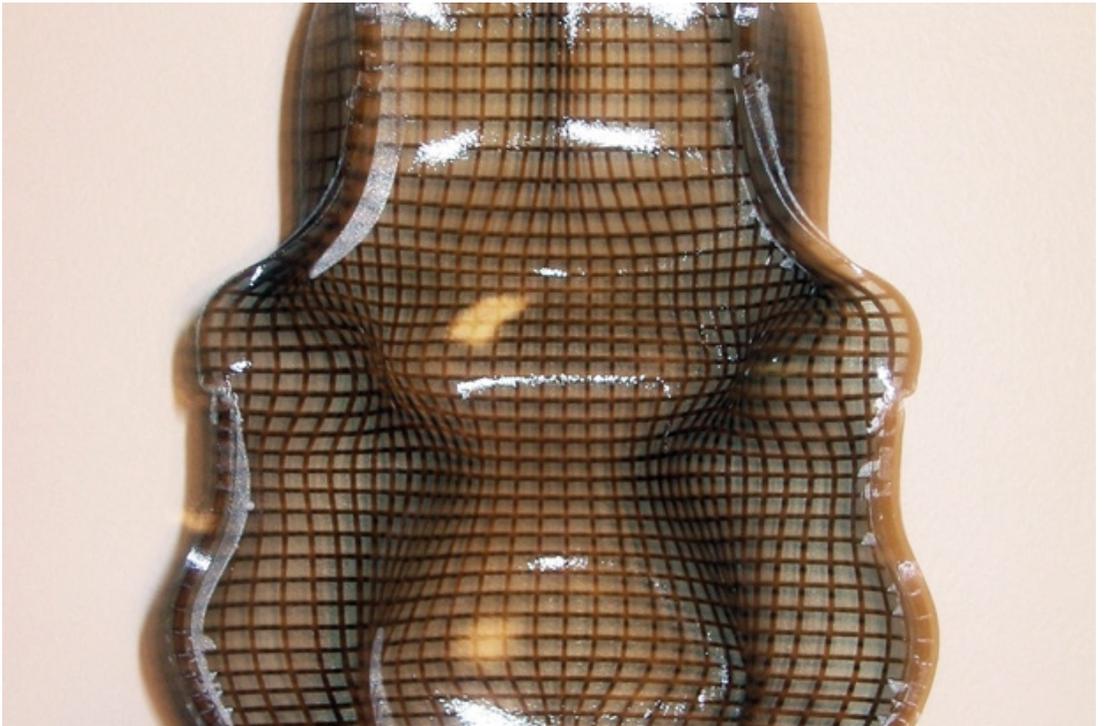


Fig 23. Siegel, Mikey (2007) Bio-inspired Armor Design Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

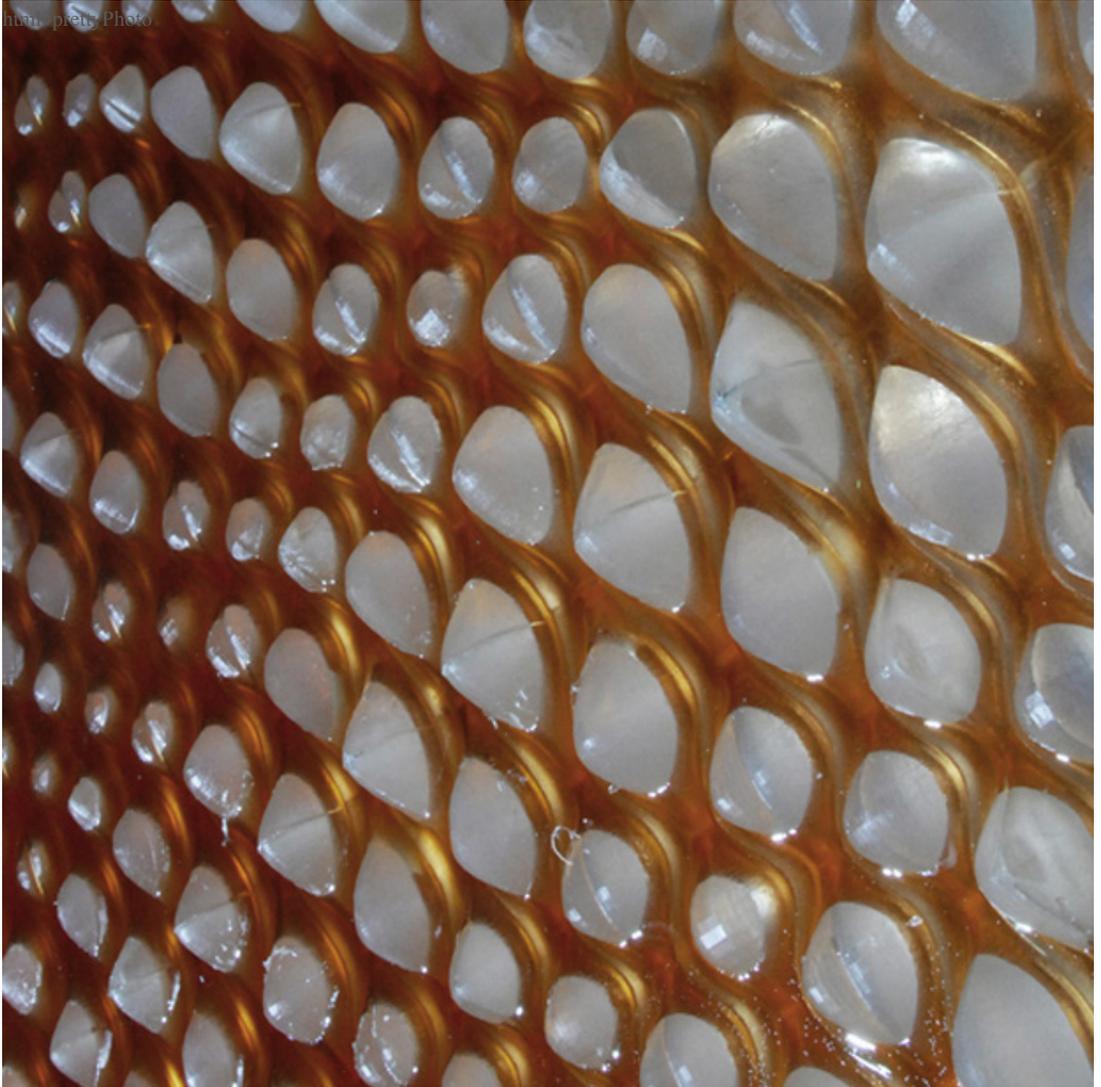


Fig 24. (2007) Cartesian Wax, Prototype for a Breathing Skin Museum of Modern Art, NY. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>



Fig 25. Yoram Reshef,(2012) Doppelganger. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

Este proyecto de innovación tecnológica e impresión 3D de propiedades variables también es creado por parte del MIT. Corresponde al trabajo de dos años del 2008 al 2010 y tiene como objetivo construir una prueba de concepto de una impresora 3D capaz de mezclar dinámicamente y variar las proporciones de diferentes materiales para producir un gradiente continuo de propiedades del material con correspondencia en tiempo real a las restricciones estructurales y ambientales.

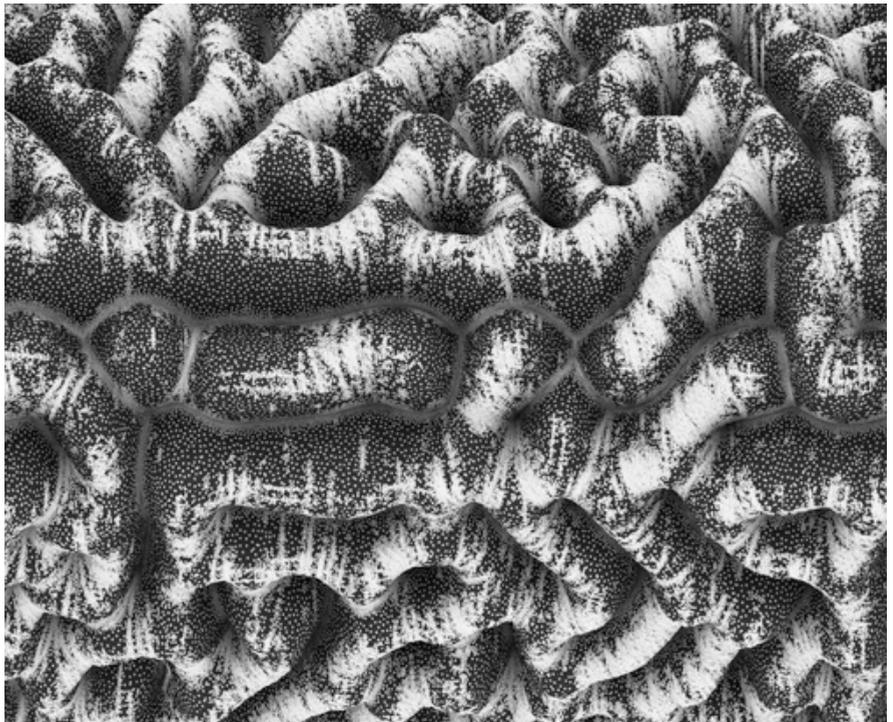


Fig 26. Yoram Reshef, (2008) Fabricology. UROPS: Rachel Fong, Mindy Eng. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma1.html#prettyPhoto>

MASHRABIYA DE FIBONACCI

El Mashrabiya es un arquetipo de arquitectura árabe antigua que denota una pared o ventana de oriel hecha de celosía. Funciona como una barrera social y un filtro ambiental. Este proyecto es un prototipo para una pantalla ambiental, realizada de 2009-2011 en colaboración con el Prof. W. Craig Carter (MIT)

Al modular el tamaño, el grosor, la densidad y la organización general del patrón, se pueden lograr diferentes efectos ambientales, como controlar la orientación de la luz o el movimiento del aire. Este trabajo reinterpreta el antiguo arte del diseño de Mashrabiya a través de la lente de las tecnologías de fabricación digital. Inspirada en los patrones fractales que se encuentran en la naturaleza (como la serie Fibonacci), esta pared de pantalla “da forma” a la forma del entorno creando un vórtice en espiral de luz y aire. El proceso de generación de diseño da como resultado diferentes formas de textura dependiendo del microclima deseado en un contexto ambiental específico.



Fig 27. Yoram Reshef,(2009) Mashrabiya de Fibonacci, Museo de la ciencia, Boston. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

MONOCASCO

58 Este proyecto es una piel estructural Monocasco, francés para “carcasa simple”, Monocoque representa una técnica de construcción que soporta la carga estructural utilizando la piel externa de un objeto. Contrariamente al diseño tradicional de las pieles de construcción que distinguen entre los marcos estructurales internos y los elementos de la piel que no soportan, este enfoque promueve la heterogeneidad y la diferenciación de las propiedades del material. El proyecto demuestra la noción de una piel estructural usando un patrón Voronoi, cuya densidad corresponde a condiciones de carga multiescalar. La distribución de las líneas de esfuerzo cortante y la presión superficial se materializa en la asignación y el grosor relativo de los elementos en forma de vena incorporados en la piel. Su innovadora tecnología de impresión 3D proporciona la capacidad de imprimir piezas y ensamblajes hechos de múltiples materiales dentro de una sola construcción, así como crear materiales compuestos que presentan combinaciones preestablecidas de propiedades mecánicas.

ig 28. Siege, Mikey (2007) Monocasco 1 Museo de Arte Moderno, NY. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

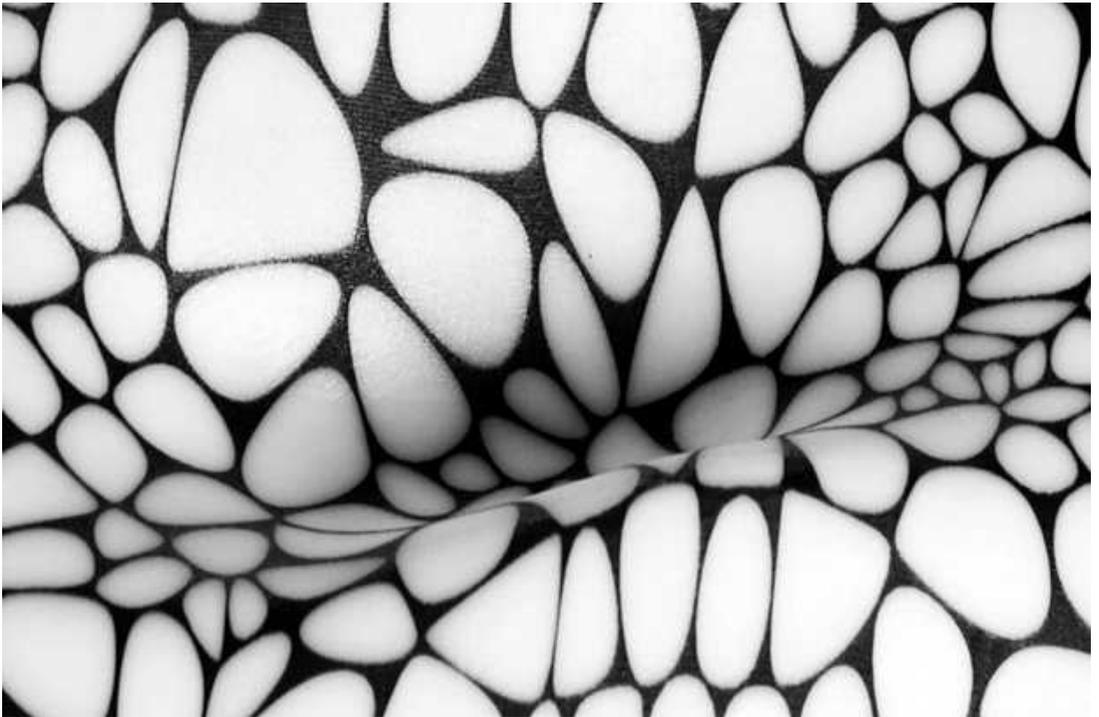
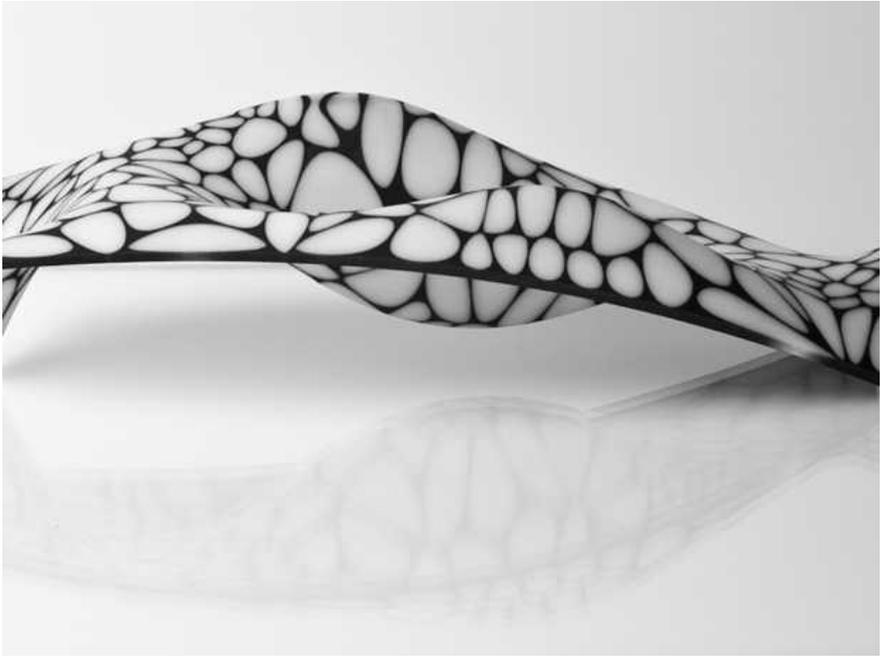




Fig 29. Siegel, Mikey (2007) Monocasco 1 Museo de Arte Moderno, NY. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

El trabajo explora la noción de organización de materiales, ya que está informada por la carga estructural y las condiciones ambientales. Se visualizan, analizan y reconstruyen tres tejidos naturales microestructurales 2D (una sección de la hoja, un ala de mariposa y una pata de escorpión) en prototipos de macroescala 3D calculando respuestas físicas hipotéticas. Se utiliza una aplicación de elementos finitos orientada a objetos para determinar el comportamiento del material de acuerdo con las propiedades y el rendimiento asignados, como la tensión, el flujo de calor, la energía almacenada y la deformación debido a las cargas aplicadas y las diferencias de temperatura. La interacción entre la morfología direccional de la muestra y la dirección del tensor produce efectos físicos que enfatizan la textura espacial del tejido de diferentes maneras. El modelo resultante es de seis dimensiones e incluye información bidimensional, deformación fuera del plano, flujo y tensión elástica. Luego, el tejido se reconstruye utilizando un molino CNC y múltiples tipos de madera. De naturaleza anisotrópica, la direccionalidad del grano y la estratificación están informados por el análisis que resulta en compuestos estructurales laminados que responden a rangos dados de energía y condiciones de carga. El conocimiento científico emergente sobre la simulación de la formación de materiales de este proyecto pretende tener implicaciones potenciales para la fabricación de tejidos y la “ingeniería natural” de complejos de materiales más grandes, como el esqueleto de un edificio.



Fig 30. Siege, Mikey (2007) Terrain. Museo de Arte Moderno, NY. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

IRIS VAN HERPEN / NERI OXMAN. VOLTAGE HAUTE COUTURE, PARIS FASHION WEEK.

En este proyecto fue que por primera vez, un multi-material 3D era utilizado para imprimir un traje de capa y falda presentándose en la pasarela de París. La diseñadora holandesa, Iris van Herpen, debutaba en la Semana de la Moda de París con dos trajes impresos en 3D realizados en colaboración con el MIT Lab diseñados por Neri Oxman y Julia Köerner. Oxman y Köerner asociadas con la modista belga y la empresa Stratasys de impresión 3D. La pieza consta de una mini falda con múltiples burbujas y una capa cubierta con formas que simulan conchas marinas.

63

Para la recolección de Iris en la Semana de la Moda de París, se hizo esta colaboración en donde no solo se pensó en la forma y materiales, sino también sobre el movimiento y resistencia al desgaste. Para esos efectos se inspiraron en el diseño de algoritmos que pueden mapear el movimiento físico, el comportamiento del material según una forma geométrica y la variación morfológica en una superficie usable fluida y constante.

La prenda está construida con dos materiales completamente diferentes, uno es suave y el otro duro. El reto fue unificar los dos materiales y finalmente éstos se intercalaron para fabricar uno flexible. Para ello Van Herpen desarrolló un textil innovador llamado TPU 92A-1, el cual fue anunciado como el primer material imprimible y flexible lo suficientemente resistente como para ser usado y lavado en lavadora. En el proceso Van Herpen se dio a la tarea de escanear a sus modelos y en lugar de usar alfileres para ajustar las cinturas y los largos de falda, se utilizaron computadoras y programas para realizar los cambios antes de tener el resultado final e ir a la pasarela.



Fig 31. Vestido en forma de mejillón impreso con dos materiales uno duro y otro flexible. Recuperada de <http://www.additivefashion.com/wp-content/uploads/2013/05/11Lowres-LRG.jpg>

ROTLACE. NERI OXMAN X BJÖRK

Para crear los diseños de Rottlace, el equipo del MIT escaneó en 3D la cabeza de Björk, generando una nube de puntos de vectores de curvatura. Luego, se modificó el campo direccional para distinguir entre las curvaturas primarias y secundarias, asignando áreas con un alto grado de divergencia a medida que la estructura de soporte rígida, similar a un hueso, de la que emergen las fibras de colágeno blando, emulando las conexiones entre músculo y hueso, hueso y hueso, hueso, y músculo y músculo, con diferentes grados de densidad de tejido. Al menos una docena de diseños de máscaras fueron presentados a Björk, quien seleccionó uno para imprimirlo para su actuación en vivo.

65

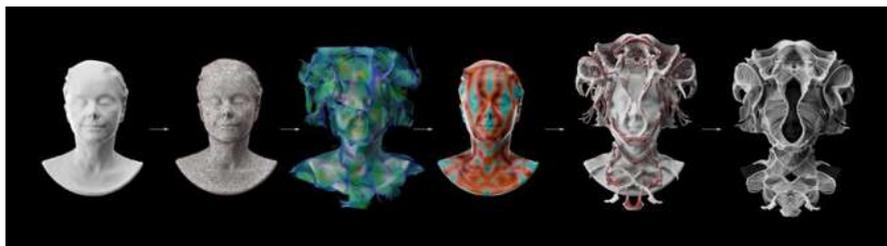


Fig 32. Flujo de trabajo del sistema generativo (de izquierda a derecha): escaneo de cabeza en 3D; campo de curvatura principal mapeo de las direcciones mínima y máxima; el campo de curvatura modificado; mapear la divergencia de curvaturas desde la más alta (rojo) a la más baja (cian); generación de estructura de soporte; Generación de fibra. Recuperada de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

La máscara fue impresa en 3D por Stratasys utilizando impresión de múltiples materiales, lo que permite que los materiales sintéticos con propiedades mecánicas específicas se distribuyan en una construcción geoméricamente compleja en un solo objeto impreso. La máscara combina tres medios de impresión con rigidez, opacidad y color variables que se determinaron por restricciones geométricas, estructurales y fisiológicas.

Para crear el archivo de impresión de varios materiales, primero se debió parametrizar el diseño de máscara seleccionado. Posteriormente se asignó propiedades de material a través de software personalizado y flujos de trabajo de modelado de material heterogéneo para garantizar un cambio gradual en la flexibilidad y translucidez en la máscara. A cada fibra se le asignó un material de impresión específico, o una mezcla precisa de materiales, en función de la distancia de la fibra a la estructura de soporte rígida. La estructura de soporte también fue parametrizada en función de la distancia geodésica a los puntos de origen alrededor del área del cuello.

66



Fig 33. Santiago Felipe. (2016) Björk wearing the Rottlace mask. Recuperado de https://www.architectmagazine.com/technology/neri-oxman-designs-rottlace-a-series-of-3d-printed-masks-for-bjork_o

Fig 34. (2020) Silla Gemini de Neri Oxman. Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>



67

GEMINI

Gemini¹⁶ es un diván construido con fabricación híbrida que implica la impresión 3D de una piel polimérica texturizada combinada con fresado CNC de un chasis de madera. La textura se inspira en la geometría de la semilla de la flor *Ornithogalum dubium* y se diseñó utilizando una implementación computacional de un proceso de Poisson no homogéneo.

La textura impresa en 3D es generada por la distribución del peso de una persona con el objetivo de brindar soporte estructural y comodidad por un lado y maximiza la absorción del sonido que emana de fuentes externas de ruido en el otro. La forma de las unidades celulares, su rigidez, opacidad y color fueron informadas por los datos de curvatura anatómica del cuerpo humano y la comodidad fisiológica anticipada.

Esta silla fue el primer objeto funcional producido con la impresora 3D Stratasys Objet500 Connex3 con el material blando Tango+. Representó uno de los primeros casos de un enfoque de fabricación aditiva híbrida sustractiva, que combina la fuerza de ambas técnicas.

16 Oxman, Neri, Daniel Dikovsky, Boris Belocon, and W. Craig Carter. (2014) *Gemini: Engaging Experiential and FeatureScales Through Multimaterial Digital Design and Hybrid Additive-Subtractive Fabrication*. 3D Printing and AdditiveManufacturing 1, no. 3, Mary Ann Liebert, Inc.

INSPIRACIÓN BIOLÓGICA

La superficie impresa en 3D fue diseñada para absorber los reflejos del sonido o las ondas electromagnéticas y aislarla de las fuentes externas de ruido. A este respecto, puede considerarse una cámara anecoica habitable.

68

La textura del interior está inspirada en la geometría de semillas de la flor de *Ornithogalum dubium*, caracterizada por una estructura celular muy compacta con “dedos” entrelazados que unen una célula a sus vecinos.

Esta geometría permite una mayor relación de área de superficie a volumen, maximizando el número de rebotes que hace una onda dentro de la estructura. Con cada rebote, la onda pierde energía en el material impreso en 3D y, por lo tanto, sale con una intensidad de señal reducida.

Una micrografía de las semillas de flores de *O. dubium* reveló un patrón de unidades de enclavamiento en forma de estrella, que varían en tamaño, número de unidades de enclavamiento o “dedos”, y en altura local. Para la superficie del sillón, el propósito era crear una textura inspirada en el espécimen biológico que mapea su lógica geométrica y sus propiedades en la superficie de la silla.

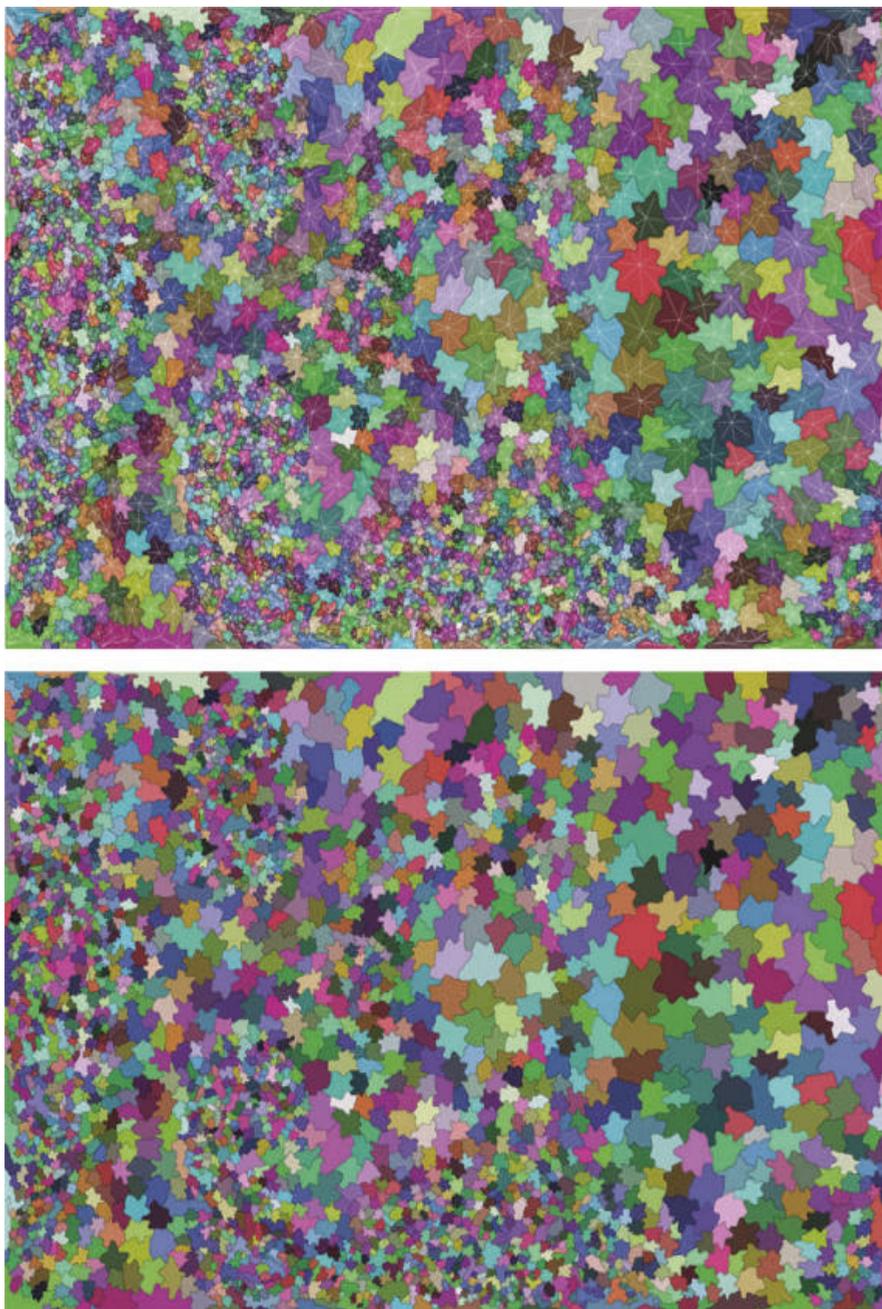


Fig 34. (2020) Voronoi con forma inspirado en la estrella del sol, *O. dubium*. Las células en forma de estrella son extraídos de la triangulación bidimensional de Delaunay (izquierda). Se utilizaron las estrellas resultantes como grupos electrógenos para una “construcción Voronoi basada en la forma” (derecha). Recuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects/details/pneuma-1.html#prettyPhoto>

Z

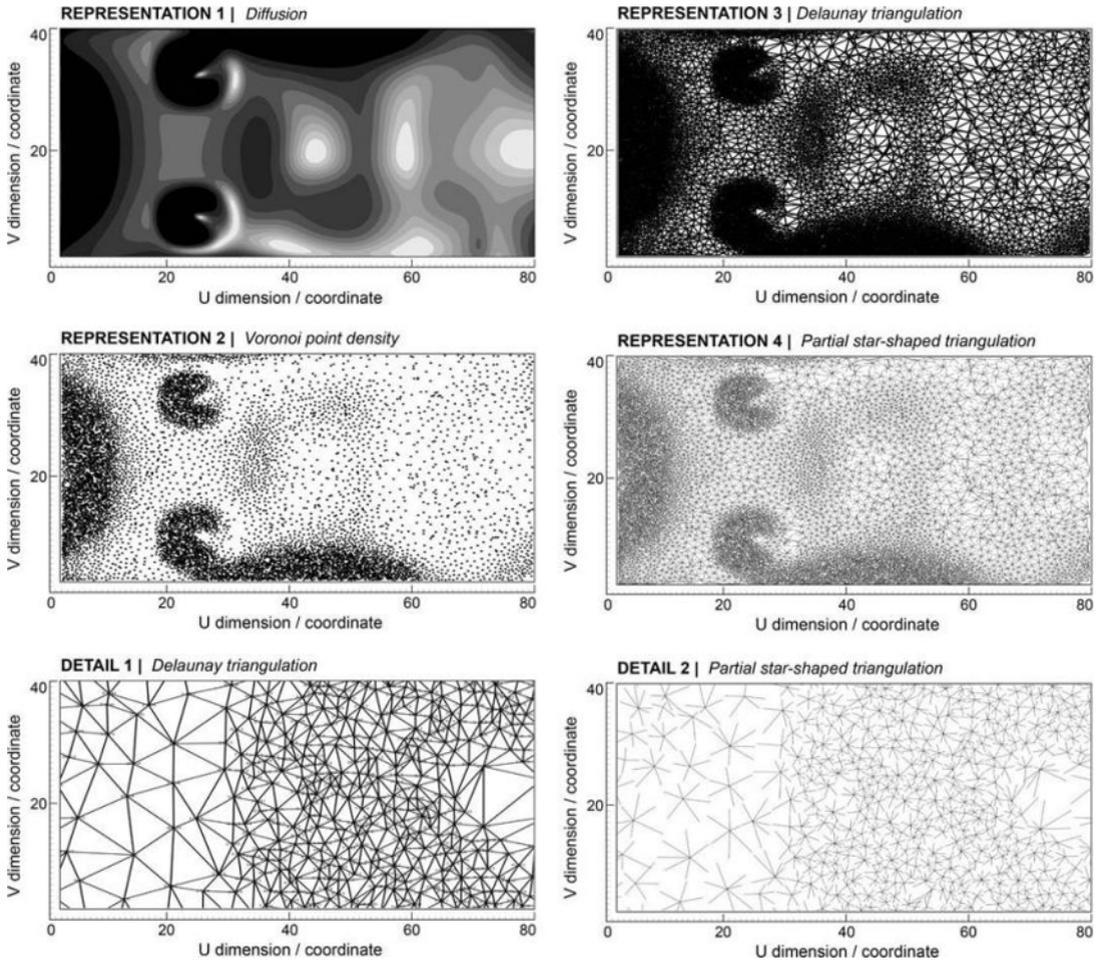


Fig 35. Oxman, Neri. (2017) Estructuras morfológicamente similares en la siguiente secuencia: (1) reacción - difusión, (2) densidad del punto de Voronoi, (3) triangulación de Delaunay y (4) triangulación

parcial basada en estrellas. Rescuperado de <https://neri.media.mit.edu/projects>

BREEDING SPACE

Breeding Space, es un proyecto que es una arquitectura que está viva, crece, se cultiva e incluso genera subproductos comestibles.

Un espacio criado a partir de algoritmos generativos y micelio de seta de ostra sobre paja. Surge de inspiración biofílica de estructuras radiolarias.

El proyecto fue realizado por la Dra. María Mallo Zurdo y su equipo para funcionar como un refugio experimental.



72



Fig. 36. (2018), Imágenes facilitadas por María Mallo Zurdo
Doctora Arquitecta, profesora en ETSAM,
UPM

CONCLUSIONES

De las analogías que se encontraron y firmas que han desarrollado tanto el diseño biofilico, el arte generativo, el biodiseño, la conjunción biodigital, diseño bioinformado y biología sintética, se rescata la metodología y los pasos a realizar.

Se revisaron las metodologías exitosas en las que se busca crír, crecer o cultivar la arquitectura y el diseño en lugar de crear, armar, ensamblar o producirla.

73

Usan la información de la naturaleza y la inspiración, así como proporciones, geometrías, patrones y estructuras.

La revisión de estos casos analiza la forma multidisciplinaria en la que estos proyectos se desarrollan, llegando a la conclusión de que se debe trabajar a la par con individuos que se desarrollen en ámbitos de la biología y la programación o codificación.

Para esto en primera instancia se revisará información para adquirir conocimientos básicos de biología y programación para lograr desarrollar un diseño generativo.

En el siguiente capítulo se muestran los resultados de manera gráfica de la conclusión metodológica.

Se presentan los diagramas correspondientes a la metodología para alcanzar el diseño biofilico y cómo se bifurca a su vez en otras metodologías para el diseño generativo y en qué consisten los pasos para la programación desde lo análogo a lo digital.

También se presentan diagramas para esquematizar la relación del diseño biofilico, el diseño generativo, la era biodigital (la dicotomía entre lo orgánico, inorgánico – natural y artificial – biológico y digital)

PROCESO METODOLÓGICO |

OTRAS METODOLOGÍAS PARA DISEÑAR EN EL PASADO. |

En todas las épocas han existido analogías biológicas en el diseño.

Sin embargo se han utilizado distintas metodologías para resolver el diseño dependiendo de la temporalidad y el contexto que se vivía.

El método canónico se basa en cómo la forma se anticipa de la geometría y sus cánones.

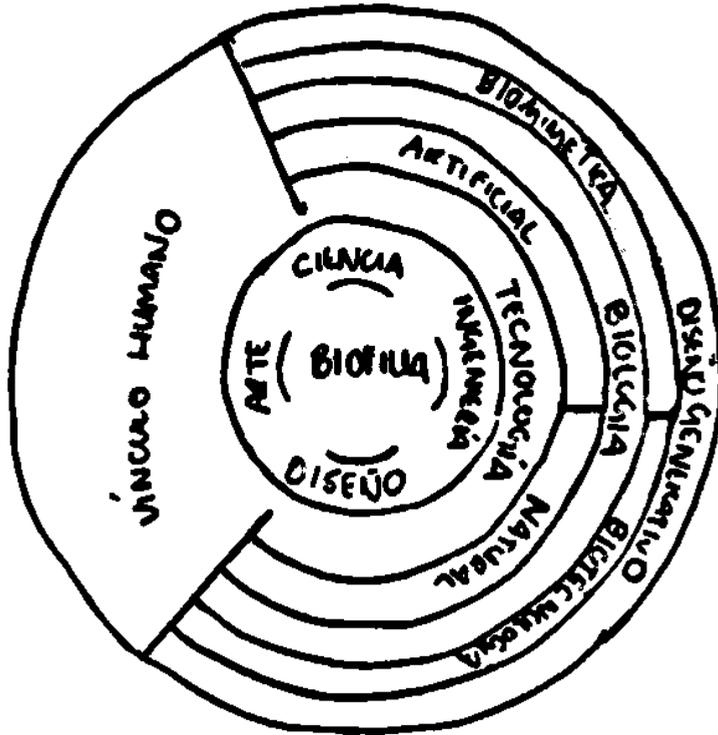
74 El método pragmático se basa en un proceso al azar de experimentación, es decir prueba y error.

El método icónico copia o imita a las formas arquitectónicas o de diseño ya existentes.

El método analógico toma las formas externas de la arquitectura para convertirlas en formas arquitectónicas.

Fig 36. Pineda, Stefania. (2020) Diagrama de multidisciplinas que convergen en el diseño biofilico.

DIAGRAMA MULTIDISCIPLINAR DEL DISEÑO BIOFILICO.



METODOLOGÍA DE LA ERA BIODIGITAL |

A diferencia de las metodologías usadas anteriormente, en este modelo o propuesta se contemplan otras disciplinas, ya que el diseño solo puede ser integral si se toma en cuenta que los ámbitos se complementan y nos encontramos por primera vez en la historia en un momento cumbre donde es posible sintetizar los conocimientos de distintas ramas para lograr un diseño adaptativo.

76

Es por eso que en las primeras etapas de investigación y observación se complementan con estudios básicos para que el diseñador tenga la noción de las ciencias y otras materias que ayudarán a desarrollar el proyecto.

Conjuntamente se trabajará de la mano con expertos en disciplinas de la biología y la programación para ejecutar un proyecto más refinado y óptimo en la mayor manera posible de acuerdo a las herramientas y alcances comprendidos dentro del contexto.

Se considera necesario mencionar los estudios que se desarrollan de manera paralela a la investigación de tesis que son los cursos en: Programación digital mediante el Manual de Diseño Generativo de Umberto Roncoroni. Uso de software, add-in de Revit “Dynamo”, curso online para BMLearning, Madrid, España.

DIAGRAMA METODOLÓGICO |

PARA LLEVAR A CABO EL PROCESO DE DISEÑO

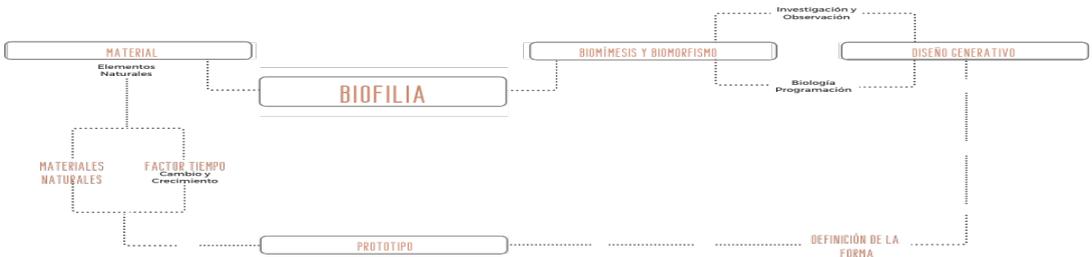


Fig 37. Pineda, Stefania (2020), Diagrama metodológico para proceso de diseño.

La primera fase corresponde a las investigaciones previas, los antecedentes y conceptos básicos para el desarrollo del proyecto.

La segunda fase es el desarrollo formal; los primeros acercamientos a cómo desarrollar la forma y los algoritmos o códigos necesarios para esta.

Dentro de esta etapa se contemplan otras actividades paralelas o simultáneas:

La investigación del proceso para el diseño generativo y aportes de los conceptos básicos de la materia; al mismo tiempo este paso comprende los primeros acercamientos a los softwares de programación que se utilizarán para el desarrollo de la forma y al mismo tiempo se harán ejercicios análogos de los algoritmos de crecimiento del producto.

Para el desarrollo del diseño generativo es necesario seguir un método, el cual también comprende una etapa de investigación sobre biología, patrones naturales, observación natural y síntesis de ella. Para esta fase en específico se acude a la asesoría de expertos en la materia, en este caso un colaborador externo, el estudiante en biología y educador ambiental Maurizio Salvattore Russildi Gallegos, quien aporta conocimientos en biomateriales, crecimiento y reproducción de organismos simbióticos para la posible materialidad del objeto de diseño (cubierta) en posteriores etapas de desarrollo una vez que se defina el algoritmo de crecimiento que da lugar a la forma.

78 También se facilitó ayuda por parte de Edith Medina, fundadora de Biology Studio para el crecimiento de materiales naturales y de Radial Studio para procesos metodológicos para el crecimiento del mismo.

De mismo modo para la parte digital en la generación de la forma del proyecto se acude con el Arq. ERSM. Antonio de Jesús Guzmán Sánchez, para el apoyo con el software Dynamo plug-in para Revit.

Para el diseño experimental del proyecto se cuenta con la asesoría del Arquitecto y Maestro en Arquitectura Avanzada, Tectónica Digital y Autosuficiencia Fernando Meneses-Carlos para el proceso de las morfologías basadas en la naturaleza.

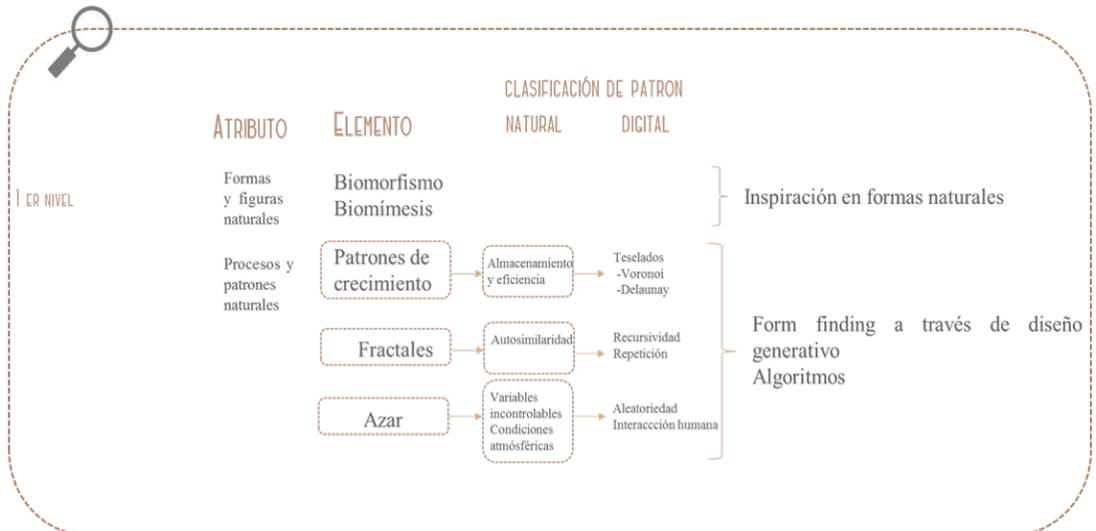
Para el diseño y el form finding de manera análoga y digital también fue facilitada información sobre memoria de procesos para estructuras biofílicas por parte de la Dra. en Arq. María Mallo Zurdo, profesora e investigadora de la Universidad Politécnica de Madrid.



PROCESOS FORMALES |

Para lograr replicar los procesos naturales de crecimiento o definición de forma de los elementos de la naturaleza, los cuales no son perfectos o parecieran aleatorios, sin un orden o patrón, (debido a que en la naturaleza hay variables que no son controlables y terminan definiendo los patrones y algoritmos naturales), se recurre al diseño generativo. Para replicar las variables y la emergencia que surge naturalmente, en medios digitales se acude a códigos programados azarosos o la intervención del usuario que programa ya que de esa manera siempre será diferente.

Esto se realizará mediante distintas fases.



OBSERVACIÓN E INVESTIGACIÓN.

En este capítulo se revisan datos e información que existe para la búsqueda de la forma y comenzar así a desarrollar un algoritmo o patrón para la posterior programación y como resultado el diseño generativo.

Primeramente es importante profundizar en el tema de la biología y los sistemas de crecimiento o patrones que existen en la naturaleza. Enlistando los más demostrativos.

Para conocer la naturaleza es importante observar sus principios y formas, su propuesta de vida.

80

En la naturaleza no existe el esamble de piezas, todo se rige bajo el principio del crecimiento. Las características formales de los organismos naturales varían en cada una de sus partes, creando estructuras, superficies y texturas que sirven para determinada función dependiendo de su localización.

Este tipo de crecimiento crea un “todo” orgánico.

En la naturaleza existen los sistemas que crean los organismos vivos y los que crecen de manera autónoma. Algunos ejemplos son: el seno materno, las cavernas, los nidos, los termiteros, los panales.

Las dos formas de crecimiento en el mundo natural son:
 La intususcepción: crecimiento de adentro hacia afuera.
 La yuxtaposición: de afuera hacia adentro, como los minerales y la formación de estalactitas o la erosión.

Una de las formas que crecen intususceptivamente es la espiral o la concha. Es la forma más común en la que se desarrollan los organismos vivos. Todo desde el microcosmos hasta el macrocosmos gira en espiral. Los tipos de espirales en la naturaleza son: La Constante o de tornillo de Arquímedes. La Logarítmica o de Descartes

DISEÑO INFORMADO EN LA NATURALEZA.

PATRONES.

La naturaleza es completamente económica en su uso de materiales y beneficios de diseño al comprender cómo usar información mínima para obtener comprensión.

Christopher Alexander define un patrón como la descripción de un problema que ocurre una y otra vez en nuestro entorno, para describir después el núcleo de la solución a ese problema, de tal manera que esa solución pueda ser usada más de un millón de veces sin hacerlo ni siquiera dos veces de la misma forma. Así mismo en la naturaleza un patrón es una evidencia energética de la solución eficiente de un problema, la naturaleza se ha resuelto y se resuelve por sí misma.¹⁷

81

La eficiencia y la estética son cualidades fundamentales de la naturaleza. Ser eficiente se define por la proporción de tiempo y esfuerzo invertido en el trabajo que se realiza, y la naturaleza es brillante para equilibrar la necesidad con la respuesta. La naturaleza iguala diseñar soluciones que no ganen ni pierdan energía en el proceso de cambio. Eso hace esto ajustándose para trabajar en múltiples circunstancias, continuamente adaptándose a lo que existe ahora. Si se agregan algunas mutaciones aleatorias para la variación, se tiene la receta para infinitas posibilidades y configuraciones.

El biólogo y matemático D'Arcy Thompson, quien escribió sobre crecimiento y forma en 1914, dijo: "La forma de un objeto es un diagrama de fuerzas ". Otra forma de expresarlo es la forma que describe una fuerza energética y le dice a un historia de la función cualquiera sea el idioma, la cultura o la época, los seres humanos tienen patrones reconocidos como una armonía visual de varias cualidades trabajando juntas en relaciones beneficiosas. Trabajan juntos muy bien, de hecho, lo hacen de nuevo y una vez más para crear sistemas organizados repetitivos que se extiendan desde los microbios más pequeños hasta la galaxia más expansiva. Cuando se percibe el patrón, se tiene una idea de lo que vendrá después porque se ha establecido una expectativa a través de la repetición. La comunicación del diseño humano está entre corchetes en algún lugar entre los dos extremos de micro a macro y comparte los mismos patrones de energía que existe en el universo a todas las escalas.

17 Alexander, C. *A pattern language, Towns, buildings, construction*, New York, Oxford University Press, 1977.

PATRONES ENERGÉTICOS

Los patrones energéticos en la naturaleza son las espirales, formas que se dividen por múltiplos de tres, meandros, ramificaciones y hélices.

Estos patrones son fractales, o los rastros visuales que quedan como evidencia de un evento energético.

Las repeticiones ocurren de esta manera (capas estratificadas de sedimento; hexágonos en una colmena) porque encajan perfectamente en el espacio (la traducción griega de este concepto es la palabra armonía, cuya etimología significa literalmente “encajar juntos”). Los patrones son completamente escalables y aparecen a partir de átomos oscilantes a movimientos galácticos, y todo lo demás.

Cada patrón es único y tiene un propósito diferente manifestado de maneras ligeramente diferentes, pero todos los patrones comparten principios relacionados porque todos existen dentro del mismo diseño estructural de existencia.

82

PATRONES DE MOVIMIENTO DEFINIDOS: RAMIFICACIÓN Y MEANDERS

Los patrones de ramificación y meandros son dos diferentes formas de visualizar el patrón de energía en movimiento de un lugar a otro.

Propósito de ramificación: la ramificación es un patrón angular con movimientos lineales intencionados que muestran intención directa, eficiencia e interacción. La energía de ramificación es inmediata y generalmente eficiente en el tiempo (la franqueza implica urgencia).

Ejemplos de ramificación, natural: corales ramificados, río afluentes, dendritas cerebrales, venas de las hojas, árboles, dedos, sistemas circulatorio y nervioso.

Propósito de serpenteo: los meandros también muestran patrones de movimiento, pero este patrón tiene un vagar y flojo método de entrega diversionary. El serpenteo es tortuoso y eficiente sobre un cuerpo de espacio con una distribución más completa.

Ejemplos serpenteantes, naturales: senderos y senderos de animales, coral de cerebro, convoluciones cerebrales, sinuosas corrientes de valle, intestinos.

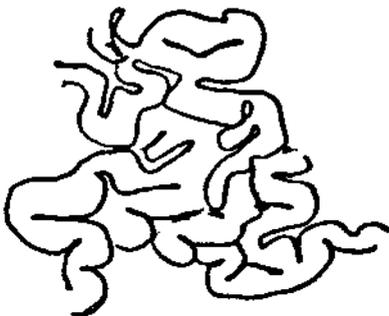


Fig 38. Pineda, Stefania (2020) Patrón de meandros.

PATRONES DE CONECTIVIDAD Y CREATIVIDAD DEFINIDAS: ESPIRAL Y HÉLICES

Las espirales y su patrón hermano, las hélices, son dos diferentes formas de visualizar el patrón de energía que se regenera a sí mismo, un acto de creatividad (aunque la energía en sí misma no es creado o destruido). Este patrón se extiende hacia el futuro a través de la conexión de progresiones auto-similares.

83

Propósito en espiral: el espiral es un patrón en constante expansión de curvas que progresan geoméricamente hacia afuera (logarítmica espiral) o bobina en giros sucesivos que tienen una constante distancia de separación (espiral archimedean).

Ejemplos en espiral, naturales: moluscos, zarcillos de plantas, huracanes, pétalos de rosa, huellas digitales, vórtices.

Propósito de las hélices: la hélice es una forma concentrada de energía canalizada precisa y directamente con propósito intención.

Ejemplos de hélice, naturales: telarañas, materiales genéticos, Caños de agua, agujeros negros.

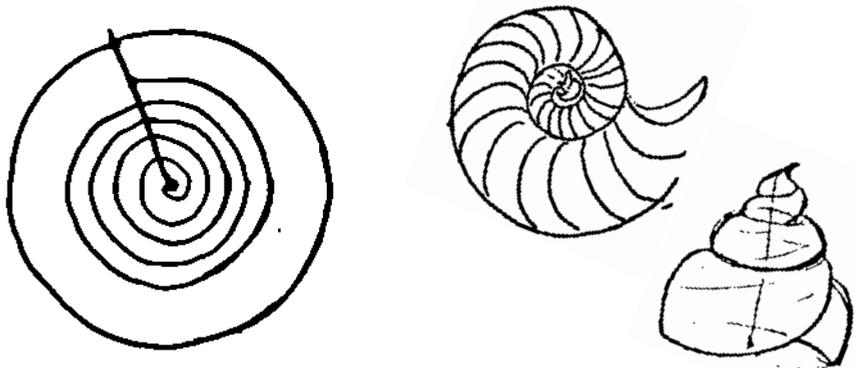


Fig 39. (2020), Espiral constante o tornillo de Arquímedes.

Fig 40. (2020), Espiral logarítmica o de Descartes.

PATRONES DE ALMACENAMIENTO Y EFICIENCIA:

FORMAS DE TESELADO

Los patrones de apilamiento y empaçado se derivan de múltiples esféricos y cilíndricos, formas en la naturaleza que se comprimen en formas anguladas cuando están presurizadas.

Propósito de apilamiento y embalaje: almacenar energía de manera estable y accesible hasta que se necesite.

Ejemplos de apilamiento y embalaje, natural: colmenas, nidos de avispas, barro agrietado, capas asentadas de roca estratificada, los escudos del exoesqueleto de una tortuga, los copos de nieve.

84

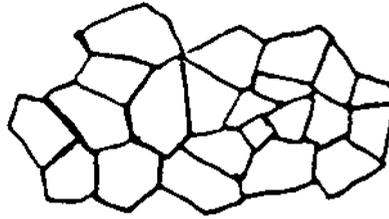


Fig 41. Pineda, Stefaina. (2020) Patrón de teselado voronoi.

LAS FORMAS FRACTALES

La autosimilaridad es la similitud entre la forma general y la forma de los detalles de un elemento natural o artificial, orgánico o inorgánico. Esta característica se debe a la repetición y la recursividad que caracterizan ciertos procesos naturales, así como también a la evolución y la adaptación, pues los fractales presentan soluciones espaciales que resuelven muchos problemas demasiado complejos para las geometrías tradicionales. El concepto fractal es una alternativa a la geometría euclidiana, pues, a través de sus principios, permite estudiar y reproducir la complejidad y la irregularidad (fractus). Las formas naturales autosimilares y fractales son muchísimas: plantas y árboles, montañas, ríos, nubes, entre otros.

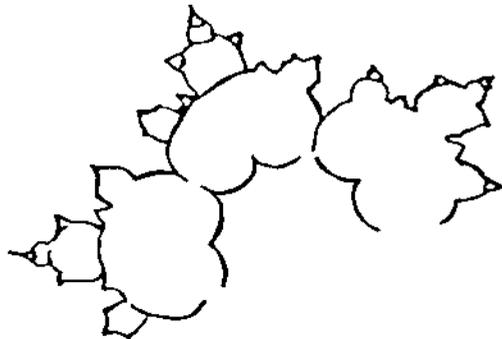


Fig 42. Pineda, Stefaina. (2020) Patrón de fractales, Mandelbrot set.

EL AZAR

EN LA NATURALEZA Y EN EL DISEÑO GENERATIVO

En primer lugar, azar significa desorden o ausencia de un patrón inteligible en una secuencia de símbolos o acciones. Conceptos relacionados son el caos, la entropía y la imprevisibilidad. El azar en los fenómenos naturales es solo aparente, por ejemplo, el clima o los números de la ruleta: ambos siguen la lógica de la física newtoniana, pero resultan impredecibles porque se desconocen exhaustivamente todas sus variables y sus condiciones iniciales. Así que no hay que confundir azar y caos.

El caos es una progresiva complejidad que se produce a partir de condiciones iniciales simples; el azar es un hecho impredecible. En computación, la infinita variedad de la naturaleza y el caos se simulan por medio de parámetros aleatorios. Pero los números aleatorios de la computadora no son realmente aleatorios, pues la máquina, por naturaleza, es siempre precisa e igual en sus operaciones.

El hecho de que no sea posible prever el resultado de un proceso computacional como un autómata celular se debe a que se vuelve progresivamente tan complicado que no se puede seguir mentalmente, y por eso parece aleatorio.

RUIDO DE PERLIN

El azar, en sí, genera solamente estructuras caóticas, pero en el diseño generativo la idea es aplicar el azar de modo controlado para generar variaciones rescatables. El algoritmo de Perlin³ es un proceso para generar ruido coherente, es decir, ruido suavizado y con una suerte de regularidad (Ebert, 1994): “Para simular los fenómenos naturales, en la mayoría de los casos es casi imposible o impráctico desarrollar modelos físicamente precisos. Los modelos procedurales son una alternativa manejable”.

El ruido de Perlin se utiliza para generar texturas procedurales, como las que aparecen en las figuras, terrenos fractales y otros efectos con un aspecto natural, es decir, aleatorio, pero con un cierto orden y regularidad.

DISEÑO GENERATIVO

Para entender cómo surge el diseño generativo, los conceptos clave del paradigma son la autoorganización y la emergencia. Estos términos definen los fenómenos naturales o artificiales espontáneos o no planificados que son fruto de la libre interacción de los elementos de un sistema complejo que posibilita el surgimiento de estructuras y formas impredecibles e impensables desde el diseño tradicional.

86 Para lograr replicar los procesos naturales de crecimiento o definición de forma de los elementos de la naturaleza, los cuales no son perfectos o parecieran aleatorios, sin un orden o patrón, (debido a que en la naturaleza hay variables que no son controlables y terminan definiendo los patrones y algoritmos naturales), se recurre al diseño generativo. Para replicar las variables y la emergencia que surge naturalmente, en medios digitales se acude a códigos programados azarosos o la intervención del usuario que programa ya que de esa manera siempre será diferente.

QUÉ ES LO GENERATIVO

En la actualidad, se denomina generativo a un proceso orgánico o inorgánico capaz de producir o crear, de modo autónomo y espontáneo, una forma o una estructura coherente y ordenada.¹⁸

Todo organismo vivo es generativo, en cuanto produce algo nuevo, es decir, se reproduce. Pero también un proceso inorgánico puede ser generativo, en cuanto transforma la materia suya y de los elementos de su alrededor.

ORDEN EMERGENTE

Un proceso generativo es complejo, sistémico, dinámico e impredecible; esto significa que un mismo principio puede generar resultados muy diferentes, en razón de su complejidad. En cierto sentido, un proceso generativo es caótico en cuanto es sensible a las condiciones iniciales; variaciones pequeñas pueden generar cambios muy grandes en lo que se obtiene al terminar el proceso.

Para el diseño generativo, si se plantea un proceso suficientemente complejo, articulado y parametrizado, se puede obtener una gran variedad de diseños diferentes cambiando sus entradas iniciales. Pero esto presenta problemas computacionales, pues los parámetros no son suficientes comparados con la realidad, y los instrumentos de cálculo son inadecuados. Por esta razón, en el software generativo el comportamiento caótico se simula con el azar, aunque se trate de una solución artificial y arbitraria, introducida desde el exterior del sistema y que, por lo tanto, se debe considerar una trampa, un truco o una inconsistencia teórica y creativa.

EMERGENCIA

Un sistema complejo es caótico y emergente, pues su estructura y el orden de sus elementos son el resultado de este complejo proceso de interacción y retroalimentación. Y la emergencia es lo que se espera de un proceso generativo. ¿Pero de qué se está hablando exactamente? Un fenómeno (como también el diseño o la forma de un artefacto) se dice emergente cuando no está planificado de antemano, o impuesto por alguien o algo externo al sistema, sino que surge desde la libre interacción de los elementos del sistema. Emergente significa, asimismo, “impredecible”, pues la relación con el contexto y la complejidad de los sistemas hacen que los fenómenos emergentes nunca sean iguales.¹⁹

Todo proceso natural es generativo, dado que produce transformaciones en la materia orgánica e inorgánica de modo impredecible, o por la libertad de comportamiento de cada organismo, o por la complejidad del sistema.

88

En los procesos generativos el algoritmo contiene un esquema de lo que será la forma, pero esto afecta a su especie, no a las variaciones de cada una de sus evidencias. La forma individual es, por lo tanto, emergente.

Los objetos obtenidos mediante un proceso generativo no necesariamente son perfectos. Se trata, desde luego, de hacer una selección del mejor, es decir, de aquel que se ajusta más a las exigencias y las especificaciones requeridas.

DISEÑO GENERATIVO Y ALGORITMOS

Algoritmo: una planificación de pasos, acciones o procesos oportunamente parametrados y combinados.

Un proceso generativo es ciertamente algorítmico, en cuanto sigue una serie de pasos lógicos, y es paramétrico, porque se rige por variables que regulan su comportamiento. Sin embargo, un proceso algorítmico y paramétrico no necesariamente es generativo, es decir, no garantiza propiedades complejas, sistémicas, dinámicas y emergentes.

¹⁹ Johnson, Steven. (2001) *Sistemas emergentes. O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*, Madrid: Fondo de Cultura Económica

FASE EXPERIMENTAL |

1 ER NIVEL MORFOLOGÍA |

EXPLORACIÓN Y ELECCIÓN DE FORMAS A EXPERIMENTAR

90

Se hizo una elección de atributos y elementos biofilicos, así como de diseño generativo para hacer un ejercicio morfológico. Así mismo se explicaron los patrones que se han enlistado y como corresponden tanto en la naturaleza como en el diseño generativo, bien se pudieron elegir otros atributos y otros patrones como el viento, el agua, o los patrones de ramificaciones o meandros, sin embargo se optó por explorar los esqueletos radiolarios, los cuales tuvieron su inspiración en las ilustraciones de Ernst Haeckel para utilizar los atributos de la naturaleza de: recursividad, repetición, teselaciones y formas de compactación y almacenamiento, para la fase morfológica.

Primeramente hubo un proceso de observación en la naturaleza de estructuras que comparten estrategias generativas, entre ellas se observaron las conchas, la fructificación temprana de hongos y setas, los fractales de las estructuras de suculentas y el Mandelbulb el cual se basa en el Mandelbrot set.



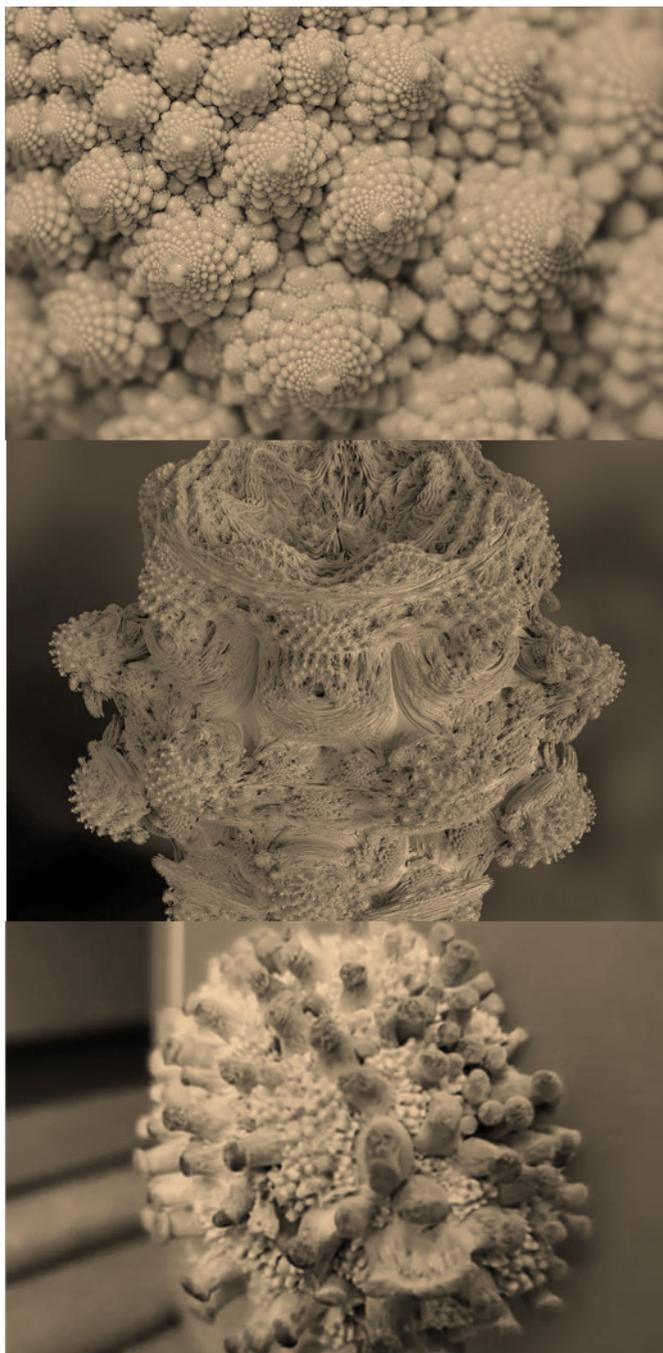


Fig 43. Pineda, Stefania. (2020) Fotografía de concha marina.
Fig 43.1 Pineda, Stefania. (2020) Impresiones de suculentas, mandelbulb y fructificación de hongos.

EXPLORACIÓN MORFOLÓGICA ANÁLOGA / RADIOLARIOS

Microorganismos unicelulares con esqueletos complejos. El uso de sólidos platónicos, poliedros que conforman muchas de sus formas globales, y el diseño generativo permiten reproducir sus patrones de comportamiento (*sistemas de compactación, almacenamiento y teselación irregular*).

92

En el proceso análogo del form finding se recurre a los principios de auto organización de la naturaleza para crear la porosidad característica de las estructuras radiolarias



Fig 44. Pineda, Stefania. (2020) Experimentación análoga de propiedades de radiolarios en yeso.

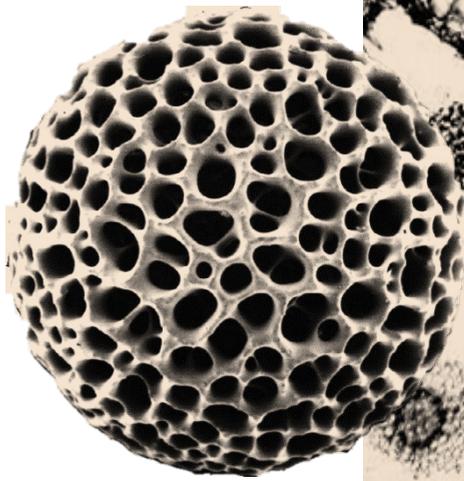


Fig 45. Pineda, Stefania. (2020) Estructura radiolaria e ilustraciones de Ernst Haeckel.

FORMAS DE
HEXÁGONO
Y PENTÁGONO



Fig 46, 46.1, 46.2, 46.3 Pineda, Stefania. (2020) Experimentación análoga que muestra las cavidades y las huellas que dejan los espacios entre ellas a manera de hexágonos y pentágonos





Fig 47. Pineda, Stefania. (2020) Resultados de experimentaciones análogas con yeso.



Fig 47.1, 47.2, 47.3. Pineda, Stefania. (2020) Resultados de experimentaciones análogas con yeso



Fig 48, 48.1, 48.2 Pineda, Stefania. (2020) Piezas y fragmentos de yeso.



Fig 49, 49.1, 49.2. (2020)
Centro de la estructura de
yeso y fotografías de la su-
perficie de las estructu-
ras de yeso y su centro.

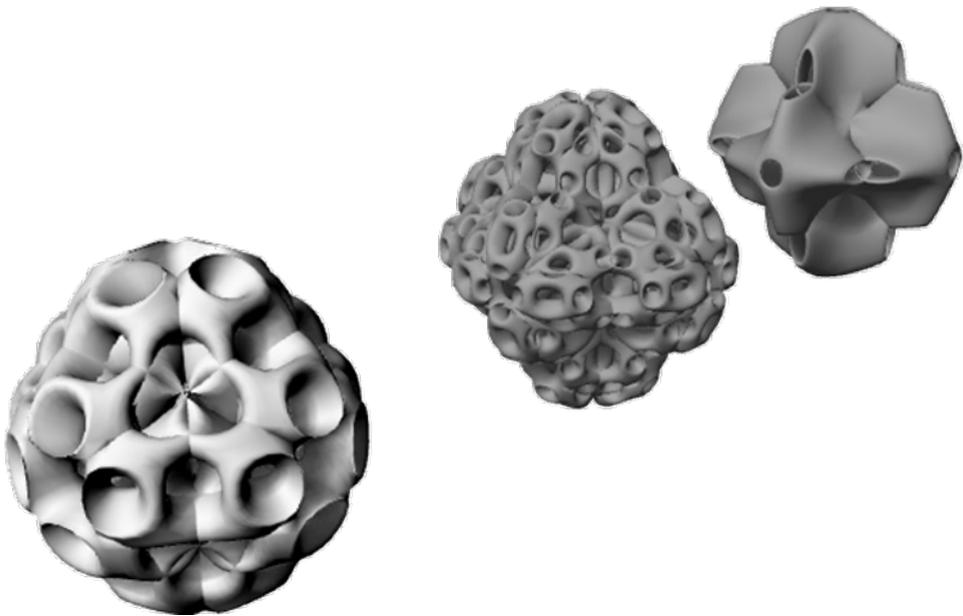


Fig 50, 50.1 Pineda, Stefania. (2020) Exploraciones y experimentaciones digitales para crear figuras porosas mediante grasshopper.



Se utilizó como base la geometría de un dodecaedro, el cual prolifera en cada una de sus caras a manera de fractal con el plugin anemone, la superficie se suaviza para dejar huecos con formas mas orgánicas y naturales. Se exploró con 1, 2 y 3 generaciones de crecimiento fractal con la misma distancia para formar un cuerpo lo más esférico posible.

Este proceso nos ayuda para proliferar a manera defractal las caras del elemento que se desee. En este casoera obtener un cuerpo similar a la estructura del radiolario. La especulación era utilizar las mismas herramientas de recursividad para que estas pudieran fluir sobre la superficie deseada variando sus parámetros, aunque en el ejercicio final se resolvió mediante distintas herramientas.

EJERCICIO ANÁLOGO MEDIANTE ESQUEMA DE OCUPACIÓN.

102

Proceso de form finding con yeso y bolas de hidrogel.

Proceso análogo de form finding mediante un esquema de ocupación y auto organización de elementos para crear superficies porosas.

Los cuerpos esféricos se autoorganizan dentro del espacio contenido y sobre la superficie, dejando huecos en una manera curva.

Este ejercicio, no resulta ser el final pero permite entender las formas globales que se crean mediante la autoorganización de las formas y las porosidades que se crean así como la forma de los huecos.



Fig 51. Pineda, Stefania. (2020) Acercamiento a los espacios vacíos generados a partir de esquema de ocupación.

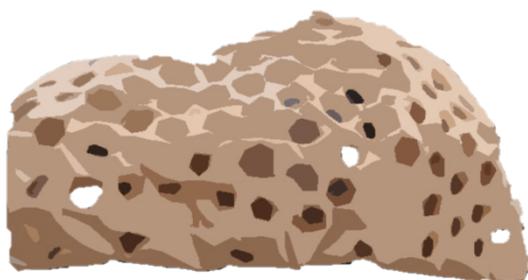
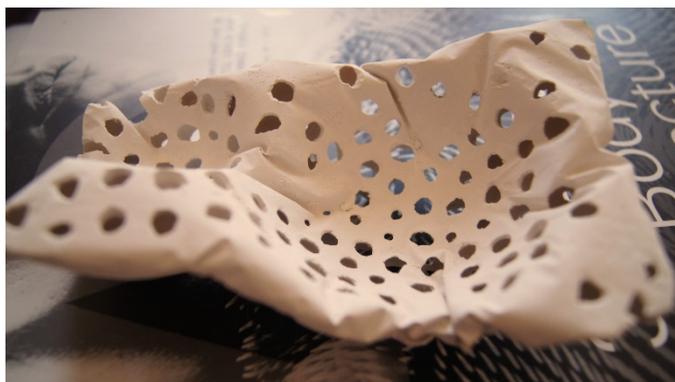


Fig 51.1, 51.2, 51.3 Pineda, Stefania. (2020) Resultado de exploración de autoorganización y esquema de ocupación en yeso y con bolas de hidrogel.

Se utilizaron bolas de hidrogel para crear las porosidades por su propiedad de deshidratarse y perder volumen para así poder retirarlas fácilmente de la estructura una vez que seca y se vuelve rígida para no romper las pequeñas uniones que se forman entre ellos.

104 Se usaron con anterioridad globos, los cuales al perder aire y volumen consigo, rompían las estructuras generadas por lo que se optó por utilizar las bolas de hidrogel, también se experimentó con uvas, plastilina y bolas de papel aluminio los cuales tampoco funcionaron por sus propiedades más rígidas.

Se crearon espacios vacíos más grandes sobre los cuales la superficie se debía desarrollar, utilizando globos y moldes de silicón. La superficie se simuló con una bolsa de plástico para evitar que las bolas se apilaran y organizaran unas sobre otras, creando la superficie lo más plana posible y de una sola generación de porosidades.



Fig 52, 52.1, 52.2, 52.3, 52.4 (ineda, Stefania. (2020) Proceso con bolas de hidrogel, molde de silicon, globos, yeso y bolsa de plastico.



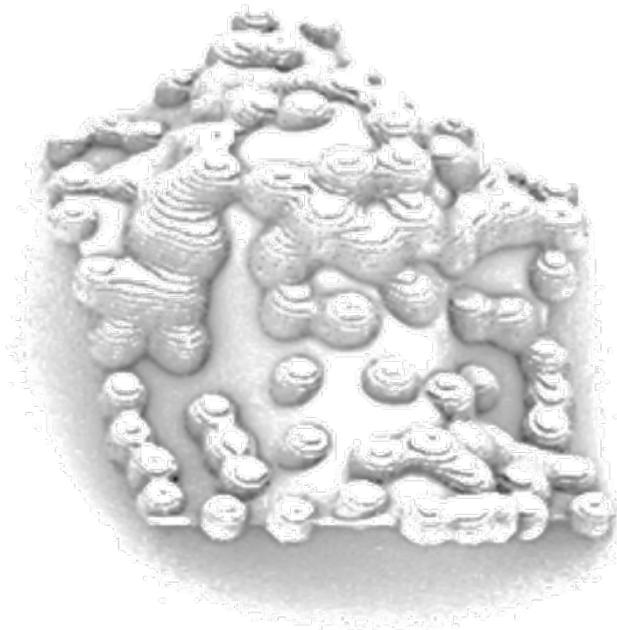




Fig 53. Pineda, Stefania (2020) Exploración digital, imágenes de Rhino y Grasshopper.

En la parte digital se hizo la exploración mediante una superficie creada mediante puntos aleatorios, que realizan una malla sobre la cual se hace una población de puntos y esferas tridimensionales. Se usaron las herramientas de metaball para crear las esferas que se autoorganizan lo más cerca posible entre ellas.

En este ejercicio los cuerpos esféricos corresponden a los huecos que se obtienen en el ejercicio análogo.

OBSERVACIONES DE LOS EJERCICIOS

108

De acuerdo a la información a la que se recurrió, y las observaciones de los procesos de imitación análoga y digital, los esqueletos radiolarios tienen las propiedades de dividir su superficie en teselaciones irregulares que forman huecos. La recursividad y repetición también está presente puesto que en su centro los huecos conforman una cavidad mayor mientras que se acercan a la superficie son de dimensiones menores.

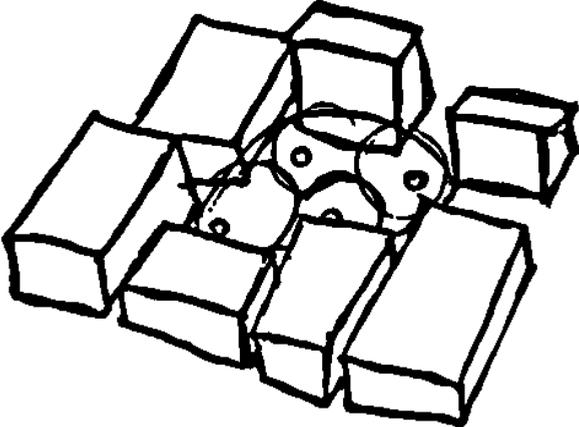
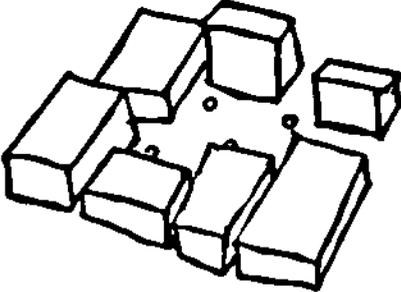
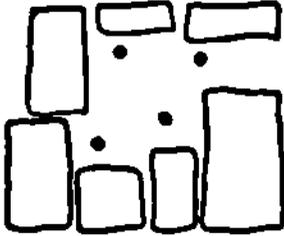
La otra propiedad observada son los principios físicos a los que se puede recurrir análogamente como lo es la autoorganización. Esta propiedad en lo digital se representa con el azar siendo la analogía de las variables incontrolables que suceden en la naturaleza.

En los ejercicios análogos la autoorganización de las formas esféricas alrededor de cuerpos esféricos más grandes arrojaron que apesar de ser cuerpos mayormente esféricos dejan una huella entre ellos de formas hexagonales y pentagonales, lo cual nos da la pauta para utilizar este tipo de geometrías para su reinterpretación en la parte digital.

Se recurre a herramientas de grasshopper para recrear las formas, no siendo una imitación literal, sino una reinterpretación utilizando los principios que se observaron para la conformación de la estructura.

De los ejercicios análogos también se rescata el esquema de ocupación en los cuales en lo digital se representa mediante metaball que se generan en una población de puntos aleatorios sobre un área a cubrir. Estas formas generan el espacio o volumen vacío el cual genera una superficie a manera de malla que tiene las propiedades de porosidad.

Fig 54. Pineda, Stefania. (2020) Diagramas de sistema de ocupación especulativo con población de puntos aleatorios sobre el área a cubrir.

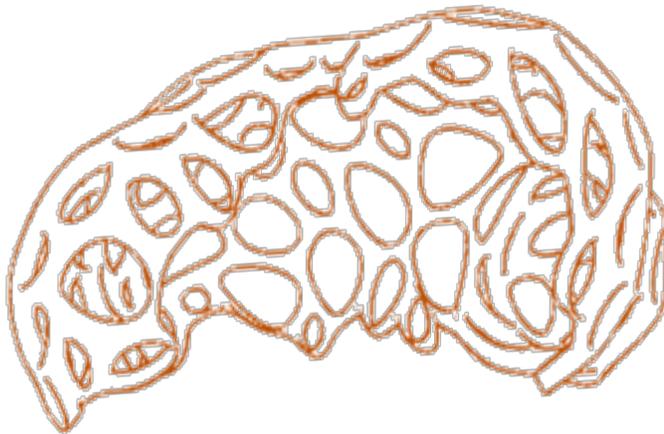
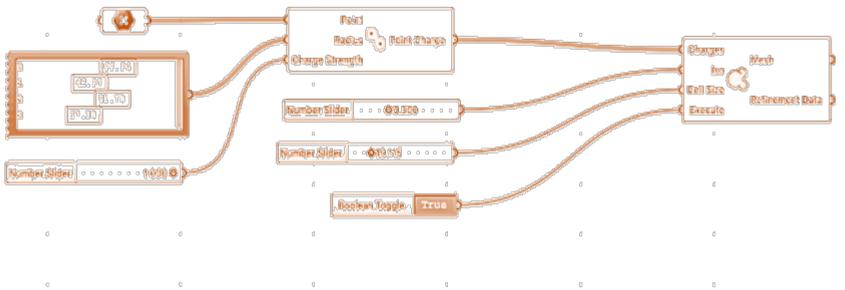


EXPLORACIÓN DIGITAL RHINO + GRASSHOPPER

Se crean puntos aleatorios (correspondientes al esquema de ocupación) que generan la forma y se crea una *red de teselaciones o triangulaciones (malla)*, las cuales se *transoforman en hexágonos propios de las estructuras radiolarias en la naturaleza*. El resultado es un cascarón poroso.

*Estudio forma autogenerada y teselación de la misma para la forma de un pabellón o cubierta.

110



La red de puntos aleatorios se convierte en una malla de triangulaciones.

La malla se extruye en los ejes x, y y z para crear una estructura tridimensional, esta al mismo tiempo se suaviza ensus bordes.

Cada espacio de triangulación se convierte en hexágonos, forma de compactación y teselación eficiente.

Las esquinas de cada hexágono se suavizan para obtener formas más curvadas.

Todas las caras de la malla obtenida se suavizan para obtener una forma homogéa y continua.

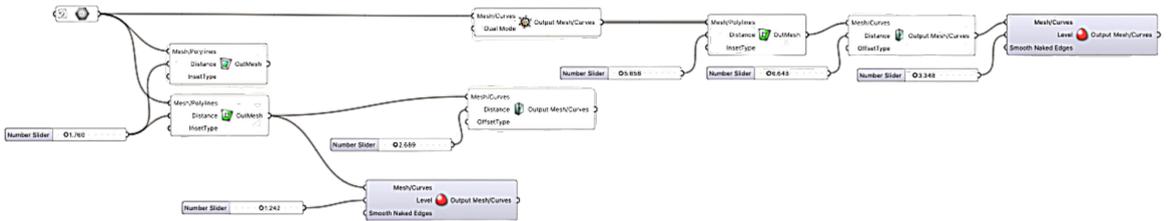
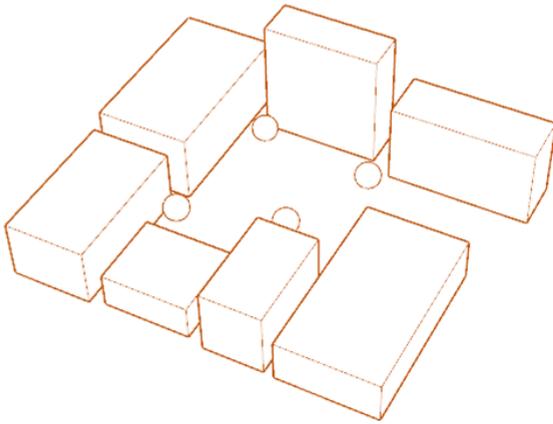


Fig 55. Pineda Stefania. (2020) Boceto de la forma resultante de los procesos y algoritmos de Grasshoper y Rhinoceros.





112

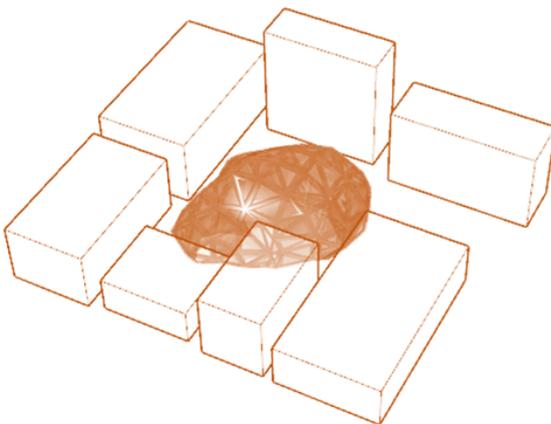
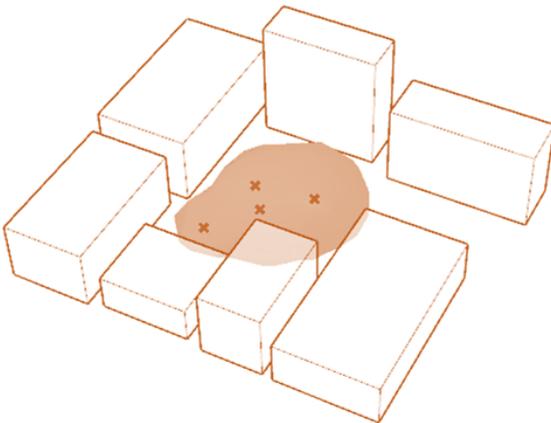
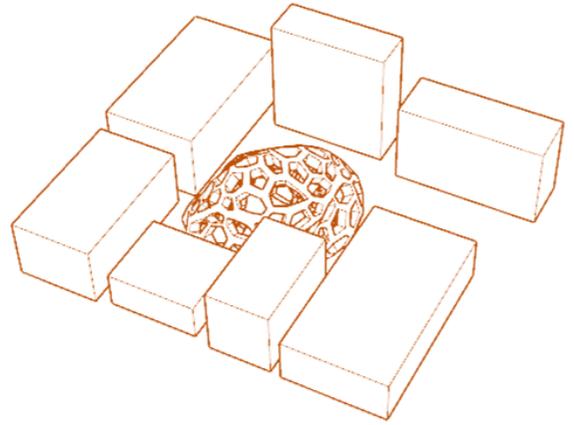
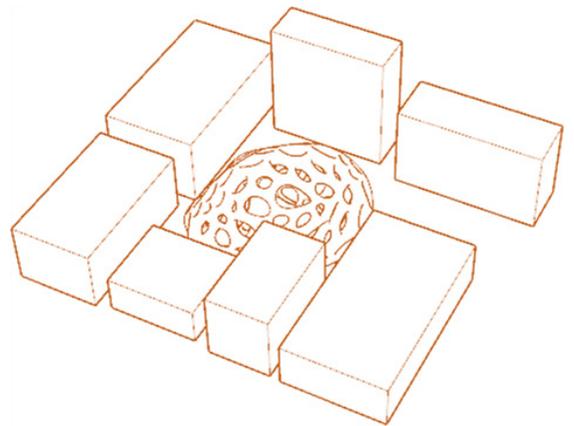
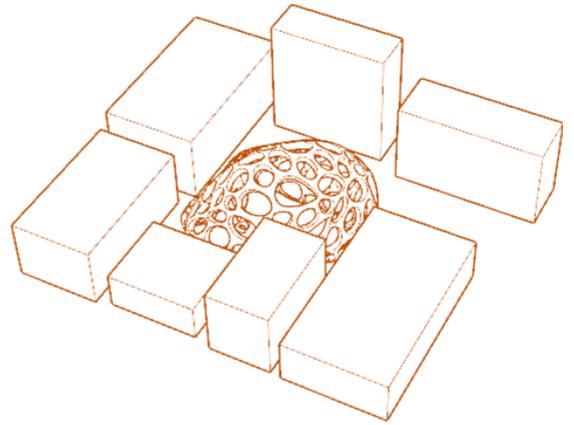
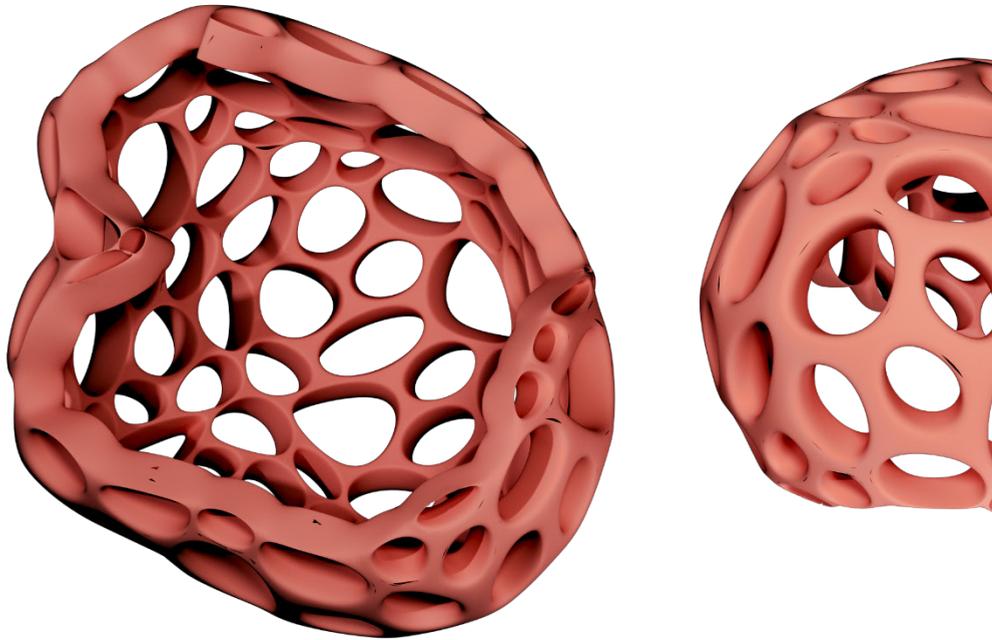


Fig 56. Pineda, Stefania. (2020) Proceso evolutivo de la forma mediante los algoritmos de Grasshopper.



113





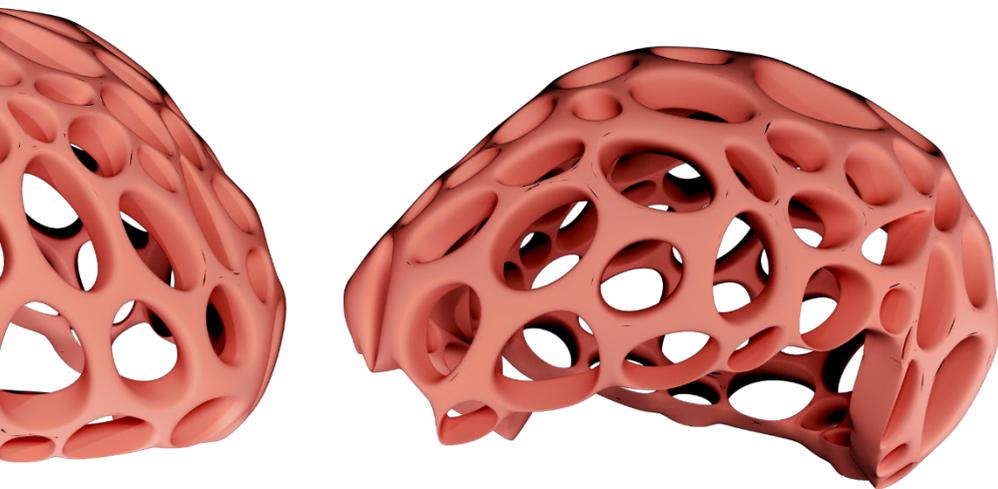


Fig 57. Pineda, Stefania.
(2020) Renders conceptuales de la morfología final.

IMPRESIÓN 3D

El cascarón o esqueleto resultante se imprime en 3d para continuar con las exploraciones materiales.

La forma se exporta a un programa especial para la impresión de figuras en 3d con filamento plástico.

116 El modelo mide aproximadamente 10x12x10 cm.

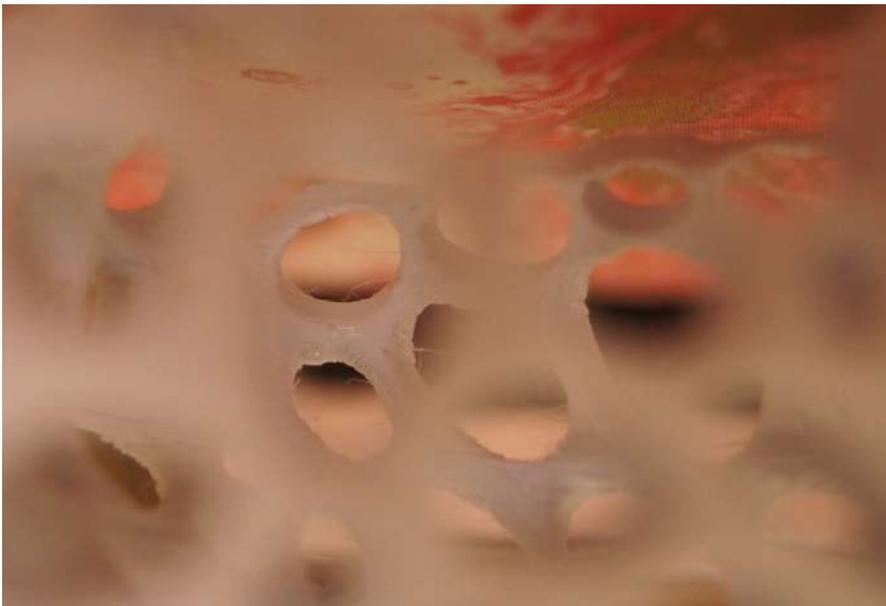


Fig 58. Pineda, Stefania. (2020) Acercamiento por dentro de los huecos del modelo impreso en 3d.

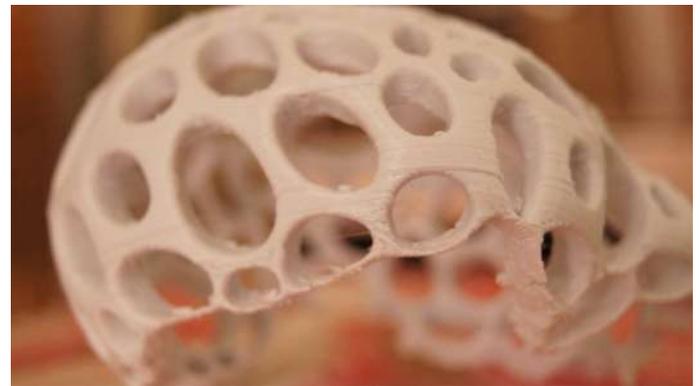
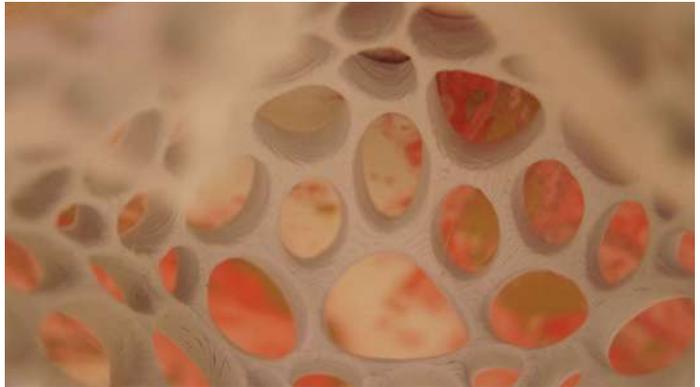


Fig 59, 59.1, 59.2 Pineda, Stefania. (2020) Distintos ángulos de la impresión 3d del modelo.

2DO NIVEL EXPLORACIÓN MATERIAL |

MICELIO

Cuerpo vegetal de los hongos.

Se realizó una búsqueda material, el cual en primera instancia contempló líquenes, carbonato de calcio, arcillas, pero al final se optó por un sustrato de micelio.

Se buscó crecer biomasa para así obtener un material orgánico.

- 118 El cultivo de este material orgánico se hizo mediante colonización con micelio y se utiliza paja y aserrín como sustrato. Los mejores resultados se dieron con el sustrato de aserrín y de última instancia se comenzó a experimentar con bagazo de agave que resulta del desecho de la producción de mezcal, así como de cebada y lúpulo de cerveza.



Fig 60. Pineda, Stefania. (2020) Crecimiento y colonización temprana del micelio en sustrato de aserrín.



Fig 60.1, 60.2, 60.3 Pineda, Stefania. (2020) Colonización del micelio, las hifas se pueden apreciar como peluza de color blanco.





Fig 61 Pineda, Stefania. (2020) Proceso de preparación de sustrato de aserrín y paja con colonizado con micelio. Desde pasteurización.

La colonización del micelio es un proceso lento que puede durar varios meses. Es necesario contemplar distintos factores como lo son:

- + Ambiente controlado
- +Imprevistos -Fructificación
- Contaminación.

A los 6 meses de la preparación del sustrato comenzaron a contaminarse las pruebas, incluso los mismos cuerpos fructíferos que lograron crecer fueron lentamente contaminados por bacterias.



Fig 62. Pineda, Stefania. (2020) Fructificación dentro de los frascos de sustrato.



123

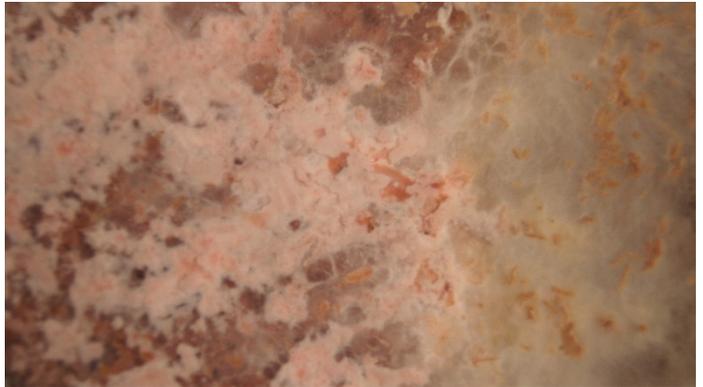


Fig 62.1, 62.2, 62.3 Pineda, Stefania. (2020) Proceso de colonización después de 6 meses. Se puede observar que las pruebas están contaminadas.

También es posible experimentar con el micelio sin sustrato como una membrana parecida al cuero.

Al contaminarse las pruebas se decidió probar con la membrana que se creó a partir de la colonización, la cual era bastante densa.

La textura era esponjosa y húmeda, al mismo tiempo que al ejercer presión se compactaba, similar al algodón de azúcar, una vez compactada genera una apariencia como de un cuero.

Después de 6 meses la membrana permaneció intacta sin presentar más reseque-
des o deshidrataciones, sin descomponerse. Lo mismo sucedió con algunos cuerpos
fructíferos los cuales parecieran haber sido disecados ya que a comparación de otros
cuerpos fructíferos que sí continuaron su ciclo de descomposición estos se mantu-
vieron como naturaleza muerta.

124



Fig 63. Pineda, Stefania. (2020) Biomasa obtenida en la superficie del sustrato del micelio.



Fig 63.1, 63.2, 63.3 Pineda, Stefania. (2020) Material de membrana utilizado para la experimentación material, con apariencia de algodón de azúcar.

ARCILLA

La impresión 3D se replica con arcilla para crear la estructura la cuál se recubre de una capa de la membrana obtenida de la colonización de micelio.



Fig 64. Pineda, Stefania. (2020) Modelo de arcilla de la forma impresa en 3d

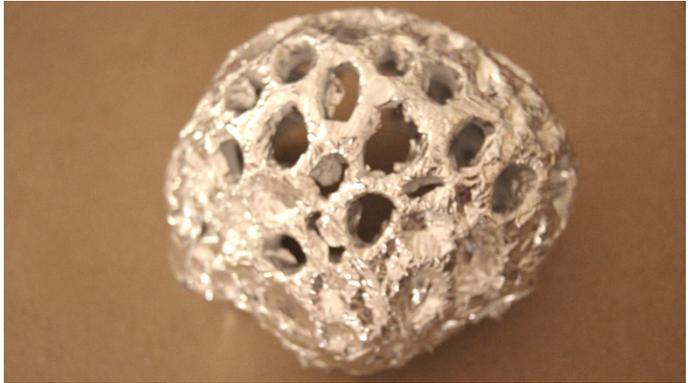


Fig 64.1, 64.2, 64.3 Pineda, Stefania. (2020) Proceso de replicación en arcilla del modelo impreso en 3d

ARCILLA Y MICELIO

Sobre el modelo de arcilla se coloca una capa de la membrana del micelio. En un principio la membrana era esponjosa pero a medida que pasó el tiempo perdió humedad y se deshidrató dejando una membrana más delgada. Con el pasar de los meses la membrana sigue sin mostrar rastro de descomposición.



Fig 65. Pineda, Stefania. (2020) Modelo de arcilla cubierto con membrana de micelio.



Fig 65.1, 65.2, 65.3 Pineda, Stefania. (2020) Distintas vistas del modelo de arcilla con la membrana del micelio aún fresca.



TIEMPO

Con el paso de los meses la membrana se deshidrata, sin embargo parece haber pasado por un proceso de disección ya que no presenta señales de descomposición

Fig 66. Pineda, Stefania. (2020) Modelo de arcilla cubierto con membrana de micelio después de algunos meses.



Fig 66.1 Pineda, Stefania. (2020) Acercamiento al modelo de arcilla con membrana de micelio al pasar los meses.

3ER NIVEL TIEMPO |

Tiempo. Cambio y crecimiento.

En las imágenes se aprecian los cuerpos fructíferos que se lograron proliferar como experimentación para el tercer nivel, así como el sustrato del que provienen se utiliza para el material propuesto en el segundo nivel para la creación de la estructura basada en los elementos biofílicos. La variedad es un hongo comestible de la familia de las setas (Pleurotus Djamor.)

132

Otroas de las especies propuestas fueron:

- Líquien
- Plantas epífitas o aéreas
- Setas (Pleurotus Djamor)



Fig 67. Pineda, Stefania. (2020). Variedad de propuestas de especies propuestas: líquenes y setas que proliferaron de las muestras de paja, y de los frascos de las pruebas de aserrín.



133



ESPECULACIONES !

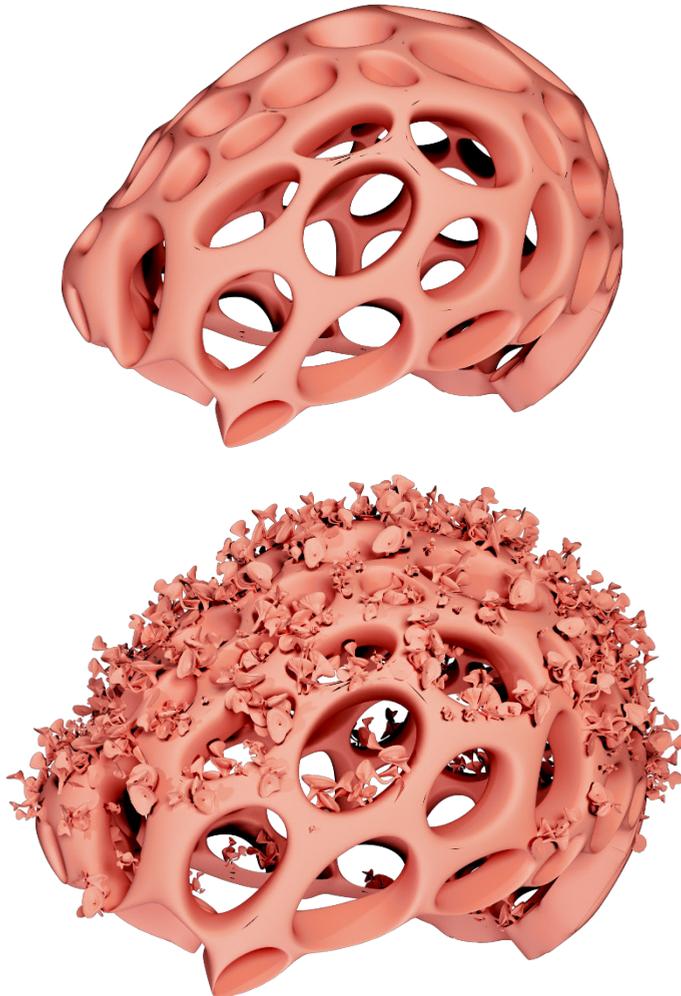
El tercer nivel corresponde a las formas de organismos vivos que pueden crecer en los materiales propuestos.

Este tipo de formas de vida no tienen raíces por lo que pueden abrazarse fácilmente de la estructura.

Su función llega a ser desde crear microclimas dentro de la estructura o cubierta que se propone, la dimensión natural de los jardines aéreos, la dimensión del tiempo y la pátina que se forma en elementos naturales así como incluso llegar a pensar en soluciones a la autosuficiencia alimentaria que en este futuro que estamos viviendo es de suma importancia para controlar y disminuir nuestro impacto en la naturaleza así como regresar a ella mediante formas más simples.

134

En un escenario especulativo se propondría crecer el modelo a una escala mayor construido por el sustrato de bagazo de agave colonizado con micelio y que a su vez produjera o creciera las setas como producto comestible.



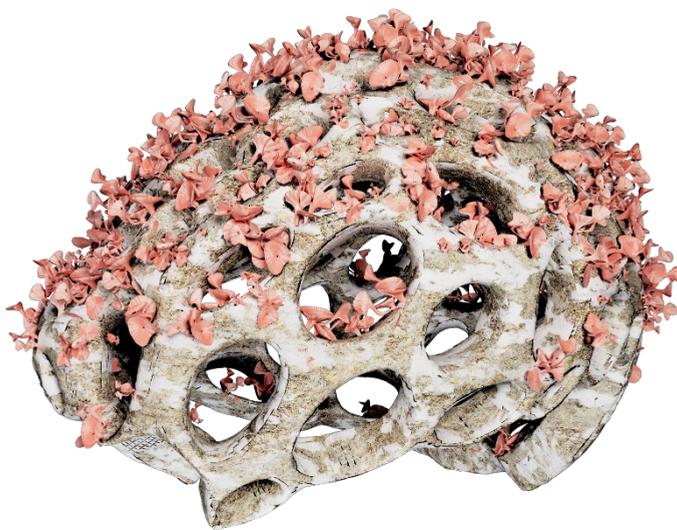


Fig 67. Pineda, Stefania.
(2020) Render de escenario especulativo del modelo construido con sustrato de micelio y crecimiento de setas.

CONCLUSIÓN DEL EJERCICIO MORFOLÓGICO Y MATERIAL |

Atributos y elementos biofílicos + Herramientas diseño generativo + Experimentación y conocimiento de materiales

=

Escenario especulativo (El diseño y la arquitectura son su propia fábrica de cultivo, se cría y crece).

136

El factor del tiempo : en desarrollo

Algoritmo y metodología: facilitar la tarea del form finding biofílico que nos acerca cada vez más a reavivar nuestros lazos con la naturaleza, que es nuestra madre y nuestro hogar.

Este trabajo funciona como base del diseño biofílico casi a manera de manual (ya que en el documento se presentan las diferentes formas y patrones de crecimiento de la naturaleza, y cómo cada una de ellas se traslada a lo digital mediante los principios del diseño generativo, también acercamiento a los materiales que potencialmente pueden crecer en biomasa o en materia orgánica y un breve acercamiento al proceso del cultivo del material, y deja claro que los elementos que se combinaron en este ejercicio pueden variar y cambiar, por ejemplo se puede elegir las ramificaciones o meanders y otros elementos naturales para reproducirlos y usarlo como base de la autogeneración de la forma.

Fig 68. Pineda, Stefania. (2020) Modelos generados a partir de procesos digitales y análogos de la forma.





Fig 69. Pineda, Stefania.
(2020) Render de escenario especulativo.







BIBLIOGRAFÍA |

Ábalos, I. *Atlas pintoresco, vol 2: los viajes*. Gustavo Gili, S.L., Barcelona, 2008.

Alexander, C. *A pattern language, Towns, buildings, construction*, New York, Oxford University Press, 1977.

Benyus, J. M.. *Biomimicry*, HarperCollins e-books, 2009.

142

Berman, M, Kross, E. et al. *Interacting with Nature Improves Cognition and Affect for Individuals with Depression*. Journal of affective disorders, Canadá, 2012.

Browning, W.D., Ryan, C., Clancy, J. 14 *Patterns of Biophilic Design, Improving Health & Well-Being in the Built Environment*. New York: Terrapin Bright Green, 2014.

Frogheri, Daniela; Fernando Meneses-Carlos, Alberto T. Estévez, (2017), *Morfologías resilientes: Desde lo digital a la materia* SIGraDi, Proceedings of the 21th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, Chile, pp.344-351.

Frogheri, Daniela; Fernando Meneses-Carlos, (2017), *Espacios habitables sensibles: Microorganismos como herramientas de diseño*. SIGraDi, Proceedings of the 21th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, Concepción, Chile.

Gamal, Nariman (2014) *Nature-Inspired Design Processes: The Adaption of various Principles of Biology as the base for a Holistic Approach towards a New Strategy within the Design Process*, Faculty of Postgraduate Studies and Scientific Research German University in Cairo.

Hersey, G. *The Monumental Impulse, Architecture's biological roots*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999.

Holahan, Ch. J. *Psicología ambiental. Un enfoque general*, ed. Limusa, México, 2000.

Jencks, C. *The architecture of the jumping universe*.

Johnson, Steven. *Sistemas emergentes. O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*, Madrid: Fondo de Cultura Económica, 2001.

Kellert, S. and E.O. Wilson, eds. *The Biophilia Hypothesis*. Washington, DC: Island Press, 1993.

- Kellert, S. and Calabrese, E. *The Practice of Biophilic Design*. 2015. www.biophilic-design.com
- Kellert, S. Heerwagen, J. Mador, M. *Biophilic design. The theory, science and practice of bringing buildings to life*, ed. Wiley, Hoboken, New Jersey, 2008.
- Louv, R. *The Nature Principle: Reconnecting with Life in a Virtual Age*. Chapel Hill: Algonquin Press, 2012.
- Macnab, Maggie. *Design by Nature, Using Universal Forms and Principles in Design*. Berkeley, CA Pearson Education, 2012.
- Oxman, Neri, Daniel Dikovsky, Boris Belocon, and W. Craig Carter. “*Gemini: Engaging Experiential and Feature Scales Through Multimaterial Digital Design and Hybrid Additive-Subtractive Fabrication*.” *3D Printing and Additive Manufacturing* 1, no. 3 (Septiembre 2014): 108–114. 2014 Mary Ann Liebert, Inc.
- Oxman, N. *Material-based design computation*, Massachusetts Institute of Technology, 2010.
- Oxman, Neri, et. al. *Biological Computation for Digital Design and Fabrication*, Massachusetts Institute of Tech, 2012.
- Pallasmaa, J, Et. Al. *Towards a Neuroscience of Architecture: Embodied Mind and Imagination, Architecture and Neuroscience*.
- Pawlin, M. *Biomimicry in architecture*. Riba Publishing.
- Pearce, Peter, “*Structure in nature: is as strategy for design*”, The MIT Press Cambridge, Massachusetts and London, Reino Unido, 1978.
- Roncoroni, Umberto. *Manual de diseño generativo*. Lima, 2015, 278, pp.
- Silvestre, E. *Vivir sin Tóxicos: Cómo ganar bienestar y salud para tu familia*. Barcelona, RBA, 2014.
- Stedman, Philip, “*Arquitectura y Naturaleza. La analogía biológica en el diseño*” Blumes Ediciones, Madrid, 1982.
- Senosiain, Javier, *Bioarquitectura: en busca de un espacio*. Ed. Limusa Noriega, México, 1996.
- Sussman, A. Hollander J. *Cognitive Architecture. Design for how we respond to the built environment*, ed. Routledge, New York, 2015.
- Wilson, E.O. *Biophilia: the Human Bond with Other Species*. Cambridge: Harvard University Press. 1986.
- Zeisel, J. *Inquiry by Design: Environment/Behavior/Neuroscience in Architecture, Interiors Landscape and Planning*. ed. Norton & Co., New York, 2006.