

PROCESOS

UNA APROXIMACIÓN BIOLÓGICA ALGORÍTMICA AL DISEÑO

Seminario de investigación departamento de Diseño escuela de Arquitectura
Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile
Autor: Rodolfo Ugarte Silva
Profesores Guía: Fernán Meza, Pedro Soza
Fecha: Julio 2008

A la memoria de mi hermosa abuela Dora Llagostera.

Contenido

0. Introducción.

0.1	Una aproximación biológica al diseño.	8.
0.2	Motivaciones.	9.
0.3	Problemática.	12.
0.4	Hipótesis.	13.
0.5	Objetivos.	13.
0.6	Estructura.	14.
0.7	Agradecimientos.	14.

1. La Perspectiva biológica.

1.1	La perspectiva biológica y el cambio de paradigma.	16.
1.2	La organización de lo vivo y la construcción de la realidad.	18.
1.3	La complejidad y los sistemas emergentes.	23.
1.3.1	Control indirecto.	25.
1.3.2	La autoorganización.	25.
1.3.3	Patrones.	26.
1.3.4	La deriva como aprendizaje.	28.
1.4	Cibernética y autonomía de los sistemas complejos.	30.
1.5	Las tres perspectivas sobre cognición.	34.
1.5.1	Cognitivismo.	34.
1.5.2	Conexionismo.	35.
1.5.3	Enacción.	38.
1.6	La cognición y el estar en el mundo.	39.

2. Diseño biológico.

2.1	¿Qué es diseño?	42.
2.2	El proceso de diseño como modelo cognitivo.	44.
2.3	El modelo biológico para el diseño.	45.
2.3.1	La Biología y su relación con las ideas de diseño.	46.
2.3.2	La autopoiesis y el feedback positivo en el diseño.	46.
2.3.3	La emergencia en el diseño.	47.
2.3.4	El diseño más allá de la resolución de problemas.	48.
2.3.5	El determinismo estructural y la herramienta de diseño.	50.
2.3.6	Enacción y el diseño.	50.

3. El diseño algorítmico.

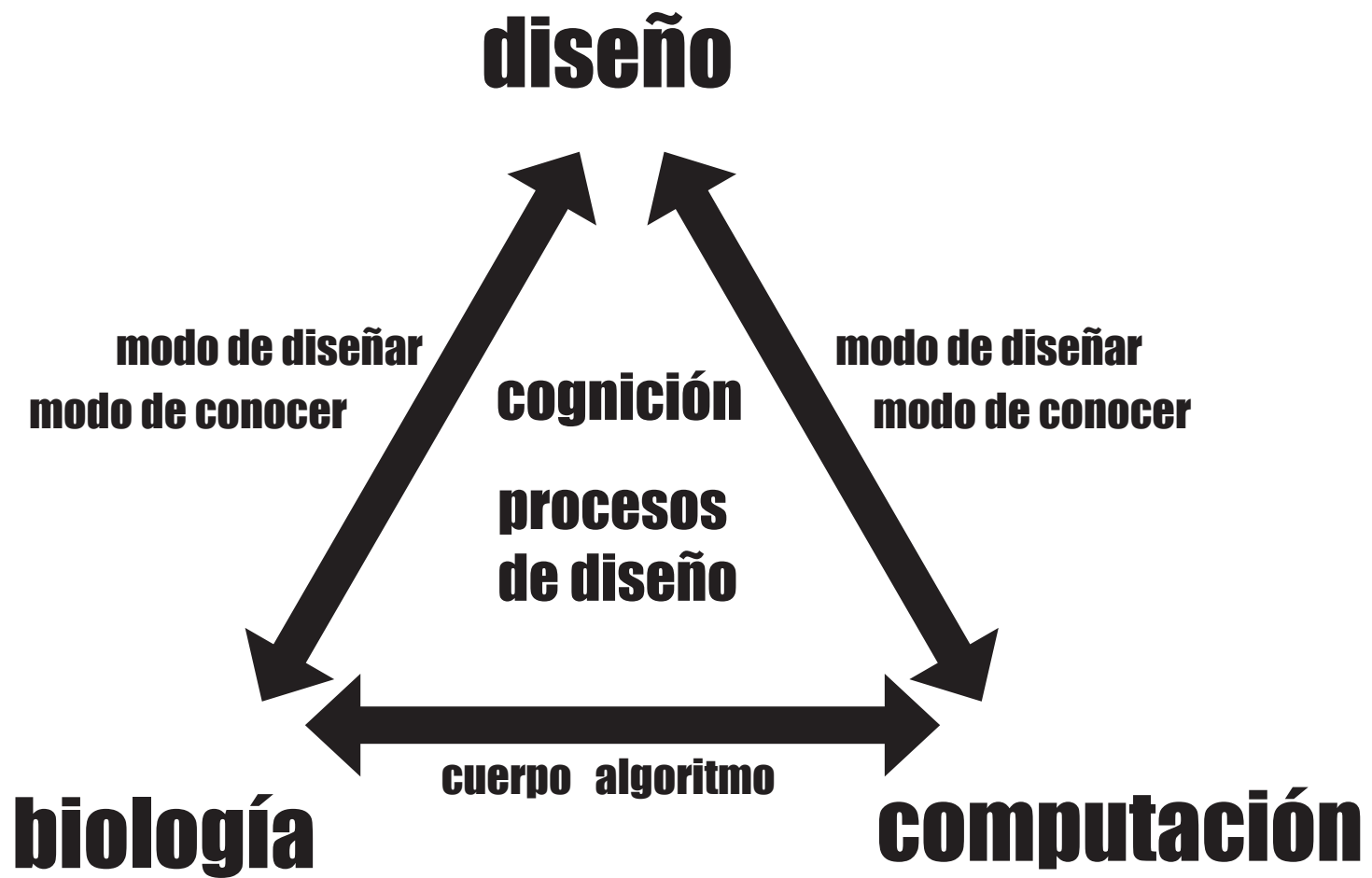
3.1	De la relación computador diseño.	52.
3.2	Algoritmo y diseño.	56.
3.3	Diseño algorítmico y script.	57.
3.4	Diseño y los sistemas generativos.	59.

4. Conclusiones

4.1	Relación biología, computación y diseño.	64.
4.2	El diseño el cuerpo por el cual conocer.	65.
4.3	La nueva posición del diseñador.	66.

5. Apéndice

5.1	Glosario.	68.
5.2	Bibliografía.	71.



0.

Introducción.

0.

Introducción

0.1 Una aproximación biológica al diseño.

“Sentimos que la naturaleza es algo diferente, exigimos a la naturaleza algo distinto de lo que por milenios habíamos pretendido de su materialidad. La naturaleza, según una interpretación propia de nuestro tiempo, puede darnos otro tipo de orden, un orden todavía misterioso”.

.-Giuseppe Samonà.

- 0.1 Presentación
- 0.2 Motivaciones
- 0.3 Problemática
- 0.4 Hipótesis
- 0.5 Objetivos
- 0.6 Estructura
- 0.7 Agradecimientos.

¿ **Cómo se organiza la naturaleza?, ¿cómo se constituye lo vivo?** son preguntas que siempre han rondado la mente humana y el diseño. A lo largo de la historia cada época ha tenido una forma particular de entender la naturaleza y, es esta forma de entenderla, la que de algún modo ha modelado la historia de la arquitectura y el diseño. Hoy, gracias a los avances en las **ciencias biológicas y cognitivas**, las **nociones explicativas** de cómo opera la naturaleza han generado **cambios paradigmáticos en nuestro entendimiento de la realidad y nuestra concepción del diseño**. Como nunca antes el estudio de la naturaleza ha superado la valla de la descripción de la forma y la simulación, para pasar a indagar en el orden más profundo de su ser; **los procesos que la constituyen**.

Conceptos como **autopoiesis, emergencia y enacción**, han ayudado a entender la naturaleza como **un proceso constante de generación**,

acoplamiento y reestructuración de relaciones y componentes. En la cual **la cognición es el proceso constituyente de lo vivo**, en donde la construcción de identidad y construcción de realidad van estrechamente relacionadas.

Es desde esta perspectiva de la cuál emergen nuevas posibilidades en el entendimiento del diseño, donde la tradicional forma de conocimiento a partir del objeto, da paso a la reflexión desde el proceso que lo hace posible. Es decir el **diseño como proceso de diseño y el proceso de diseño como proceso cognitivo**. Entendiendo el diseño como una disciplina esencialmente **epistemológica**, en la cual el cómo se conoce y cómo se genera el conocimiento, es el tema esencial. Comprendiendo el **diseño como una red de procesos interconectados de manipulación, generación y comunicación de conocimiento, donde el objeto, al igual que en la naturaleza es sólo una manifestación temporal del proceso.**

Más allá de un repertorio formal entre biología y arquitectura, este seminario propone una reflexión desde la relación entre la manera de hacer de la naturaleza y la manera de hacer del diseño, en la cual conocer y acción van de la mano. Es este entendimiento epistemológico de la acción de diseñar la que genera nuevas necesidades de reflexión de lo que entendemos por diseño y del rol que juegan las herramientas de diseño en el proceso de conocer el diseño, las cuales han tenido un cambio vertiginoso, especialmente con la integración del computador en el mundo del diseño, el que ha generado un nuevo universo de posibilidades a la hora de diseñar.

La integración de la computación al diseño ha generado un gran entusiasmo en cómo ésta pueda revolucionar nuestra disciplina.

**biología
proceso
cognitivo**



**diseño
epistemológico**



**proceso
algoritmico
computación**

Lamentablemente esta gran revolución, avistada por muchos, aún no se ha generado en plenitud, debido principalmente a la relación computación diseño; ésta aún se encuentra en una etapa de transición en la que la mayoría de los diseñadores sólo han reemplazado el lápiz por el Mouse o el tablero por la pantalla, pero todavía no han cambiado su forma de pensar, utilizando el computador sólo como forma de representación de objetos y no como un generador de conocimiento. El computador, para la mayoría de nosotros todavía es una **caja negra** que a través de los programas de diseño nos propone trucos, que al igual que el sombrero para un acto de magia, sirve para sacar hermosos objetos que deslumbran a sus espectadores, transformándolo simplemente en una máquina para vender proyectos o convencer clientes.

La acción de representar objetos a través de la pantalla por medio de programas CAD es muy común en oficinas y salas de clases, pero el diseño a través de la naturaleza algorítmica del computador sigue siendo para muchos, solo una excentricidad de arquitectos y diseñadores sofisticados. Esto es preocupante, ya que revela nuestro real desconocimiento y despreocupación por el entendimiento de los procesos que hacen posible el diseño a través del computador y una gran ignorancia en sus potenciales usos como **artefacto cognitivo**, generando una creciente frivolidad en el entendimiento de las formas generadas, potenciada por el encandilamiento de objetos resplandecientes, que nos sumergen en un mundo donde la simulación e imitación es nuestra principal forma de aproximarnos al diseño y en la que la última revista o edificio de moda son el dictado de lo que debe ser.

El desarrollo del diseño a través de algoritmos marca el comienzo de una nueva era en la relación entre diseño y computación, la que nos permitirá abordar y generar realidades aún no exploradas, y epistemológicamente distintas a las tradicionales, ya que la posibilidad que nos brinda el

computador de programar los procesos que generaran la soluciones y no la solución propiamente tal, se transforma en una poderosa herramienta para traspasar nuestros propios bordes cognitivos, y así, dar paso a la real revolución del computador, ya no como un medio de representación, sino como un vehículo de conocimiento para el diseño, más allá del objeto y más cerca de los procesos que lo constituyen.

0.2 Motivaciones

A finales de Noviembre del año 2006, tuve la fortuna de que nuestra facultad fuera la sede del **X congreso SIGRADI**¹, y tener la oportunidad de asistir al workshop “**soluciones digitales**” sobre Rhinoscript². En un verdadero salto cognitivo, se me reveló un nuevo mundo. Por primera vez tuve la oportunidad de utilizar la computación en su relación con el diseño, no cómo el usuario que desde afuera usa las herramientas de modelación impuestas por el fabricante del programa, sino desde la **programación** de los **procesos constructivos de la forma**, por medio de **scripts** que relacionaban diferentes **acciones** del software, diseñando no directamente la forma final, sino el **proceso** que la hacía posible, obligando a entender las relaciones propias de la forma y no sólo su simulación.

Simultáneamente en esa misma época, mi madre cursaba el postítulo “**Biología del Conocer y la Comunicación Humana**” en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, a cargo de **Jorge Mpodozi** y **Juan Carlos Letelier**, colegas y colaboradores de **Humberto Maturana**. Fue así como llegaron a la conversación cotidiana temas sobre biología y su

¹ SIGRADI, Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital

² Workshop soluciones digitales organizado por Pedro Soza y Pablo Herrera

revolucionario entendimiento de la realidad, accediendo al trabajo de **Humberto Maturana** y **Francisco Varela** y su visión paradigmática de cómo se construye la vida y cómo estos generan los fenómenos cognitivos.

A partir de este cruce de experiencias, emerge intuitivamente la intención de relacionar la perspectiva biológica de la cognición, el diseño y las herramientas computacionales. ¿Existe relación entre ellos?, o como me dijo más de algún compañero: “¿biología y computación? ¡para qué, si estudiamos arquitectura!”. Bueno, yo soy un convencido de que esta relación no sólo existe, sino que es de las más urgentes e importantes de la actualidad, frente a la necesidad ética de entendernos a nosotros mismos como complejos sistemas de aprendizaje.

0.3 Problemática

En una época donde el trabajo interdisciplinario y colectivo se hace cada vez más fundamental, la reflexión epistemológica de nuestro hacer se hace clave, el desafío de superar la “caja negra” de los procesos creativos y expandir los procesos de diseño más allá de nosotros mismos, se hace una obligación ética en la construcción de la realidad. Necesitamos de una conversación de autoconciencia, entendiendo el diseño como un problema epistemológico y el siempre urgente deber de relacionar las diferentes disciplinas del conocimiento humano, respondiendo a la naturaleza de sintetizador cultural de la arquitectura.

La Nueva realidad propuesta desde la biología y las ciencias cognitivas, y el desarrollo de nuevas herramientas computacionales para el diseño, como el diseño algorítmico. Hacen necesaria una reflexión en su relación mutua con el diseño. El gran entusiasmo que ha significado la inclusión

del computador en el proceso de diseño, y el entendimiento del diseño como un proceso cognitivo, obligan a una redefinición de la disciplina y sus herramientas.

¿Cómo se redefine el diseño a partir de la perspectiva biológica? y ¿Cómo se redefiniría la relación computador diseño, a partir de esta nueva definición?

0.4 Hipótesis

El diseño, se redefine a partir de una nueva perspectiva de cognición y de una nueva relación computación-diseño, que deja atrás el diseño entendido como la definición de una solución final, para pasar a entenderlo como la definición de un proceso por el cual se conoce. Transformando al computador, de un ejecutador de conocimiento en un explorador de realidades.

0.5 Objetivo

El objetivo de este seminario es generar una reflexión sobre el diseño a partir de la comprensión de la realidad propuesta por la biología y las ciencias cognitivas, y la relación con las posibilidades que ofrecen las herramientas computacionales en el proceder del diseño, específicamente, el diseño a través de algoritmos y su capacidad de administrar procesos. Basándonos que el acto creativo, es en sí, un proceso cognitivo y la computación una herramienta de pensamiento.

biología = cognición
diseño = cognición
biología = diseño

0.6 Estructura

La primera parte, consiste en la construcción de un marco teórico a partir de conceptos que se aportan desde las ciencias biológicas y cognitivas, basándonos en el trabajo realizado por Humberto Maturana y Francisco Varela, que plantean como los procesos de organización de lo vivo y sus “procesos de diseño”, están íntimamente relacionados con el proceso de conocer. **La segunda parte**, busca relacionar los conceptos recogidos desde la biología, con una nueva definición de diseño, explorando la relación entre la acción biológica con el proceso de diseñar y como este se define a partir de una perspectiva enactuada. **La tercera parte** se concentra en las posibilidades que nos ofrecen las herramientas computacionales algorítmicas a una aproximación biológica del diseño desarrollada en el capítulo anterior, explicando sus características fundamentales y sus consecuencias en diseño, principalmente como herramienta de procesamiento de procesos. **La cuarta parte** y final concluye esta investigación, planteando un nuevo punto de referencia para continuar la reflexión del diseño en su relación con la biología y los procesos computacionales

0.7 Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas las personas que construyeron las conversaciones y motivaciones que hicieron posible este seminario en especial a mis profesores Fernán Meza por su gran amistad y ejemplo, a Pedro Soza por su paciencia y generosidad de conocimiento, a mi padre Emile que siempre me ha acompañado y entusiasmado en todos los caminos, a mi madre Rebeca por su incondicional abundancia, a mi hermano Emilio por su amor a la acción mas allá del fruto y a la Bala por ser mi compañera en todo momento.

1.

**Perspectiva
Biologica.**

1.

La perspectiva biológica.

“Los sistemas vivos son sistemas cognitivos y la vida como proceso, es un proceso de cognición. Esta afirmación es válida para todos los organismos con o sin sistema nervioso”.

. - Humberto Maturana
Neurophysiology of cognition, 1970.

- 1.1 La perspectiva biológica y el cambio de paradigma.
- 1.2 La organización de lo vivo y la construcción de realidad.
- 1.3 La complejidad y los sistemas emergentes.
 - 1.3.1 control indirecto y la inteligencia ascendente.
 - 1.3.2 La autoorganización.
 - 1.3.3 Patrones y la información como organización
 - 1.3.4 La deriva como generadora de conocimiento.
- 1.4 La cibernética y la autonomía de los sistemas complejos.
- 1.5 Tres perspectiva de cognición.
 - 1.5.1 Cognitivismo.
 - 1.5.2 Conexionismo.
 - 1.5.3 Enacción.
- 1.6 La cognición y el estar en el mundo

1.1 La perspectiva biológica y el cambio de paradigma

Las ciencias y sus descubrimientos van construyendo silenciosamente una perspectiva de realidad que va marcando hondamente nuestra vida cotidiana. Si bien la vida humana trasciende a la disciplina de la ciencia, es ésta quien nos brinda una explicación de realidad y que a la larga constituye un elemento estructurante de nuestra cultura.

Para **Thomas Kuhn**³, los descubrimientos y realizaciones científicas proporcionan durante cierto tiempo modelos de problemas y soluciones, los que son denominados **paradigmas**. Estos modelos se construyen por

³ Kuhn, T. H., La estructura de las revoluciones científicas, Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires, 1971.

una correspondencia directa entre la **concepción del sí mismo y la naturaleza**, la cual se refleja mutuamente y se va construyendo en la medida de nuestra experiencia. La construcción de nuestros paradigmas es una dinámica constante que determina nuestra realidad.

Si bien los descubrimientos científicos no se traducen simultáneamente en nuestra visión de mundo y nuestra vida cotidiana, si construyen las bases para un cambio posterior. Fue así como la revolución científica, propuesta por el método científico y la física clásica, logró un aparente éxito en la descripción de los fenómenos de la naturaleza y llevó a la construcción del paradigma de la **“objetividad de la razón”**, donde el estudio analítico de un objeto o de un fenómeno, podía permitir una visión “objetiva” de la realidad.

El positivismo científico partía del supuesto de que la ciencia era capaz de descubrir verdades tan solo y exclusivamente aplicando sus métodos. Es así como la ecuación método científico igual verdad, no sólo constituyó las ciencias naturales, sino también la realidad política, donde las ideologías, que deducían sus argumentos científicamente, tendieron necesariamente a regímenes totalitarios que negaron cualquier otra realidad.

Este paradigma construido desde la física clásica y su visión determinista y objetiva de la realidad, ha sido cuestionado “holísticamente” desde las más diversas áreas; tanto desde la física cuántica y su principio de la incertidumbre⁴ como desde la filosofía fenomenológica⁵.

⁴ Hablar sobre el principio de incertidumbre, capítulo historia del tiempo

⁵ Reseñan de la fenomenología en relación a la experiencia y realidad

**Método
científico**



verdad



**Realidad
objetiva
fuera del
observador**

A partir de la biología, el estudio de los procesos celulares, la organización de los sistemas vivos, el sistema nervioso y la neurofisiología de la visión, entre muchos, han logrado una reestructuración en el entendimiento del proceder de la vida, la que ha generado consecuencias que trascienden a la biología como disciplina específica, abriéndose a nuevos campos como la epistemología y las ciencias cognitivas, en especial en el desarrollo de la inteligencia artificial y los procesos de aprendizaje. Estos avances en el entendimiento de los procesos vivos han dado origen a un proceso de construcción de un nuevo paradigma, principalmente en relación a las tradicionales creencias de objetividad y construcción de realidad.

1.2 La organización de lo vivo y la construcción de realidad.

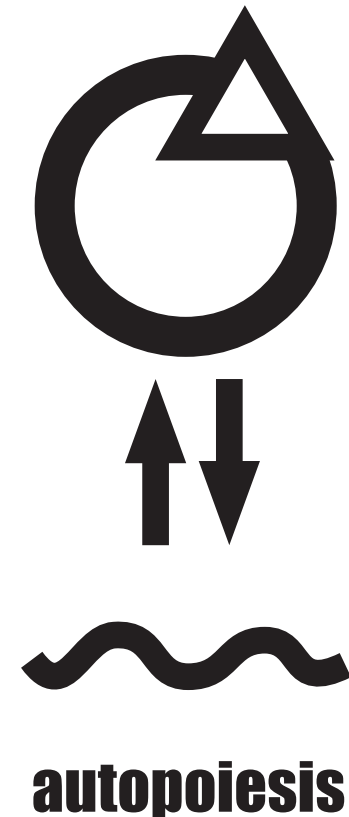
Para abordar nuestras principales interrogantes sobre cómo se diseña lo vivo y qué es lo que podemos aprender de estos procesos en relación con el diseño, es necesario definir qué es lo que entendemos cuando nos referimos a lo vivo. Frente a la pregunta **¿Qué es lo vivo?**, durante mucho tiempo hubo un vacío como respuesta, y a la que sólo se pudo aproximar por medio de una descripción de lo que intuitivamente entendíamos como vivo, es decir, todo lo que respira, procesa energía, se mueve, se reproduce y muere. Frente a una necesidad por **definir el proceso que genera la identidad no recurriendo a una referencia de los componentes materiales**, nos basaremos en los trabajos de Humberto Maturana y Francisco Varela, quienes, en la década de los 70's, elaboraron el concepto de **autopoiesis**.

Del griego **αυτο-**, **auto**, "sí mismo", y **ποιησις**, **poiesis**, "creación" o "producción"), este concepto define **la existencia de lo vivo como un**

sistema de auto producción de los procesos por los cuales se define la identidad biológica, es decir, la definición de lo vivo como una dinámica autopoiética, donde una estructura dentro de una identidad dada por su organización se modifica a partir de sus perturbaciones y medio interno, en un constante acoplamiento estructural, siendo la construcción del sí mismo la condición de existencia de la vida. Un sistema autopoiético es aquel que produce continuamente los componentes que lo especifican, los cuales al mismo tiempo lo hacen efectivo como una unidad concreta en el espacio y el tiempo. En palabras de Maturana y Varela, un sistema autopoiético es: “una red de procesos de producción de componentes que producen los componentes que regeneran continuamente la red de procesos que los han producido a través de sus interacciones y transformaciones; y configuran una unidad concreta en el espacio en el que los componentes existen especificando el dominio topológico de su realización como tal red.”⁶

Al decir que lo vivo posee una condición autopoiética, se plantea que si bien los seres vivos mantienen constante su organización, lo que le otorga su identidad estable, no pasa lo mismo con su estructura pues ésta se modifica a cada instante en su relación con su entorno, y es esta dinámica de construcción constante de los procesos que construyen las relaciones y componentes, la que permite que lo vivo exista en congruencia con su medio. Si la autopoiesis se interrumpe, la organización del sistema, como una clase particular de unidad, se pierde y el sistema se desintegra. Esta definición de lo vivo conduce a complejos fenómenos de la vida y a un nuevo escenario epistemológico, en el cual la realidad emerge a medida que se va modificando el organismo, generando una relación exclusiva e irreducible entre organismo y medio,

⁶ Maturana y Varela, *Autopoiesis and Cognition* (1980), p 79.



ya que la relación de un organismo con su medio está **determinada por su estructura**; todo lo que le ocurre a cada instante, transcurre como parte de su dinámica estructural en ese instante, y es determinado por ella. Ello implica que los cambios estructurales que un ser vivo sufre como consecuencia de sus interacciones con el medio en el que se desenvuelve no son determinados por agentes externos que un observador ve incidir sobre él, ni dependen de la naturaleza de ellos, sino que quedan determinados por la propia dinámica estructural del ser vivo. En esta dinámica de interacciones, el ser vivo es afectado sólo por aquellos agentes que su propia estructura admite y especifica. Es por esto que el devenir estructural de un ser vivo cursa de manera contingente a su encuentro con el medio en que se realiza.

La dinámica que significa la autopoiesis como productora de nuevos componentes y relaciones **mantiene una inestabilidad constante en el sistema, un estado en crisis, que genera nuevos acoplamientos estructurales**, que a su vez determinan nuevas relaciones con el entorno, conduciendo a un cambio conductual generador de adaptación y evolución. En palabras de Varela: **“El acoplamiento estructural generado bajo las demandas de la autopoiesis juega el papel que atribuimos ingenuamente de tener una representación del mundo. No existen representaciones en el sistema nervioso, sino modelos de comportamientos generados como resultado del acoplamiento estructural, la estructura del sistema nervioso genera modelos de actividad que se disparan por perturbaciones específicas y que contribuyen a la autopoiesis continuada.”**

La relación entre construcción de un organismo y su realidad es simultánea, generando lo que Varela llama **cierre operacional**, donde el entrelazamiento entre identidad y cognición es inseparable, repitiéndose como tema en todas las escalas de la evolución, hasta configurar lo que Varela llama **“galaxia” del cierre identitario**. Es por esto que podemos

decir que **hay tantas realidades como organismos existen**, y que el proceso de la vida y su dinámica autopoietica es constitutivamente **cognitivo** ya que es a través del proceso de generación de identidad y autonomía que se funda el **conocer**, planteando una perspectiva **emergente** de la realidad y del conocimiento. Ésta se construye desde localidades ascendentes, conduciendo a una redefinición epistemológica del rol del observador, la cual se deduce de la relación del sistema autopoietico y su entorno, donde **la unidad autopoietica crea un exterior que le es propio y que no puede ser confundido con el entorno físico de un observador, poniendo en duda la creencia clásica de objetividad, planteada por el método científico**. Éste afirmaba que el conocer era un adquirir información de un ambiente operacionalmente independiente del fenómeno del conocimiento, y en el que se cree que mientras más información sobre la constitución del problema en si tengamos, tanto más objetiva será la visión de éste y por tanto más verdadero el conocimiento logrado. En la construcción de realidad propuesta por la autopoiesis en cambio, se plantea la imposibilidad de los métodos en tercera persona de comprender las relaciones irreducibles y propias de la estructura observada y la problemática extra de que el observador también está determinado estructuralmente, por lo que su observación se encuentra sumergida en el problema y no fuera de él. Planteando un nuevo desafío en la generación de conocimiento y en el desarrollo de métodos de carácter no reduccionistas en primera persona, para Maturana, **“el observador es un sistema viviente, y el entendimiento del conocimiento como fenómeno biológico debe dar cuenta del observador y su rol en él”**⁷. Maturana y Varela se preguntan: **“¿Cómo es posible que la conciencia humana pueda describir su propio operar, como es posible que la conciencia pueda describir la actividad subyacente a la conciencia, y**

⁷ H. Maturana. Neurophysiology of cognition. Pág. 69



de la cual surge la capacidad del observador de dar descripciones efectivas sobre sí mismo, si no es posible tocar el mundo subyacente a la conciencia más que con la misma conciencia, con la cual deja inmediatamente tal mundo de subyacer a ella?”⁸. Es esta problemática la que los lleva a relacionar la biología como ciencia natural, con la denominada **cibernética de segundo orden**, la que analiza el operar general de los sistemas complejos capaces de **proyectarse y describirse a sí mismos**, donde percepción, operar del sistema nervioso, organización del ser vivo y conocimiento auto consciente, conforman un todo conceptual y operacional, indisoluble que Maturana y Varela llaman la “**biología del conocimiento humano**”.

“La autopoiesis sigue el alineamiento con algo que sólo aparece mas claramente configurado en varios dominios del que hacer cultural humano, un giro ontológico. Es decir una progresiva mutación del pensamiento que termina con la larga dominancia del espacio social del cartesianismo y se abre a la conciencia aguda de que el hombre y la vida son las condiciones de posibilidad de significación y de los mundos en que vivimos. Que conocer, hacer y vivir no son separables y que la realidad y nuestra identidad transitoria son compañeros de una danza constructiva. Entramos en una nueva época de fluidez y flexibilidad que trae detrás la necesidad de una reflexión acerca de la manera de cómo los hombres hacen los mundos donde viven, y no los encuentran ya hechos como una referencia permanente.”⁹

⁸ H. Maturana y F. Varela, *Árbol del conocimiento*.

⁹ F. Varela, *El fenómeno de la vida*.

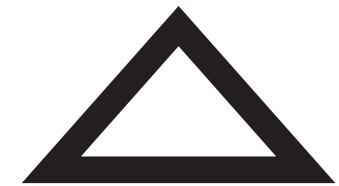
1.3 La complejidad y los sistemas emergentes.

En 1956 **Ya Sabih** introduce el concepto de **complejidad** como **una característica esencial de los sistemas biológicos**, altamente ignorada, radicalmente diferente de los modelos analizables en componentes simples. La teoría de los sistemas complejos no lineales persigue la misma ambición que desvelara a **Bertalffy** en 1979: **la existencia de una ciencia universal de la organización.**

Los sistemas complejos trascienden el concepto de complicación, presentan dinanismos propios específicos con una marcada sensibilidad a las condiciones iniciales, una interacción fluctuante en su propia dinámica; poseen propiedades que implican autoorganización y autosemejanza y son impredecibles. Es imposible un análisis fraccional y una determinación del pasado o del futuro en función de los objetos y las interacciones.

Complexua significa “**que está tejido junto**”. El pensamiento complejo trata en forma conjunta de vincular y distinguir, pero sin desunir. El planteamiento consiste en otras palabras, en efectuar un ir y venir incesante entre certidumbre e incertidumbre, entre lo elemental y lo general, entre lo separable y lo inseparable. No se trata de abandonar los principios de orden y lógica, sino de integrarlos en un esquema más vasto y más rico. El pensamiento complejo es, en esencia, capaz de reunir, contextualizar y globalizar.

El nuevo escenario de estrecho entrelazamiento entre construcción de realidad y las teorías auto-organizativas, ha generado un gran entusiasmo por el estudio del concepto de complejidad y lo que se conoce como **procesos emergentes**, los cuales consisten fundamentalmente en el



control indirecto
patrones
autoorganización
emergencia
sistema ascendente

estudio de **cómo las interacciones locales de elementos relativamente simples dentro de un sistema, pueden llegar a generar comportamientos globales superiores de gran complejidad**, como es el caso de las colonias de hormigas o del cerebro humano.

La emergencia hace referencia a aquellas propiedades o procesos de un sistema no reducibles a las propiedades o procesos de sus partes, en el cual los comportamientos globales del sistema emergen desde abajo hacia arriba, sin una estructura centralizada de mando. El sistema es capaz de coordinarse y comportarse como una totalidad coherente y muchas veces inteligente. Mas allá de lo simple de sus componentes, los sistemas emergentes poseen propiedades sinérgicas lo cual establece una comprensión a partir de la complejidad de sus relaciones y sus elementos, en donde la visión analítica y descontextualizada de las ciencias tradicionales queda completamente obsoleta.

El concepto de emergencia puede definirse bajo criterios ontológicos (relativos a la estructura misma) o epistemológicos (relativos a la capacidad del ser humano de conocer esa realidad). Desde el punto de vista epistemológico, la emergencia hace referencia a la imposibilidad del observador de predecir los comportamientos sinérgicos en el sistema.

La emergencia ontológica contempla el problema desde la perspectiva de las propiedades intrínsecas del sistema, asumiendo que en los distintos niveles organizativos existe una autonomía causal, identificando principalmente 3 conceptos que se reconocen en sus procesos: control indirecto, auto-organización y generación de patrones.

1.3.1 Control indirecto y la inteligencia ascendente

Los sistemas emergentes se caracterizan por el control indirecto que se puede ejercer sobre ellos, ya que sus comportamientos es de naturaleza sistémica, causados por su autoorganización, las conductas globales no son del todos predecibles, ya que el resultados sinérgico de todas sus localidades es desconocido, por lo que la intervención desde un control central de naturaleza descendente solo se puede hacer a las formas de relacionarse de cada localidad autoorganizada, siendo direccionada o insinuada pero nunca directamente obedecida.

1.3.2 Autoorganización y retroalimentación

La autoorganización es definida como la espontánea reducción de entropía en un sistema dinámico, el cual aumenta de complejidad sin ser guiado por ningún agente externo, a partir de las interacciones locales de sus agentes, los cuales son capaces a partir de procesos de retroalimentación generar un comportamiento sistémico y adaptativo.

La autoorganización es objeto de estudio interdisciplinar, pues es una característica propia de los sistemas complejos, ya sean éstos matemáticos, físicos, químicos, biológicos, sociales o económicos.



1.3.3 Patrones y la información como organización

Los patrones son regularidades organizacionales que muestran los sistemas autoorganizados dentro de un aparente caos.

El trabajo del matemático **Alan Turing** en **morfogénesis**, titulado "**Fundamentos Químicos de la Morfogénesis**" en 1952, fue fundamental en el desarrollo de esta área del conocimiento. El principal interés de Turing fue comprender la existencia de los **números de Fibonacci** en las estructuras vegetales, las que se desarrollaron en los denominados sistemas-L.

Los sistemas-L son un conjunto de reglas y símbolos modelados para reproducir el proceso de crecimiento de las plantas, fueron introducidos y desarrollados en 1968 por el biólogo y botánico teórico húngaro **Aristid Lindenmayer** quien a partir del trabajo sobre la levadura y *filame **Nous fungi***, estudio los patrones de crecimiento de varios tipos de algas tales como la bacteria azul-verdosa *Anabaena catenula*, generando una formalización del desarrollo de organismos multicelulares e ilustrando la relación de vecindad entre las células de las plantas, sistema que fue mas tarde extendido para describir el crecimiento de plantas mas complejas.

La naturaleza recursiva de los sistemas de las reglas de los sistemas –L conducen a la auto-similitud, generando patrones de tipo fractal, las que permiten incrementar el nivel de recursión generando modelos complejos de plantas y formas organizadas.

La relación entre sistemas autoorganizados y patrones organizacionales, ha generado gran interés en el mundo científico, que ha desplegado un

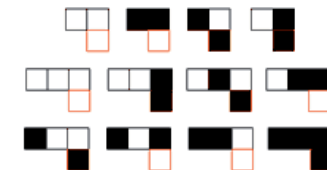
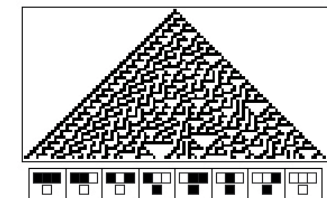
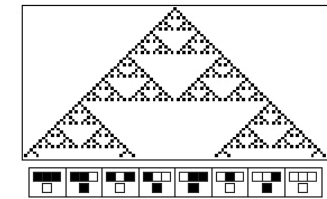
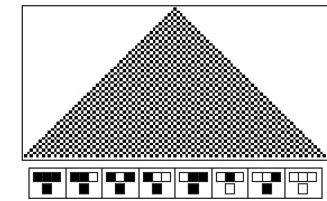
sentido organizacional de la información, siendo clave en esto, el desarrollo de los llamados **autómatas celulares**.

Los **autómata celulares** Es un modelo que busca generar sistemas autónomos de comportamiento que originalmente fue concebido por Konrad Zuse Y Stanislaw Ulam en la década de los 40 y puestos en práctica por **Von Neumann** como un modelo de estructuras complejas distribuidas espacialmente.

Una unidad simple recibe información de dos vecinos inmediatos y comunica su estado interno a sus vecinos. Supongamos que la célula o unidad puede estar en solo dos estados (0 y 1, activo o inactivo) y que la regla que gobierna el cambio de cada autómatas es una función booleanas de “y” u “o”, permitiendo que cada unidad este completamente definida por un tar de funciones

En vez de trabajar con una red compleja , simplemente conectamos una serie de unidades elementales en disposición circular, para que no haya entrada ni salida de información, sino solo acciones internas, diremos que la células en estado 1 sean indicadas por un color negro y el estado opuesto por un espacio blanco.

El autómatas celular adquiere cierta dinámica cuando, a partir de un estado aleatorio, dejamos que cada célula calcule su siguiente estado en cada unidad temporal de manera simultánea. En el grafico resultante se representa el instante inicial en la hilera superior, y las sucesivas generaciones hacia abajo. Así el estado sucesivo de la misma célula se puede leer como una columna, el estado simultáneo de todas las células se puede leer como una hilera.



automatacelular

Es interesante observar que aun esta estructura simple, casi mínima, posee una gran capacidad autoorganizativa.

El matemático Stephen Wolfram ha realizado un extenso estudio de dicha capacidad. Clasificando los anillos de autómatas celulares en cuatro clases principales. Una primera clase que exhibe un solo atractor, que induce a todas las células a volverse homogéneamente activas o inactivas. Para una segunda clase y más interesante clase de anillos, las reglas suscitan periodicidades espaciales, es decir, algunas células permanecen activas mientras que otras no. Para una tercera clase, las reglas suscitan ciclos espaciotemporales de longitud dos o más. Estas dos últimas clases se corresponden con atractores cíclicos. Finalmente, para unas pocas reglas, la dinámica parece suscitar atractores caóticos, en los cuales no se detecta ninguna regularidad en el espacio ni el tiempo.

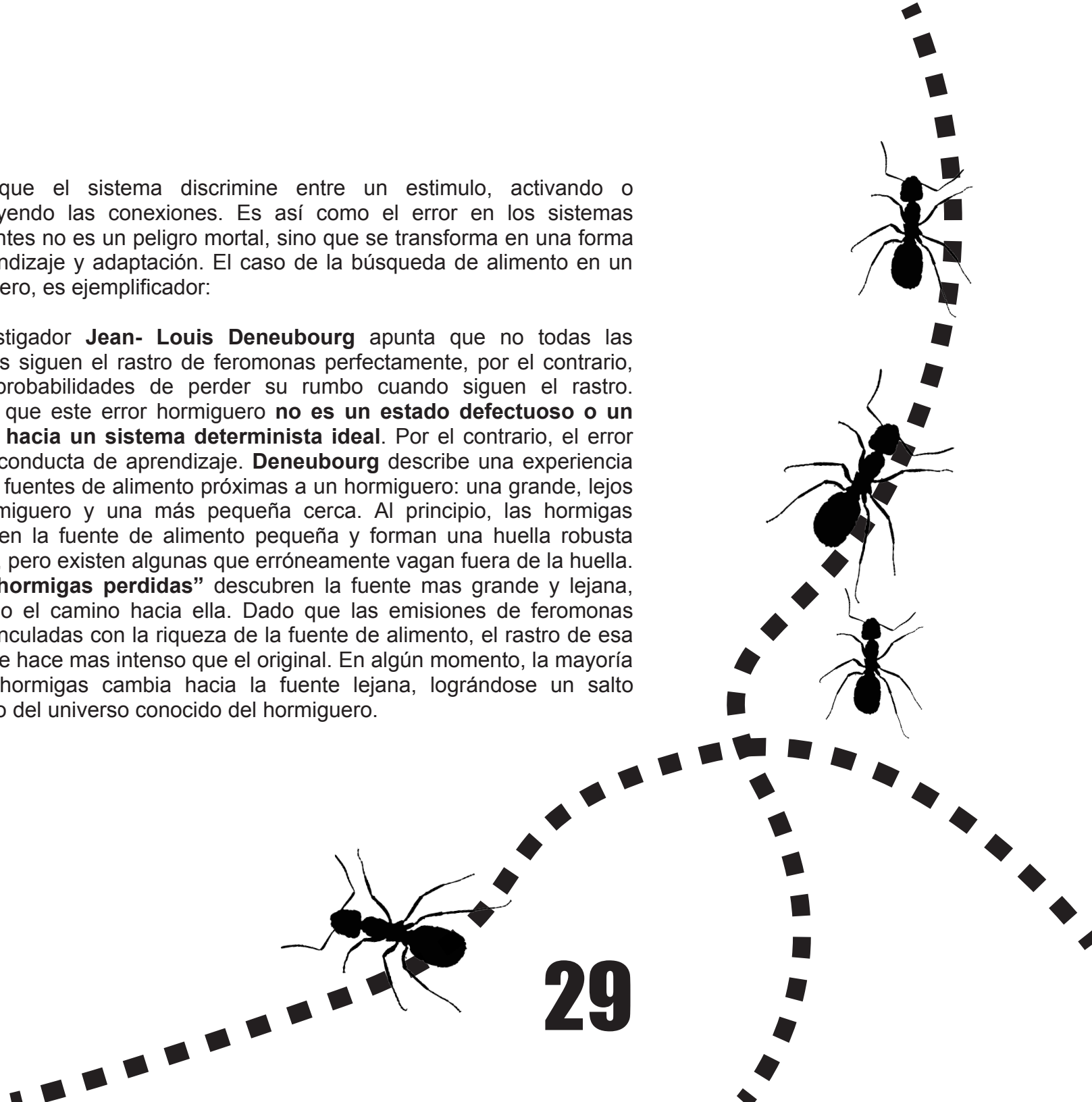
Los autómatas celulares reflejan que la emergencia de patrones o configuraciones globales de elementos interactuantes no es una rareza de casos aislados ni es exclusiva de los sistemas naturales, probablemente se encuentra en todos los sistemas densamente conectados.

1.3.4 La deriva como aprendizaje.

El hecho de que los sistemas emergentes no posean un comportamiento determinista, se debe principalmente a que su accionar **no es perfecto**, a diferencia de un sistema descendente o de naturaleza jerárquica, en el que el error no está permitido, debido a las características secuenciales que generan una ampliación del error a medida que se desciende en el proceso. En los sistemas emergentes en cambio, el comportamiento autónomo genera filtros de retroalimentación en todas sus escalas, que

hacen que el sistema discrimine entre un estímulo, activando o disminuyendo las conexiones. Es así como el error en los sistemas emergentes no es un peligro mortal, sino que se transforma en una forma de aprendizaje y adaptación. El caso de la búsqueda de alimento en un hormiguero, es ejemplificador:

El investigador **Jean- Louis Deneubourg** apunta que no todas las hormigas siguen el rastro de feromonas perfectamente, por el contrario, tienen probabilidades de perder su rumbo cuando siguen el rastro. Afirman que este error hormiguero **no es un estado defectuoso o un camino hacia un sistema determinista ideal**. Por el contrario, el error es una conducta de aprendizaje. **Deneubourg** describe una experiencia con dos fuentes de alimento próximas a un hormiguero: una grande, lejos del hormiguero y una más pequeña cerca. Al principio, las hormigas descubren la fuente de alimento pequeña y forman una huella robusta hacia él, pero existen algunas que erróneamente vagan fuera de la huella. Estas **“hormigas perdidas”** descubren la fuente mas grande y lejana, formando el camino hacia ella. Dado que las emisiones de feromonas están vinculadas con la riqueza de la fuente de alimento, el rastro de esa fuente se hace mas intenso que el original. En algún momento, la mayoría de las hormigas cambia hacia la fuente lejana, lográndose un salto cognitivo del universo conocido del hormiguero.



1.4 La Cibernética y la autonomía de los sistemas complejos.

“Tanto el biólogo, el teórico del cerebro, o el pensador social, enfrentan un problema fundamental, tienen que describir un sistema del cual ellos mismos son componentes.”

.-Heinz von Foerster
On Cybernetics of cybernetics and social theory

Cibernética viene del griego **kibernetike**, que significa “**el arte de gobernar**”. Fue definida originalmente por **Norbert Wiener** como “**la ciencia del control y comunicación en sistemas complejos**”. Posteriormente, para la versión moderna de cibernética, **Heinz Von Foerster** se refiere a ella como el estudio de las relaciones que deben tener los componentes de un sistema para existir como una entidad autónoma. Al estudio de los sistemas supuestamente “independientes” de nuestra actividad cognitiva, se le llamó **cibernética de primer orden o cibernética clásica**. Al estudio de los sistemas en los cuales nuestra propia actividad descriptiva es parte constitutiva de los mismos, **se le llamó cibernética de segundo orden**.

La denominada **cibernética clásica o cibernética de primer orden** tiene sus orígenes durante la II Guerra mundial, en la que se le encomendó a **Norbert Wiener** la creación de un mecanismo de control para la artillería antiaérea que tuviera la capacidad de regular su propia trayectoria. Para esto estudió el proceso de regulación de los sistemas vivos y trató de aplicarlos al diseño de su máquina, introduciendo la idea de **circularidad** a través del concepto de **retroalimentación** o **feedback**. El **feedback** es un mecanismo que conduce a la regulación del sistema, la cual se produce tras la ruptura del equilibrio. Es decir, cuando el estado ideal del

sistema no coincide con su estado actual, el sistema reacciona produciendo una nueva búsqueda de equilibrio.

La utilización del concepto de feedback rompe la idea de causalidad tradicional en la que los efectos se encadenan de forma lineal. Por el contrario, el concepto de feedback conduce a la descripción de procesos circulares, los que se denominan **bucles** de retroalimentación, que no es otra cosa que disposición circular de elementos conectados, en la que la causa inicial se propaga alrededor de los eslabones sucesivos, de tal modo que cada elemento tiene efecto sobre el siguiente, hasta que el último elemento vuelve a retroalimentar el efecto sobre el primero que inició el proceso. Lo que transforma la causalidad en un proceso circular.

La idea de **circularidad** desarrollada por **Wiener** se centra en lo que se llama **feedback negativo**. La reacción del sistema tiene un efecto contrario al del elemento perturbador, ya que busca recuperar el equilibrio a través del mantenimiento de un estado **ideal**. En 1968, **M. Maruyama**¹⁰ introdujo el concepto de **feedback positivo**, que a diferencia del negativo, **amplifica la desviación**, la que conduce a un distanciamiento cada vez mayor del estado ideal, lo que puede llevar tanto a la destrucción como a la reestructuración del sistema. De este modo, los procesos de circularidad ya no se basaron en los mecanismos de **retroalimentación negativa de conservación de un ideal**, sino de retroalimentación positiva permitiendo así, en caso de inestabilidad, la reestructuración o creación de nuevos patrones de funcionamiento no predecibles, introduciendo una mayor complejidad.

La concepción de la información como elemento de organización es el aporte más importante ofrecido por la cibernética de primer orden. La

¹⁰ M. Maruyama, (1968). "The Second Cybernetics: Deviation-amplifying Mutual Causal Processes.



información es para la teoría cibernética un elemento fundamental para la organización del sistema, donde el enlace circular de los componentes que se retroalimentan es un proceso organizativo en sí.

El concepto de información utilizado por la cibernética está basado en la medida de la información a través de unidades de información o bits (dígitos binarios), muy utilizados en la computación y las telecomunicaciones. A esta dimensión de la información, la cibernética le añade un sentido organizacional. La cibernética **enfaticó el hecho de que el mensaje codificado es esencialmente un patrón organizador, y esbozando la analogía entre tales patrones de comunicación y las pautas de organización en los organismos, sentó las bases de la visión de los organismos vivos en términos de patrones.**

En 1958, **Heinz Von Foerster** efectúa una revisión crítica de la teoría de **Wiener**, concluyendo que la cibernética que había desarrollado introducía cambios importantes, pero no suponía una **ruptura epistemológica** ya que seguía aplicando el modelo de la ciencia clásica para la cual el observador está fuera del sistema y es capaz de estudiarlo con objetividad. **Von Foerster** consideró que la cibernética debería ir debería ir más allá y afrontar un nuevo modelo epistemológico en el cual el observador formara parte del sistema estipulando sus propios objetivos, su propio papel dentro del mismo. A partir de este instante se efectúa una distinción entre la cibernética clásica o de primer orden y la cibernética de segundo orden. La cibernética de segundo orden estudia ya no sólo el sistema o concepto cibernético, sino también al **cibernetista**, es decir, al observador, como parte del sistema mismo. El problema desde la cibernética de segundo orden equivaldría a preguntarse:

¿Cómo operan los sistemas observadores, de manera tal, que pueden observar cómo operan ellos mismos en su observar, siendo

que toda variación perceptual en ellos (su propio conocer) es función de sus variaciones perceptuales que ellos mismos experimentan?, en otras palabras: **¿Cuál es la organización de un sistema que está organizado de manera tal, que pueda describir los fundamentos que lo capacitan para realizar su propio describir?, ¿Cómo puede entonces un sistema conocer su dinámica cognoscitiva, si su dinámica cognoscitiva, que es lo que desea conocer, es a la vez su propio instrumento de conocer? ¿Puede el Hombre conocerse desde el Hombre?**

El trabajo de Maturana en particular dio cuenta de **cuál es la dimensión de conocimiento en la cual surge y existe la autoconciencia**. Pero lo más importante se funda en **una reflexión sobre el explicar científico, que revela que las explicaciones científicas son proposiciones generativas** (proposiciones que generan el fenómeno a explicar) en el ámbito de la experiencia de los observadores, por lo que no requieren la suposición a priori de un mundo objetivo independiente del observador. Desde esta perspectiva cibernética, la construcción de conocimiento es el resultado de la autorregulación. Para que haya construcción del conocimiento debe haber también un proceso de reflexión. La función de la cognición es adaptativa y permite organizar el mundo de experiencias del sujeto y no para describir una verdad o realidad ontológica objetiva.

El conocimiento es pues como un mapa de senderos de acciones y pensamientos que en el momento de la experiencia se han convertido en viables.

1.5 Tres perspectivas de cognición: cognitivismo, conexionismo y enacción

“el aprendizaje no es un proceso de acumulación de representaciones del entorno; es un proceso continuo de transformación del comportamiento por medio del cambio continuo en la capacidad del sistema nervioso para sintetizarlo. La evocación no depende de la retención indefinida de una invariante estructural que representa una entidad (una idea, una imagen o símbolo) sino en la habilidad funcional del sistema para crear, cuando se dan ciertas condiciones de recurrencia, un comportamiento que satisface las demandas recurrentes.”¹¹

La clásica metáfora de que el cerebro humano es como un computador que por medio de la percepción recopila información, la que se almacena y procesa, generando un modelo de realidad, ha sido reformulada a partir de los conceptos desarrollados por la biología y la cibernética, generando según Varela, al menos tres grandes directrices: la cognitivista, la conexionista y la enacción.

1.5.1 Cognitivismo

Éste corresponde al modelo clásico de cognición que se desarrolló a mediados de los años 50's, el cual, entusiasmado por el modelamiento lógico, define la mente como un procesador de información el cual opera símbolos abstractos. Este modelo se basa en la metáfora de que el cerebro es como un computador y el pensamiento consiste en manipular

¹¹ H. Maturana, Biology of cognition (1970), p 45

elementos abstractos mediante la aplicación serial de reglas lógicas, transformando al cerebro en una máquina de input y output. De acuerdo con esta metáfora, la mente opera a base de un lenguaje de símbolos que traduce la información que el Ser recibe del exterior. En la medida en que su representación de una situación sea exacta, la conducta del agente tendrá éxito, planteando un mundo exterior estable y objetivo ajeno al observador, donde el concepto de verdad es relacionado a la cantidad de información que se maneje.

Es esta perspectiva la que en mayor medida ha desarrollado la inteligencia artificial. Se trata de ejemplos característicos de la hipótesis cognitivista los sistemas expertos, la robótica y el procesamiento de imágenes en donde el procesamiento de información es lo esencial.

1.5.2 Conexionismo

Ya en los primeros años de la cibernética se propusieron otras posibilidades ante el aplastante dominio de la lógica como enfoque predominante en las ciencias cognitivas. Se observó que en los cerebros reales no hay reglas complejas ni un procesador lógico central, y que la información no está almacenada en lugares precisos. En cambio era evidente que el cerebro operaba a partir de conexiones masivas, en forma distribuida, de modo que las conexiones entre conjuntos de neuronas cambiaban como resultado de la experiencia, presentando una capacidad autoorganizativa que no es propia de la lógica.

En 1949 **Donald Hebb** sugirió lo que se conoce como la “regla de Hebb”, la cual plantea que el aprendizaje se basa en cambios cerebrales que surgen del grado de actividad correlacionada entre las neuronas: si dos neuronas tienden a actuar en conjunto, su conexión se refuerza, de lo

contrario disminuye. Por lo tanto la conectividad del sistema se vuelve inseparable de su historia y sus transformaciones. Como la verdadera acción se produce en el nivel de las conexiones, se ha propuesto el nombre de conexionismo. La motivación para apoyarse en la teoría de la auto-organización se basa en dos lagunas del cognitivismo. La primera es que el procesamiento de información que propone el cognitivismo es secuencial, generando un cuello de botella que es una seria limitación cuando la tarea requiere gran cantidad de operaciones secuenciales, dando pie a una difícil búsqueda de algoritmos de procesamientos paralelos. La segunda limitación del modelo cognitivista es que el procesamiento simbólico está localizado, generando que cualquier disfunción en los símbolos o reglas del sistema deriven en un grave daño. En cambio una operación distribuida resulta muy deseable, para que al menos haya una relativa inmunidad ante la mutilación o fallas. Uno de los problemas que planteaba el cognitivismo de primera generación era su falta de coherencia con las bases biológicas de la emergencia, donde el cerebro no funciona como un procesador serial de la información y esta no es una magnitud predeterminada e invariable que entra y sale del cerebro (input y output), sino que más bien emerge de forma no totalmente predecible, de la activación conjunta de múltiples conexiones neuronales.

El conocimiento no es un tema de información que se almacena en alguna parte, no se recoge en un lenguaje de símbolos con significados discretos, sino que surge a partir de la activación global del sistema. En las redes neuronales, la información no está predeterminada en una determinada neurona o un grupo de ellas, sino que se conforma de modo dinámico y no totalmente predecible en paralelo y de forma distribuida de múltiples conexiones neuronales. No existe, por tanto una relación unívoca entre la información y su soporte físico, lo que impide mantener la existencia de contenidos invariables.

La perspectiva conexionista, basada principalmente en las teorías emergentes de auto-organización, explican los procesos de aprendizaje como modificación de las conexiones neuronales y describen las actividades mentales como procesos de compleción y reconocimiento de patrones. como se demuestra en la superioridad de la mente con respecto al computador de reconocer rostros (patrones emergentes), y la ventaja que adquieren los computadores a la hora de hacer cálculos matemáticos complejos (símbolos discretos). Para Varela, uno de los aspectos más interesantes de este enfoque es que los símbolos no desempeñan ningún papel, siendo remplazados por operaciones de matemática no lineal como las ecuaciones diferenciales. La actividad de las redes neuronales no se basa en la representación interna de una realidad externa, sino en la compleción y el reconocimiento dinámico de patrones. A diferencia del modelo clásico cognitivista, el modelo conexionista sugiere que es posible recordar sin almacenar previamente la información en el contenedor de la mente que propone el cognitivismo.

Francisco Varela¹² resume la cognición para el conexionismo como:

“La emergencia de estados globales en una red de componentes simples”, la cual funciona “a través de reglas locales que gobiernan las operaciones individuales y de reglas de cambio que gobiernan la conexión entre los elementos”.

¹² F. Varela, Cognitive Science A Cartography of Current Ideas, 1988

1.5.3 Enacción

Enacción es un neologismo, inspirado del inglés corriente y se usa en el sentido **hacer emerger**¹³. Si el conexionismo difumina los límites entre la mente y el cerebro, la enacción vuelve borrosa la separación entre el individuo y el mundo. Tanto en el **cognitivismo** como en el **conexionismo**, el criterio del conocimiento sigue siendo una representación de un mundo externo que está dado de antemano. Para el modelo de la enacción en cambio (y a partir de los planteamientos hechos por la autopoiesis en la cual construcción de realidad y organismo van en forma paralela), plantea cómo la realidad ya no es una construcción emergente en el cerebro, (como afirmaba el conexionismo), sino que es una acción emergente entre cuerpo y medio, es decir, la realidad ya no es independiente al observador, sino que se encuentran en una estrecha relación entre ambos.

Todo eslabón entre la emergencia y la enacción depende de las funciones que atribuyamos a un sistema distribuido. Si enfatizamos un proceso histórico que conduce a regularidades emergentes sin un restricción fija, recobramos la condición biológica de final mas abierto. Si el mundo en que vivimos va surgiendo o es modelado en vez de ser predefinido, la noción de representación ya no puede desempeñar un papel protagónico.

El significado no existe como entidad predefinida e invariable, sino que se construye, en todo momento. Donde el elemento central ya no es el cerebro, sino la actividad corpórea en un entorno social y material, ya no

¹³ La expresión "*hacer emerger*" quiere significar la total circularidad de la acción / interpretación, en la línea de la hermenéutica fenomenológica (Heidegger, Merleau-Ponty, Gadamer, Foucault), que la entiende como un encadenamiento de la acción y el conocimiento, el conocerdor y lo conocido en un círculo indisociable

somos procesadores seriales que reciben información y la almacenan. La enacción considera errónea toda perspectiva representativa de la cognición. **Más que representar el entorno, los sistemas cognitivos aprovechan regularidades y apoyos para guiar la acción y adaptarlo de forma dinámica a su nuevas situaciones, generando una “enacción” de la realidad,** entre cada organismo y su entorno. En palabras de Varela, para la enacción **“la cognición es acción efectiva, es decir una historia de acoplamientos estructurales que enactúa (hacen emerger) un mundo. Y funciona a través de una red de elementos interconectados capaces de cambios estructurales durante una historia ininterrumpida, lográndose transformar en parte de un mundo de significación preexistente, o configurar uno nuevo.”**

1.6 La cognición y el estar en el mundo

A comienzos de la década de 1960, la investigación se inspiraba en la esperanza cognitivista de hallar un dispositivo general para solucionar problemas: una máquina lógica que pudiera ser aplicado a cualquier problema para resolverlo. Paulatinamente, este sueño se redujo a dominios de conocimientos estrictamente locales, con problemas específicos a resolver, donde el programador pudiera proyectar en la máquina, tantos conocimientos de su propia experiencia como fuera posible, dejando la ambigüedad del sentido común en la periferia de la discusión.

En la década de 1970, al cabo de lentos progresos, muchos especialistas en inteligencia artificial advirtieron que la acción cognitiva más simple requería una cantidad infinita de conocimiento, que nosotros damos por sentada; **se tenía que servir al computador en cucharadas.** El **gran héroe** pasó a ser el **niño desprejuiciado** que aprende a moverse y

hablar, transformando el sentido común en el punto clave de la cognición, siendo éste la expresión de una historia vivida, relacionando el conocimiento con el hecho de estar en el mundo, que resulta inseparable de nuestro cuerpo, nuestro lenguaje y nuestra historia social.

El pivote de la cognición es su capacidad para hacer emerger significados, donde la información no está preestablecida como orden dado, sino que implica regularidades que emergen de las actividades cognitivas mismas. El conocer se trata de una interpretación permanente que no se puede deducir como un conjunto de reglas y supuestos, ya que es una cuestión de acción e historia, convirtiéndose en parte de una comprensión ya existente. No podemos plantarnos fuera del mundo donde nos hallamos para analizar cómo su contenido concuerda con las representaciones: estamos siempre inmersos en él, arrojados en él. Al plantear reglas para explicar la actividad mental de los símbolos como representaciones, nos aislamos precisamente del pivote en torno al cual gira la dimensión viva de la cognición.

El contexto y el sentido común no son artefactos residuales que se puedan eliminar progresivamente mediante el descubrimiento de reglas mas elaboradas. Constituyen la esencia misma de la cognición creativa. El nuevo paradigma cognitivo pone en tela de juicio el supuesto más arraigado de nuestra tradición científica: que el mundo tal como lo experimentamos es independiente de quien lo conoce, plantea que la cognición no se puede entender sin sentido común, el cual no es otra cosa que nuestra historia corporal, proponiendo que conocedor y conocido, sujeto y objeto, se determinan uno al otro y surgen simultáneamente. En términos filosóficos: el conocimiento es **ontológico**.

2.

**Diseño
Biológico.**

2.

Diseño biológico.

“Todo hacer es conocer y todo conocer es hacer”.

.- F. Varela y H. Maturana,
El árbol del conocimiento, 1984

“Diseño es el salto desde los hechos presentes a futuras posibilidades”

.- John Frazer,
Creative design and the generative evolutionary paradigm, 2002

- 2.1 ¿Qué es diseño?
- 2.2 El proceso de diseño como modelo cognitivo.
- 2.3 Modelo biológico para el diseño.
 - 2.3.1 Biología y su relación con las ideas.
 - 2.3.2 Autopoiesis y feedback positivo en diseño.
 - 2.3.3 La emergencia en diseño.
 - 2.3.4 Diseño más allá de la resolución de problemas.
 - 2.3.5 Determinismo estructural y la herramienta de diseño.
 - 2.3.6 Enacción y diseño.

2.1 ¿Qué es diseño?

Diseño como verbo **"diseñar"** se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto. Etimológicamente, es derivado del término italiano ***Disegno*** dibujo, designio, ***signare***, **"lo por venir"**, el porvenir, visión que representaba gráficamente el **futuro**¹⁴.

Para el diseño creativo, el diseño no consiste en la ejecución de un conocimiento conocido, sino en la generación de una posibilidad nueva. Es por eso que la definición de diseño está dentro de una disciplina esencialmente epistemológica, como generadora de conocimiento y lejos de una aplicación determinista de éste.

¹⁴ Vilém Flusser, *Filosofía del Diseño*,

“El tema esencial del diseño es establecer un proceso que construya, conceptos abstracciones y representaciones de conocimiento, siendo el propósito real del diseño emerger como comprensión interna y discernimiento de un proceso efectivo”.¹⁵ Más allá de un objeto final o la planificación de éste, diseño es el proceso que lo hace posible, que lo hace emerger como realidad.

Para Kostas Terzidis, una confusión recurrente es la diferencia entre diseño y planificación, **“diseño es una actividad conceptual de formulación de una idea que pretende ser expresada en una forma visible o ser puesta en acción. Diseño es sobre conceptualización, imaginación e interpretación. En contraste, planear es sobre realización, organización y ejecución.** Para la arquitectura y las artes, diseño se asocia con la creatividad humana, el ingenio, la intuición. En el mundo de la ingeniería en cambio, el diseño se asocia a delimitar y organizar metódicamente el proceso para que el modelo exista.”¹⁶

Lo que hace oponer estos conceptos, es que las ciencias por mucho tiempo mantuvieron una doctrina determinista racionalista con respecto al diseño y los diseñadores por su parte la aceptación de los modelos neo románticos de “caja negra” en los que el empirismo, la revelación espiritual, metáforas o analogías son la fuente de inspiración para el diseño, **en donde la creatividad en la arquitectura ha sido el de la intuición y el talento, donde las ideas son de cada individuo “estrella”, o un grupo de socios talentosos socios, siendo inaccesible para el resto de las disciplinas.** Son estos dos modelos los que hoy están en juicio, **el modelo de la ciencia**, por su incapacidad de enfrentar la complejidad de manera sistémica y no reduccionista y el

¹⁵ Eduardo Lyon, Taxonomía del proceso de diseño

¹⁶ Kostas Terzidis, Algorithmicarchitecture. 2006

**generador de
conocimiento**



desconocido



diseño

modelo de “caja negra” por ser un modelo inaccesible a la reflexión epistemológica y sus dificultades en el trabajo multidisciplinario. La nueva perspectiva para abarcar la complejidad por parte de la ciencia, a partir de procesos emergentes de control indirecto, genera una nueva transformación de los modelos cognitivos aplicados al diseño como medio de exploración de conocimiento en el proceso creativo.

2.2 El proceso de diseño como modelo cognitivo.

A mediados de la década de los 60's se expande el fervor por el estudio de la cognición en el diseño y aparece una gran cantidad de procedimientos racionales predicativos dentro de la práctica del diseño, en contraste a las prácticas dominantes de la época. Se hicieron grandes esfuerzos para generar un entendimiento más científico que enfatizara un control accesible y racional por parte del diseñador. A comienzos de los setenta, una segunda generación de métodos apareció, la cual planteó métodos participativos de resolución de problemas.

La concepción del proceso de diseño como proceso cognitivo, ha llevado a la aplicación de los modelos cognición a los procesos de diseño. La más común se refiere al entendimiento del diseño a partir de una visión **cognitivista**, en el cual la cognición es entendida como un procesamiento secuencial de información para resolver problemas previamente determinados. La más común se refiere a las técnicas de solución de problemas desarrollados. En estos modelos se asume una realidad objetiva y se define diseño como una búsqueda racional a un problema determinado. La interpretación enactuada en cambio plantea una aproximación diferente en la que los problemas y soluciones emergen dentro de una **“reflexión en acción”**. **El diseño ya no es una aplicación de verdades, sino una construcción de realidad que exige una reflexión iterativa en las diferentes temporalidades del proceso.** Si

bien existe una transición paradigmática en la reflexión y entendimiento del proceso de diseño todavía podemos ver cómo predomina el diseño como una construcción de pasos secuenciales, que buscan la resolución de un problema predefinido con anterioridad al proceso de diseño, comprendiendo el proceso cognitivo del diseño como un proceso lineal, que claramente está más cerca del paradigma determinista del modelo newtoniano, que de la perspectiva biológica planteada en esta investigación.

De acuerdo con los conceptos de **emergencia conexionista** y **enacción**, los procesos que dan lugar al surgimiento de la forma no responden necesariamente a una planificación previa. La forma emerge de la acción conjunta de múltiples parámetros no totalmente previsibles.

La perspectiva biológica propone un cambio desde el conocimiento del diseño basado en objetos hacia uno enfocado en el diseño como proceso, en donde todos los aspectos relacionados fluyen entre sí en un proceso de concepción y elaboración a través del cual el artefacto emerge, definiéndose el diseño en sí como un proceso de cognición.

2.3 Modelo biológico para el diseño

A lo largo de la historia de la arquitectura, el Hombre siempre ha observado y ha intentado aprender de la naturaleza; el cómo diseña o mejor dicho, cómo conoce, ha transformado esta histórica correspondencia en un diálogo epistemológico. El modelo biológico aquí propuesto busca relacionar la manera de conocer de la naturaleza y con la manera de conocer del diseño.

2.3.1 Biología y su relación con las ideas de diseño.

En la biología, la idea no existe previamente, el significado emerge en la acción de los procesos. El entendimiento biológico de la construcción de realidad y el proceso cognitivo, nos propone una nueva condición epistemológica para el diseño y una nueva forma de enfrentar la histórica relación con la biología, superando la valla de la metáfora, abstracción o simulación de la formas, para comprenderla desde los procesos que la constituye.

“Los procesos son mucho más interesantes que las ideas. Las ideas están vinculadas a códigos existentes y operan críticamente o en alineación con sistemas de ideas preexistentes. Mas que hacer de un proyecto la ejecución de una idea o el andamiaje de una imagen, lo que nos interesa es construir, realizar procesos a distintos niveles. Un proceso es la generación de la micro historia de un proyecto, una especie de narrativa específica en la que la entidad del proyecto conforma una secuencia. Si la geología, la biología o la historia, por ejemplo, tienen algo que enseñarnos es justamente que estos procesos de formación temporal producen organizaciones de una complejidad mucho mas elevada que las ideas instantáneas”¹⁷

2.3.2 Autopoiesis y feedback positivo en diseño.

Existen considerables implicaciones en la definición del proceso de diseño desde el punto de vista autopoietico, esencialmente en su relación a la reestructuración de los procesos en la medida que se conoce. Es decir **el proceso de diseño como un proceso fundamentalmente transformativo y evolutivo, separado de la replicación estable de informaciones.** Donde los ciclos iterativos no secuenciales son su

¹⁷ Alejandro Zaera. Revista Croquis.

característica, en la que se hace necesario entender el proceso de diseño no como un acto consecuente y coherente, entre el análisis y la propuesta, sino como un proceso continuo y paralelo de reflexión, en la que los problemas emergen contextualmente en la medida que se propone, planteando una situación dinámica de los procesos de información y relaciones en el diseño. El carácter de feedback positivo que propone la autopoiesis en el mundo natural, es la expresión de un modelo que está lejos de buscar un ideal o una respuesta a un problema determinado, **es más bien una constante dinámica de estado de crisis, que es capaz de generar nuevas realidades.**

2.3.3 La emergencia en diseño.

La biología nos propone esencialmente un entendimiento emergente de realidad, que a partir de una construcción basada en la autoorganización es capaz de generar una constante construcción de nuevas relaciones y complejidades. La emergencia en el diseño nos propone principalmente dos áreas a desarrollar con respecto al diseño: la modelación de complejidad en su raíz ontológica y la emergencia en su esencia epistemológica.

La modelación de complejidad está llamada a superar la histórica simulación de la naturaleza a través de la imitación de la forma. El nuevo entendimiento y modelamiento matemático de los procesos emergentes permiten replicar la inteligencia biológica en los procesos formales, ya no desde la forma, sino desde las relaciones que la hacen posible, la que se basa en la replicación de los procesos emergentes para generar complejidad y una nueva exploración auto-organizativa de la formas y materiales, generando gran entusiasmo en áreas como la estructura y el diseño sistémico, los que ven la aplicación de la emergencia como la



posibilidad de aproximarse a la naturaleza. La segunda proposición que hace la emergencia, en su relación epistemológica de cómo se genera el diseño, es cómo se pueden retroalimentar las diferentes áreas y etapas en un desarrollo paralelo en el proceso, planteando un desafío colaborativo y comunicacional en donde, al igual que en un hormiguero, las interacciones locales sean capaces de generar complejidad sinérgica. La capacidad de autonomía de los procesos emergentes en el diseño generan una nueva posición del diseñador con respecto a él: ya no desde una forma autoritaria piramidal, sino como generador indirecto de direcciones en la que puede seguir el proceso, pero donde la propiedad sinérgica de resultados inesperados sigue predominando, **obligando al diseñador a un rol de conversación con el sistema y no de modelador de soluciones como es su forma clásica.**

2.3.4 Diseño más allá de la resolución de problemas

Una aproximación estándar al diseño es hablar acerca de “**problemas**” y “**resolución de problemas**”. La dificultad con dicha aproximación, influenciada profundamente por la tradición racionalista, es que tiende a conceder a los problemas algún tipo de existencia objetiva, fracasando en tener en cuenta la ceguera inherente en el modo de formularlos. Desde el planteamiento de la cibernética de segundo orden, el observador no está posibilitado para aproximarse objetivamente a un problema, obligando a una reflexión autoconsciente y consensuada de los procesos que están en juego. Un “problema” surge siempre a partir de seres humanos en situaciones en donde habitan; en otras palabras, surgen en relación con un trasfondo. Variados intérpretes verán y hablarán de problemas diferentes que requerirán a su vez herramientas y acciones potenciales diferentes y por lo tanto, un diseño de soluciones único; lo que es un problema para uno puede no serlo para otro. El diseño arquitectónico es mucho más complicado que muchos otros procesos de diseño ya que

implica variables que no pueden predecirse o codificarse. Toda la información que se refiere al proceso de diseño no existe desde un comienzo. Muchas decisiones que se toman durante el proceso de diseño están basadas en la información que surge en el transcurso, la que es imposible de predecir, ya que como explica la biología, los problemas son contextuales a cada cuerpo, a cada realidad, por lo que los problemas y la información emergen paralelamente al diseño. **El proceso de diseño no debe ser tomado como lineal, secuencial o mecánico.** Debe poner en acción instrumentos que **admitan las fluctuaciones**, la creatividad, la incertidumbre, la contradicción, la ambigüedad, etc., para esbozar nuevas alternativas. Esta visión de proceso de diseño perturba a las cronologías clásicas que van desde el análisis a la acción. La investigación en el diseño implica las acciones para obtener el conocimiento como parte de un proceso donde está presente la **retroalimentación y la interacción**. Las investigaciones actuales referidas a procesos de diseño apuntan hacia la idea de co-evolución en el diseño, en donde las restricciones o espacio de problemas evolucionan de la misma manera en que las soluciones o espacio de soluciones lo hacen. El diseño está más cerca de una estructura “**problema-dirección**” que una estructura “**problema-solución**”.

“Los diseños más eficaces no son aquellos que intentan modelar completamente el dominio en el que operan sino aquellos que están en *alineamiento* con la estructura fundamental de dicho dominio y que permiten modificación y evolución para generar nuevos acoplamientos estructurales. Como observadores buscamos entender lo mejor posible dentro de nuestras capacidades que configuran el dominio relevante de acción. Esta comprensión guía nuestro diseño y selección de cambios estructurales pero no necesita y no puede englobarse en forma de mecanismo.”¹⁸

¹⁸ F. Flores, Terry Winograd. Hacia la comprensión de la informática y la cognición. 1989. Pág. 135

DISEÑO



SOLUCIONES

DISEÑO



PROCESOS

2.3.5 Determinismo estructural y la herramienta de diseño

La biología plantea que nuestras acciones en el mundo están siempre determinadas por nuestra estructura, y es este determinismo estructural el que condiciona nuestra experiencia y nuestra realidad. Para el diseño serían la naturaleza de los procesos y las herramientas, aquéllas que determinarían nuestra forma de relacionarnos con el diseño, además del determinismo estructural propio de cada uno. La biología nos propone un nuevo entendimiento de las herramientas; no como un medio para llevar a cabo una acción sino un medio por el cual conocer, siendo la sinergia, la utilización instrumental entre diseñador y herramienta que genera el conocimiento. En palabras de **Roberto Doberti** “**cuando la práctica arquitectónica incorpora un instrumento específico, un medio para prefigurar, lo convierte en visión**”¹⁹, transformando a la herramienta de diseño, sea cual sea, en un artefacto cognitivo. Planteando un nuevo campo de reflexión epistemológico en la herramienta de diseño.

2.3.6 Enacción y diseño.

El diseño como cognición enactuada, queda definido en palabras de Varela, como: “**Acción efectiva: historia de acoplamientos estructurales que hacen emerger un mundo**” y en la cual lo esencial es “**transformarse en parte de un mundo preexistente o configurar uno nuevo**”²⁰, el diseño deja de ser la capacidad de resolver un problema, para ser la capacidad de ingresar a un mundo compartido, definiéndolo como un proceso de significación, que emerge a partir de la acción a través de un cuerpo. Siendo la definición de este cuerpo lo esencial en el proceso de diseño y dejando atrás el concepto idea-significado previo a la acción de diseño, y aceptando la posibilidad que estos emerjan en un historia de proces

¹⁹ Roberto Doberti, La morfología: un nivel de síntesis comprensiva, 1977

²⁰ F. Varela, Las ciencias cognitivas: Tendencias y perspectivas. Cartografía de las ideas actuales. 1988

3.

**Diseño
Algorítmico.**

3.

EL diseño algoritmico

“Un algoritmo no es solamente una implementación computacional de una serie de líneas de código o un lenguaje de un programa, es también una construcción teórica con profundas repercusiones filosóficas, sociales, en diseño y las artes.”

.-Kostas Terzidis.
Algorithmicarchitecture. 2006

- 3.1 De la relación computador diseño.
- 3.2 Algoritmo y diseño.
- 3.3 Diseño algoritmico y script.
- 3.4 Diseño y los sistemas generativos

El diseño algoritmico nos propone una revolucionaria relación entre el computador y el diseño, en la que el diseñador se ubica un paso antes de la forma, diseñando no el objeto final, sino el proceso que lo hace posible, el cuerpo por el cual conocer.

3.1 De la relación computador-diseño.

El uso del computador en el diseño, es un campo de extensa discusión en la arquitectura, en el cual su participación puede cumplir los más diversos roles en el proceso de diseño, tanto como medio de representación, evaluación o exploración de soluciones.

Es una creencia común entre los arquitectos y diseñadores que el proceso de diseño está concebido y procesado en su totalidad en la mente humana y que el computador no es más que una herramienta para la organización, productividad o representación, en el mejor de los casos, el computador sirve simplemente como un procesador de información, la que genera solamente un **input** y **output** de información, fiel reflejo del paradigma cognitivista.

El rol más evidente que han asumido los computadores en el proceso de diseño ha sido como instrumento que puede aumentar las capacidades de ejecución de un diseñador, haciendo algunas tareas concretas, más eficientes, más precisas y con menor esfuerzo. Ejemplo de esto son el dibujo y modelado por computador que remplazan el papel y el lápiz por implementos electrónicos, pero no modifican radicalmente la tarea de dibujo o modelamiento. El diseñador debe dar las instrucciones para dibujar cada línea, construir cada objeto, cambiar su color, posición o punto de vista. El computador, al igual que el papel, no entiende la evolución del diseño.

El modo dominante del uso del computador en arquitectura actualmente, es una combinación de un manejo manual de decisiones expresadas formalmente a través del computador. El problema con esta combinación es que nunca el diseñador podrá acceder a la real condición epistemológica del computador, lejano de la comprensión de cómo lleva a cabo sus procesos, y como estos procesos pueden ser utilizados en toda su potencialidad en el conocimiento del diseño.

Las potencialidades de las herramientas CAD han generado altas expectativas de cómo puede cambiar la forma de crear y pensar de los diseñadores. Pero el tan esperado cambio de paradigma, no se produjo

en el mente del diseñador como se esperaba, sino en la del programador del software, el que termino proponiendo la manera de trabajar, definiendo las herramientas y el espacio de trabajo, delimitando las capacidades y limitaciones para el diseñador, convirtiéndose los programadores en los diseñadores de sistemas de diseño, y a los diseñadores en meros espectadores de un mundo que se extiende mas allá de su comprensión.

Existen dos conceptos que según **Kostas Terzidis** son confundidos generalmente, y su diferencia es clave en el entendimiento del rol del computador en el diseño: **computarización** y **computación**. “Computarización tiene que ver con ingresar, procesar y ordenar información en un computador, es decir automatización, mecanización o digitalización de procesos preconcebidos. Computación en cambio tiene que ver más con una experiencia de lo indeterminado, inducción, deducción de conocimiento”²¹.

El modo dominante de la utilización del computador en arquitectura está más cercano al concepto de la computarización que al entendimiento de la computación, ya que los procesos que se utilizan estarían previamente conceptualizados y serían posteriormente introducidos, manipulados o almacenados en un sistema computacional. Por el contrario, computación como herramienta de diseño es en la mayoría de los casos, limitada. Los diseñadores no conciben todas las ventajas del poder computacional, ya que la manipulación de modelos arquitectónicos basados en Mouse no corresponde necesariamente a actos que generen nuevo conocimiento.

El poder del computador nos permite explorar términos que son incomprensibles para la mente humana. Conceptos como aleatoriedad, infinito, límite, e incluso conceptos más elaborados como complejidad,

²¹ Kostas Terzidis, *algorithmicarchitecture*, 2006

emergencia o recursión, nos plantean un nuevo desafío en la comprensión de la realidad, lejos de los modelos reduccionistas que dominaron durante tanto tiempo la relación entre ciencia y diseño. Se establece una nueva relación entre mente y computador, en la que este último aparece como una extensión de la mente humana, posibilitando así nuevos campos de conocimiento y significación.

Originalmente el rol de las computadoras en arquitectura fue para replicar los esfuerzos humanos y para tomar el lugar de los seres humanos en el proceso de diseño. Más tarde cambió su rol para crear sistemas inteligentes que sirvieran de asistencia a los diseñadores y aliviar la necesidad de realizar las tareas más triviales y aumentar su capacidad de toma de decisiones. Hoy en día las funciones de los computadores de variar la redacción y la forma de modelar basados en el procesamiento de acciones de diseño a través de algoritmos y script, lo transforma ya no en un medio de aplicación de conocimiento sino en un vehículo para acceder a él, en un **“artefacto cognitivo²²”**, **el que no debe ser reconocido como máquina para imitar lo que se entiende, sino como medio para explorar lo incomprendido**. Llegando el computador a transformarse, en lo que Guilles Deleuze llamaría un **otro**, el que indica que hay cosas que no percibimos, que nos obliga a asumir la existencia que son solo perceptibles para el otro, gracias al otro sabemos que hay objetos al margen de nuestra atención y otros mundos posibles. El otro no es un sujeto ni objeto: es una presencia concreta que anuncia perceptivamente otro mundo. Si bien el computador es un dispositivo concebido, diseñado y construido por los seres humanos, los procesos que se ejecutan dentro de sus circuitos están dentro de su lógica, generando un universo independiente, teniendo la computación un carácter de autonomía epistemológica; una clausura operacional.

²² Concepto introducido por Donad Norman

3.2 Algoritmo y Diseño.

Algoritmo se define como Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema²³. Muestra la manera de llevar a cabo procesos. Un algoritmo no es algo exótico ni ajeno a la intuición humana, es un proceso natural en el ser humano, de su metodología de enfrentar los problemas. Históricamente ha existido una estrecha relación entre diseño y algoritmo. Si bien el concepto de algoritmo se asocia a la informática, el uso de instrucciones, condicionales y reglas son parte cotidiana del diseño arquitectónico. Ahora bien la combinación entre algoritmos, como modelamiento de proceso y la capacidad aritmética y lógica del computador es una poderosa combinatoria, que si bien por separado, son familiares a la arquitectura, su uso combinado todavía es una herramienta poco explorada en la disciplina.

En diseño, los algoritmos pueden ser usados para resolver, organizar o resolver problemas con incrementos de complejidad visual y organizacional, generando no solo la posibilidad de búsqueda de una solución, sino también la exploración de complejidades impredecibles. La noción de **direccionalidad de un problema** versus **solución** de este, es un nuevo campo que abre el algoritmo en el diseño, la cual genera una relación sinérgica entre diseñador y computador.

Al estudiar la articulación de un algoritmo, se pueden identificar similitudes con el proceder del diseño, generando un medio de abstracción que puede dar pistas sobre el diseño como proceso mental generativo. En lugar de utilizar algoritmos para copiar, simular o remplazar los métodos manuales de diseño, es potencialmente mucho más interesante que sean estudiados como metodologías

²³ McGraw-hill, Dictionary of Physics and mathematics. 1978

complementarias a la mente del diseñador. **Los algoritmos son “encapsulamientos” de procesos o sistemas de procesos que permiten dar el salto a lo desconocido, no es el producto final sino el vehículo de exploración: el cuerpo por el cual se conoce.**

A diferencia de las ideas humanamente concebidas, donde el autor es el propietario intelectual de la idea, los algoritmos son procesos que definen, describen y ponen en marcha una serie de **acciones** que a su vez producen otras **acciones** que generan nuevos contextos con potencialidades de significación.

Dentro de la perspectiva biológica y el concepto de determinismo estructural, el algoritmo puede ser visto como la estructura por la cual interactuamos, como una herramienta de diseño que conduce hacia la producción de nuevos conceptos, ideas o formas de pensar del diseñador en la que las **“relaciones enactuadas”** de las acciones de diseño, hacen emerger las ideas y los significados.

3.3 Diseño algorítmico y script.

Respondiendo a la carencia de diálogo directo entre diseñador y los procesos computacionales, el uso de script inaugura una nueva instancia frente a los procesos misteriosos de la aplicación del Mouse sobre herramientas preconcebidas por programadores de software. El diseño a través de script, consiste en la designación de acciones del software en el espacio y la forma desde una lógica basada en reglas topológicas, códigos constructivos y lenguaje, **generando tal como la palabra lo dice, un guión de acción del proceso.** En vez de programación directa, la codificación de una intención de diseño usando **“script”** a través de programas de modelamiento 3d, permite que los diseñadores puedan ir

mas allá del “Mouse”, trascendiendo las propias limitaciones del software 3D incorporando complejidad y creatividad propia.

Los computadores poseen lenguaje propio. El lenguaje de programación responde a lógicas de sintaxis que permiten comunicar al programador con el computador. Sin ella la comunicación entre estos sería imposible, y ninguna instrucción podría ser entendida ni ejecutada. Un lector humano está acostumbrado a interpretar las ambigüedades del lenguaje, pero un computador necesita instrucciones que se ajusten de manera estricta a la sintaxis del idioma en el que fueron creadas. Este lenguaje posee una estructura que le permite operar. Existen las llamadas **Variables** que se encuentran presente en todo lenguaje de programación, y que hace referencia a “**lugares de memoria**” que guardan los valores que hemos de manipular en nuestros programas. Podemos imaginarlas como cajas que guardan objetos. Cuando escribimos un programa, creamos variables para darle un espacio en la memoria del computador a un determinado objeto o valor. Las variables pueden ser de distinta clase. Estas distintas clases son denominadas **Tipos de datos** los que son necesarios ya que un programa involucra normalmente distintos tipos de información. A veces necesitamos hacer cálculos de números enteros, otras veces necesitamos usar palabras, o establecer el valor de falsedad o afirmación a una acción, por ejemplo. La precisión y eficiencia de un programa está relacionado con la asignación y el uso correcto de estos tipos de datos. Algunos tipos de datos son los siguientes: **Boolean** (verdadero o falso), **Float** (números reales), **integer** (números enteros) y **string** (cadena de caracteres, entre otros. Estos tipos de datos se pueden organizar en una estructura de datos o arreglos, o también llamada **array**. Los arreglos son los miembros principales de un conjunto de estructuras llamadas listas. Estas estructuras pueden alojar un gran número de objetos en lugar de uno solo. Podemos imaginar un arreglo como una caja de huevos; la caja es el arreglo, y los huevos los miembros del arreglo. Una vez organizada

nuestra información, ésta se puede procesar a través de acciones del programa, que se relacionan por medio de **condicionales** y **ciclos o loops**. Las instrucciones condicionales, como su nombre lo indica, se ejecutan sólo cuando una determinada condición se cumple. Son una de las nociones más versátiles y a la vez fundamentales de cualquier lenguaje de programación, mientras que los **ciclos** o **loops** son necesarios para que una determinada instrucción se repita un cierto número de veces.

Es esta simple estructura la que abre una lógica impensada para la mente humana, en donde la interrelación de acciones a partir de una escala inmensa de combinatorias y cálculos, permite abarcar procesos ascendentes de complejidad y soluciones, al contrario de los clásicos modelos de reducción de complejidad y posibilidades.

3.4 Diseño y los sistemas generativos.

“El proceso de diseño es abierto y conlleva a frecuentes cambios que el computador debiera permitir. La complejidad del problema de diseño es tan grande que exige el uso de herramientas no deterministas en la exploración del diseño.”

Existe cierta categoría de algoritmos que no se dirige hacia resultados predecibles. Sus estrategias inductivas tratan de explorar **procesos generativos o de simular procesos complejos**. Es así como los algoritmos funcionan: como una extensión del pensamiento humano, posibilitando la exploración fuera de la localidad de lo conocido por el diseñador.



Los sistemas generativos ofrecen una metodología y filosofía que visualizan el mundo en términos de procesos dinámicos, donde el objeto no es una meta final del proceso sino que solo una expresión temporal de éste. Para el diseño esto envuelve una reconsideración del artefacto estático y de las acciones que lo manipulan. Su integración en el proceso de diseño permite el desarrollo de soluciones de diseño novedosas, difíciles o imposibles de lograr a partir de otros métodos.

El diseño generativo o diseño evolutivo ha constituido entusiasmo mayor en esta última década. Su aplicación integra una serie de técnicas de computación evolutiva para generar soluciones de diseño, la metodología se ayuda de algoritmos para **incrementar y optimizar el espacio entre diseño y solución**. Usando algoritmos genéticos y redes neuronales, el diseño evolutivo integra la idea de código genético con la definición de un objeto, usando las ideas de selección y mutación.

El grupo de investigación de **John Frazer** ha hecho un destacado trabajo en el estudio arquitectónico usando procesos evolutivos. Frazer, genera electrónicamente una arquitectura construida a partir de códigos genéticos para que se adapte al entorno existente, predice una ecología artificial con el mundo natural que conocemos.

Las redes neuronales artificiales son sistemas algorítmicos que simulan las funciones cerebrales humanas, usan variados principios de la informática no deterministas como **lógica difusa, algoritmos genéticos y métodos “bayesianos”**. Lo que distingue a estos algoritmos de los comunes es que sus comportamientos complejos son impredecibles dentro de la lógica lineal y **producen patrones** y comportamientos que sorprenden incluso a sus creadores.

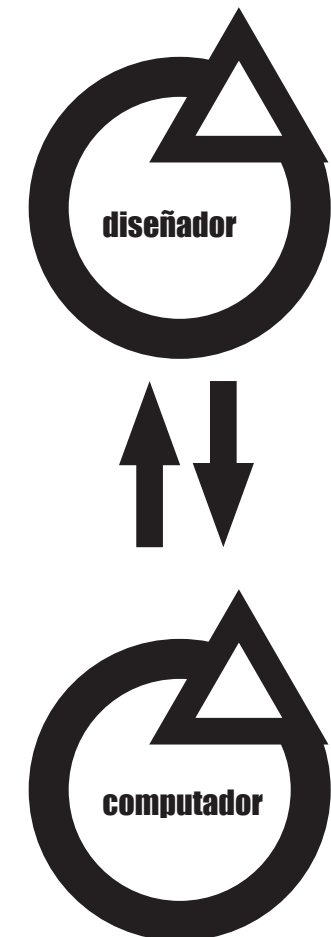
Paralelamente en diseño, **las gramáticas formales, los modelos matemáticos, las propiedades topológicas, los sistemas genéticos, los grafos** y los morfismos son procesos algorítmicos en busca de

propiedades y conductas formales imprevisibles, poco comunes y desesquemáticas. Más allá del prejuicio que relaciona los procesos algorítmicos con la racionalización, el determinismo o el formalismo, lo más relevante son los procesos algorítmicos como medio de trascendencia a nuestra localidad cognitiva, más allá del rango ordinario de la percepción.

Los algoritmos genéticos por su parte, fueron introducidos por **John Holland** en 1975, y aplicados a la investigación relacionada que llamó, los sistemas complejos adaptables, que hoy se aplican en diversas áreas que priorizan la optimización de soluciones existentes. Un **algoritmo genético** es un proceso que simula el comportamiento y la adaptación de una **población de soluciones** a partir del modelo darwiniano de selección natural como medio de evolución de las especies. Éste se basa en la combinación aleatoria de un segmento seleccionado de la población bajo algún criterio de búsqueda, generando nuevas posibles soluciones. El algoritmo utiliza métodos **estocásticos**, los cuales a partir de probabilidades de combinatoria y solución, arroja nuevas combinatorias. A medida que esta selección va generando nuevas soluciones cada vez más cercanas al criterio seleccionado, siendo así una importante metodología de optimización de una solución, en contraste con el viejo esquema de prototipo único.

La aplicación de **técnicas evolutivas interactivas**, permite una **evolución constante del espacio de diseño a través de la extracción de información de procesos de búsqueda evolutiva / adaptativa**, los cuales conducen a entornos de **diseño evolutivo interactivo**, **permitiendo así el diseño creativo**. Los algoritmos computacionales se encargan de proponer soluciones y el diseñador procesa las soluciones para redefinir el problema e introducirlo de nuevo en el computador, refinando así una y otra vez el espacio de diseño.

El computador como otredad



Otra postura significativa sostiene que el **mayor potencial de las técnicas computacionales se da cuando éstas se integran con los procesos humanos interaccionando así el diseñador y la máquina**. La mayoría de los autores defienden la postura de potenciar el desarrollo de sistemas, que lejos de trabajar de forma independiente del diseñador, interactúen con él, ya que los procesos cognitivos que tiene lugar durante el diseño conceptual son muy imprevisibles y sin contar con la participación sólo se espera conseguir soluciones de diseño obvias.

En el diseño convencional, el rol del diseñador es explorar un espacio de solución, las que pueden ser estéticas, semióticas, culturales, etc....La relación entre diseñador y artefacto diseñado es una consecuencia directa, existiendo una relación inmediata entre intención del diseñador y artefacto diseñado.

En contraste, el diseño generativo implica la creación y modificación de las normas o sistemas que interactúan en el proceso, generando una relación indirecta y de características ascendentes donde el resultado es impredecible y al igual que el modelo cognitivo enactuado, hace emerger mundos.

Una de las grandes diferencias entre los procesos algorítmicos y los procesos creativos llamados “**de caja negra**”, es que la intervención de la interpretación humana está implícita en todos sus procesos, no permitiendo que los pensamientos trasciendan más allá de la comprensión individual del “creador”. La forma algorítmica en cambio, no es sobre percepción o interpretación, sino sobre procesos de exploración, codificación y extensión de la mente humana, en la cual el proceso se saca de la oscuridad de la individualidad y se trata de poner “**sobre la mesa**”.

4.

Conclusión.

4. Conclusión

4.1 Relación biología, computación y diseño

La cuestionada relación entre **biología, computación y diseño** al inicio de la investigación, ha sido de primera importancia. La biología a través del estudio de cómo se organiza y conoce la naturaleza, ha dejado atrás la tradicional relación formal con el diseño, para aproximarse a la esencia epistemológica de la acción de diseño. La redefinición de los conceptos de cognición redefine no solamente el diseño en su modo de conocer sino también el rol del computador en este proceso.

Por años el paradigma cognitivista, generaba un uso determinista del computador y una visión lineal y estática del proceso de diseño. Generando una oposición de los modelos cognitivos del diseño con los tradicionales modelos creativos de caja negra. Produciéndose un empobrecimiento en la discusión propia de nuestra disciplina, en la que la cuestión principal era el objeto resultante y sus resultados formales, quedando las reflexiones sobre el proceso de conocimiento en la periferia del diseño. La nueva redefinición de cognición y por consiguiente de diseño, obligan a una redefinición de la relación computador-diseñador, no como la máquina que ayuda a buscar la solución óptima frente a un problema, sino como la extensión y la posibilidad de la mente humana de conocer conceptos y realidades inaccesibles en su forma analoga, como son el caso de los procesos de complejidad y emergencia.

4.2 Diseño como el cuerpo por el cual conocer.

La biología nos explica la vida desde abajo y desde adentro, epistemológicamente muy distinta a los modelos jerárquicos, lineales y determinista de la física clásica. El nuevo paradigma biológico ha cambiado la forma de entender los procesos cognitivos, dejando atrás la perspectiva representacional que desde un mundo objetivo, construye un modelo de realidad a partir de la información recogida del exterior. La cognición enactuada nos propone una acción corporal de significación donde la acción efectiva hace emerger nuevas realidades, proponiendo un conocimiento donde acción y significación van desarrollándose de forma paralela y recíproca.

El planteamiento enactuado genera grandes redefiniciones en el diseño y su relación con la computación, donde lo esencial ya no es la significación final del objeto sino el cuerpo que lo hace emerger. Es decir el diseño no como una producción de objetos finales sino como desarrollador de procesos que genera objetos significativos.

Las potencialidades del algoritmo y su combinación con el computador, abren una nueva era en la forma de relacionarse con el diseño, donde el diseño de procesos, en vez de objetos es su revolución, proponiendo un cambio de la tradicional forma de proceder del diseño, mucho más cercano al entendimiento biológico, donde la clásica estructura, problema-solución, es remplazada por una de problema – dirección, donde lo más importante a definir, no es la solución final, sino la definición de un cuerpo que a través de acoplamientos estructurales integre o genere nuevos significados y realidades.

4.3 La nueva posición del diseñador.

La conciencia de estar determinados estructuralmente, y definidos por una localidad nos exige generar nuevos métodos de rebalse de nuestro propios bordes. El diseño al ser un problema epistemológico y tener una vocación social, es decir ser utilizado por otros, exige ir más allá del mundo individual del diseñador.

El diseñador toma dentro de la perspectiva biológica una posición emergente en la construcción de la realidad, no desde el “autoritarismo” desde arriba, sino desde la “conversación” desde abajo. Entendiendo conversación como una relación consensuada con el “otro”, siendo este otro el proceso mismo de conocimiento, la autonomía epistemológica de los procesos algorítmicos proponen una relación emergente y consensuada entre diseñador y proceso de diseño, donde el valor del diseñador esta en saber escuchar las dinámicas internas del mismo en su autonomía y deriva.

Síntesis de la perspectiva biológica:

De:

**Tareas específica
Resolución de problemas
Abstracto, simbólico
Universal
Centralizado
Secuencial, jerárquico
Mundo predefinido
Representación
Diseño de solución**

Hacia:

**Creativo
Definición de problemas
Ligado a la historia, al cuerpo
Contextual
Distribuido
Paralelo
Mundo enactuado
Acción
Diseño de estrategias**

diseñador

acoplamiento estructural



computación

**procesos
de diseño
cuerpo
cognición**



**emergencia
significados
realidades**

5.

Apéndice.

5.

Apéndice

5.1 Glosario.

A

- **Acoplamiento estructural:** La historia de mutuos cambios estructurales concordante manteniendo la identidad de su organización.

- **Adaptación:** Relación de congruencia dinámica entre el ser vivo y su dominio de existencia en la que éste conserva su organización de ser vivo por que todas sus interacciones son sólo perturbaciones. La conservación de la adaptación, es una condición de existencia en los seres vivos. Además, como en el vivir el ser vivo cambia continuamente su estructura, el ser vivo se desliza en el medio siguiendo en él camino de interacciones en que se conserva la relación de adaptación, en un proceso en el que el ser vivo y el medio cambian juntos conservando su congruencia reciproca hasta que el ser vivo muere

- **Algoritmo:** Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema. Muestra la manera de llevar a cabo procesos.

- **Autoorganización:** La espontánea reducción de entropía en un sistema dinamico

C

- **Campo epigénico:** Es el conjunto de las derivas ontogénicas posibles frente a distintas historias de intersecciones posibles, determinado en la estructura inicial de un ser vivo por su genotipo total como un ámbito de posibles derivas ontogénicas.

- **Cibernetica:** Es la ciencia que estudia los principios abstractos de organización en sistemas complejos

- **Conducta:** Presente dinámico de la **relación organismo- medio** que un observador describe o induce **como modo de encuentro del organismo con el medio en los distintos momentos de su epigénesis.**, se llama conducta a los cambios de postura o posición de un ser vivo, que un observador describe como movimientos o acciones en relación a un ambiente determinado

D

- **Deriva ontogénica:** Historia de cambio estructural de un sistema en su dominio de existencia que sigue un curso que se configura momento a momento siguiendo el camino en que sus interacciones conservan organización y adaptación.

- **Determinismo estructural:** Operar de un sistema de acuerdo a su estructura, a como está hecho en el juego de las propiedades de sus componentes. La estructura determina todo lo que le pasa, tanto en sus cambios internos como en lo que admite en una interacción (relacional).

- **Dinámica sistémica:** sistema es cualquier conjunto de elementos interconectados por una configuración de relaciones que constituyen la organización que lo define y especifica su identidad. La organización de un sistema permanece invariante mientras éste conserva su identidad y viceversa. En un sistema las condiciones que le permiten conservar su identidad liberan a su estructura para variar de cualquier manera en trono a la conservación de la organización que lo define. Al hablar de dinámica sistémica se habla de lo que sucede en un sistema por el solo hecho de ser sistema, independiente de la clase de sistema que se trate. La deriva ontogénica y la deriva filogénica son fenómenos sistémicos. En ellos el ser vivo y medio forman un sistema en el que lo central es la conservación de la organización del ser vivo y su relación de adaptación al medio.

E

- **Enacción:** Concepto acuñado por Francisco Varela, que traduce el neologismo inglés *enaction*, derivado de *enact*, "representar" en el sentido de "desempeñar un papel", "actuar". De allí la forma "enactuada": traducir "actuada", "representada" o "puesta en acto".- Cognitive Science. A Cartography of Current Ideas, 1988 F. Varela

- **Emergencia:** El proceso de aparición de estructuras complejas a partir de reglas simples.

- **Epigénesis:** Transformación estructural momento a momento de un organismo en el devenir de su ontogenia a partir de un genotipo total, que surge en el juego de su propia dinámica estructural y los cambios estructurales que provocan en él sus interacciones en un medio, y conservan la organización autopoietica del ser vivo y su adaptación o congruencia operacional en su dominio de existencia. Es decir, la epigénesis en sentido **estricto es la deriva ontogénica** de un organismo a partir de su inicio como tal. Es debido a esto que no hay predeterminismo en el devenir estructural de la epigénesis de un organismo, y que, en un sentido estricto, no puede haber determinismo genético. Es al mismo tiempo debido que la epigénesis cursa como una deriva estructural ontogénica, que toda epigénesis sigue un camino de **cambio estructural que se establece instante a instante en un continuo surgir sin alternativas**

- **Estocástico:** Es un procedimiento algorítmico que basa su resultado en probabilidades que cambian en el tiempo, diferenciándose con el algoritmo probabilístico por su comportamiento dinámico

- **Explicaciones científicas:** El explicar científico consiste en la proposición de un proceso o mecanismo que, si se deja operar, da origen, en el dominio de experiencia del observador, a la experiencia (fenómeno) que se quiere explicar.

- **Estructura:** Los componentes y relaciones que realizan a un sistema en particular. La estructura de un sistema involucra más dimensiones que la organización, pues incluye componentes y relaciones. De hecho, la organización de un sistema es un subconjunto de las relaciones de su estructura y se realiza en ella. Por esto, la estructura de un sistema puede variar de dos modos: a) de modo que el sistema conserva su organización, y, por ende, su identidad de clase; y b) de modo que el sistema pierde su organización, no conserva su identidad de clase, y se desintegra.

F

- **Fenotipo:** Presente estructural y relacional de un organismo que determina momento a momento su modo de relación e interacción en un medio durante su realización como tal en el curso de su ontogenia, en el entendiendo de que ésta cursa de un modo epigénico. El fenotipo de un organismo se constituye en su encuentro con el medio, de modo que de hecho cada organismo se realiza como totalidad en su dominio de interacciones y relaciones en su fenotipo, y vive en un fenotipo u otro según se den sus relaciones e interacciones. Además, el fenotipo de un organismo cambia en el curso de su ontogenia como resultado de su propia dinámica interna tanto como resultado de los cambios gavillados en él curso de sus interacciones.

- **Filogenia:** Sucesión reproductiva de ontogenias con conservación de un fenotipo ontogénico fundamental, y conservación o corrimiento de otros fenotipos ontogénico secundario que se intersecan con este en su realización. En otras palabras, debido a que la ontogenia de un organismo implica la realización simultánea de muchas otras entidades o sistemas diferentes que se entrecruzan con éste en su realización. En otras palabras, debido a que la ontogenia de un organismo implica la realización simultánea de muchas otras entidades o sistemas diferentes que se entrecruzan con éste en su realización estructural, **hay intersección de filogenias de modo que la realización de una implica la realización de las otras**

G

- **Genotipo:** Genoma o conjunto de genes en términos de ADN, tipo de una especie particular de organismos

M

- **Morfogénesis** (del griego *morphé*, forma, y *génesis*, creación) es uno de los tres aspectos fundamentales de la biología del desarrollo, junto con el control del crecimiento celular y de la diferenciación celular. La morfogénesis incluye la forma de los tejidos, de los órganos y de los organismos completos y las posiciones de varios tipos de células especializadas. El estudio de la morfogénesis pretende comprender el proceso que controla la distribución organizada espacialmente de las células, proceso que aparece a lo largo del desarrollo embrionario de un organismo y que da lugar a las formas características de los tejidos biológicos, de los órganos y de la anatomía corporal.

O

- **Organización:** Son las relaciones que deben darse entre los componentes de algo para que se lo reconozca como miembro de una clase específica. Configuración de relaciones entre componentes que definen y constituyen la identidad de clase de un sistema particular; todo sistema queda definido y constituido por su

organización, y, por esto, ningún sistema queda definido o constituido por sus componentes. La organización que define a un sistema como un sistema de una cierta clase permanece necesariamente invariante mientras este conserva su identidad de clase, y mientras se conserva la organización que define la identidad de clase de un sistema, éste conserva su identidad de clase.

- **Ontogenia:** La ontogenia es la historia del cambio estructural de una unidad sin que esta pierda su organización.

Historia particular de transformación estructural de un organismo en la realización de su fenotipo ontogénico. La ontogenia cursa como una deriva estructural con conservación de organización y estructura. La ontogenia de un organismo es su realización epigénica.

P

- **Paradigma:** Con referencia de pensadores contemporáneos provenientes de la filosofía y la sociología como es el caso de Omar Calabrese, Gilles Lipovetzki, Thomas Khun, Fritjof Capra, Edgar Morin, Karl Popper y Erich Fromm posibilito establecer que al hablar de paradigmas estamos haciendo referencia a un conjunto orgánico de acciones, gustos y comportamientos que son el resultado de un sistema de ideas y valores que subyacen en la sociedad, en un lugar y un tiempo determinado.

5.2 Bibliografía

Michael Hensel y Achim Menges.

- Morpho-ecologies. 2006

S. Camazine.

- Self-organization in Biological Systems. 2001

Yehuda E. Kalay.

- Architecture's New Media. 2004

Peter J. Bentley.

- Creative evolutionary systems. 2002

- Evolutionary Design by computers. 1999

Kostas Terzidis.

- Algorithmicarchitecture, 2006

John Frazer.

- Evolutionary architecture. 1992

Francisco Varela.

- Conocer, las ciencias cognitivas: tendencias y perspectivas. 1988
- El fenómeno de la vida. 2000

Francisco Varela y H. Maturana.

- El árbol del conocimiento. 1984
- máquinas y seres vivo. 1973

H. Maturana y J. Mpodozis.

Origen de las especies por medio de la deriva natural. 1992

Steven Johnson.

- Sistemas emergentes. 2001

John H. Holland.

- El orden oculto, de cómo la adaptación crea la complejidad. 1996
- Emergente from chaos to order. 1998

David H. Freedman.

- Los hacedores de cerebros. 1995.

John S. Gero.

- Design Computing and Cognition '06. 2006

Benjamín Aranda y Chris Lasch.

- Tooling. 2006.

T. Winograd y F. Flores.

- Hacia la comprensión de la informática y la cognición. 1989

Nicolás Arrijoja.

- Inteligencia Artificial. 2007

James Steele.

- Arquitectura y revolución digital. 2001.