

Diseñar con otras inteligencias no humanas: Aprendizajes desde la complejidad

Gerardo Vazquez Rodríguez^(*)

Resumen: Este artículo propone repensar el aprendizaje en diseño desde la teoría de los sistemas complejos adaptativos, integrando aportes de la ecología cognitiva, el enactivismo y los fenómenos emergentes. Así, frente a las crisis ecológicas, tecnológicas y sociales que desafían los marcos tradicionales, se plantea que el diseño no es una práctica exclusivamente humana, sino un proceso emergente y relacional en el que interactúan múltiples inteligencias no humanas, animal, vegetal, algorítmica, simbiótica y micelial. A través del análisis de casos paradigmáticos, se argumenta que estas formas de cognición descentralizada pueden inspirar nuevas metodologías y pedagogías para la formación en diseño. Se propone un marco de aprendizaje multisistémico basado en la enacción distribuida, la co-agencia, la sensibilidad multiescalar y los modelos biomiméticos-críticos, todo orientado a formar diseñadores capaces de aprender y crear junto con otros sistemas vivos y tecnológicos.

Palabras clave: Inteligencias no humanas - diseño multisistémico - enacción

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 52-53]

^(*) Doctor en Arte por la Universidad Autónoma de Barcelona. Profesor-Investigador en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Investigador Nacional CONAHCYT SNII Nivel II. <https://orcid.org/0000-0002-7076-8790> gerardo.vazquezrd@uanl.edu.mx, gerardo7vazquez@gmail.com

Introducción: el aprendizaje en diseño en tiempos de crisis

El campo del diseño contemporáneo atraviesa una encrucijada histórica. Las crisis ecológicas, la aceleración tecnológica, las migraciones forzadas, la automatización y la irrupción de inteligencias no humanas han desestabilizado los fundamentos tradicionales de la educación en diseño. En este escenario incierto, ya no es posible concebir el diseño como una práctica racional centrada exclusivamente en la agencia humana, ni el aprendizaje como un proceso lineal o acumulativo.

Durante décadas, la formación del diseñador se sostuvo en paradigmas modernos: el sujeto experto, heredero del humanismo ilustrado, capaz de analizar, idear y controlar. Este modelo, funcional en contextos estables, se vuelve insuficiente frente a un mundo interdependiente y adaptativo (Escobar, 2018; Manzini, 2015). Hoy, el diseño se reconoce como una actividad distribuida entre múltiples actores —biológicos, técnicos y simbióticos— y el aprendizaje como un fenómeno emergente en redes de co-aprendizaje multiespecie y multisistémicas.

Desde esta premisa, surge la pregunta: ¿qué significa aprender a diseñar en un mundo donde la inteligencia no es exclusiva del ser humano? Este artículo propone repensar el aprendizaje desde la teoría de los sistemas complejos adaptativos (Holland, 1992; Mitchell, 2009) y la enacción (Varela, Thompson y Rosch, 1991), integrando aportes de la ecología cognitiva y la filosofía posthumanista.

Aprender a diseñar, en este marco, no consiste en adquirir técnicas o metodologías, sino en aprender a aprender con otros sistemas vivos e inteligentes: plantas que se adaptan, hongos que comunican, algoritmos que interpretan, insectos que deciden sin jerarquía. El diseñador se convierte en un nodo sensible dentro de una red de co-aprendizaje y adaptación.

Este cambio exige transformar las estructuras educativas: sustituir el control por apertura, la linealidad por atención a la emergencia y el antropocentrismo por la inteligencia distribuida. Como advierte Tsing (2015), diseñar en tiempos de incertidumbre implica “componer con otros” en condiciones de interdependencia.

En consecuencia, este artículo desarrolla un marco conceptual para repensar el aprendizaje del diseño en clave ecológica y compleja, ilustrado con casos donde inteligencias no humanas —de las redes miceliales a las neuronales artificiales— inspiran nuevas formas de co-agencia y aprendizaje. Finalmente, se proponen principios pedagógicos orientados a formar diseñadores como intérpretes, mediadores y co-creadores en un mundo vivo.

Fundamentos de la inteligencia no humana desde la complejidad: emergencia, cognosis y enacción

La noción de inteligencias no humanas ha emergido progresivamente como una categoría crítica frente a las concepciones tradicionales de la inteligencia, históricamente asociadas en exclusiva al ser humano. Su conceptualización ha atravesado distintas etapas históricas, científicas y filosóficas, que permiten reconstruir su significado actual desde el pensamiento complejo, posthumanista y ecológico.

En su desarrollo moderno, la inteligencia ha sido entendida como una capacidad típicamente humana, vinculada a la razón, la lógica, la abstracción y la manipulación simbólica (Piaget, 2001; Bruner, 1960; Gardner, 2006; Turing, 1950; Boden, 2006)¹. Esta visión se consolidó con el auge del racionalismo cartesiano y la psicología cognitiva² del siglo XX, la cual tendió a reducir la inteligencia a un conjunto de operaciones internas de tipo lógico-formal para la resolución de problemas.

Bajo este paradigma, las especies no humanas fueron consideradas organismos guiados por instintos, carentes de procesos mentales complejos y, por tanto, sin inteligencia en sentido estricto. Sin embargo, a partir de mediados del siglo XX comenzaron a surgir fisuras en este modelo. La etología³, particularmente a través de figuras como Konrad Lorenz (1973) y Nikolas Tinbergen (1963), demostró que numerosos animales poseen capacidades cognitivas sofisticadas, adaptativas y socialmente organizadas. Investigaciones posteriores en primates, delfines, cuervos o pulpos evidenciaron conductas que implican planeación, uso de herramientas, resolución de problemas y transmisión cultural, desafiando la idea de una inteligencia exclusivamente humana (Griffin, 2001).

De forma paralela, los avances en cibernética e inteligencia artificial abrieron el debate sobre la posibilidad de que sistemas no biológicos también pudieran manifestar formas de inteligencia. Norbert Wiener (1948) y Alan Turing (1950) propusieron modelos en los que la inteligencia se entiende como un conjunto de operaciones de retroalimentación, procesamiento de información y adaptación, no necesariamente ligadas a la conciencia o a la biología. Esto amplió el campo conceptual hacia formas de inteligencia algorítmica o artificial, que más adelante serían retomadas por el desarrollo de redes neuronales y el aprendizaje automático.

En décadas recientes, investigaciones en biología vegetal y ecología simbiótica han llevado aún más lejos esta expansión conceptual, introduciendo la noción de inteligencia en organismos sin sistema nervioso central. Autores como Stefano Mancuso y Michael Marder han argumentado que las plantas manifiestan capacidades de memoria, comunicación, aprendizaje y toma de decisiones distribuidas, desafiando así el antropocentrismo cognitivo (Mancuso y Viola, 2015; Marder, 2013). De modo similar, Donna Haraway (2003) y Anna Tsing (2015) han propuesto comprender las relaciones interespecie y los ensamblajes ecológicos como formas de agencia no humana, reconociendo procesos cognitivos en sistemas colectivos como los bosques, los hongos o las comunidades simbióticas.

Este desarrollo converge con la perspectiva posthumanista y enactivista, que no solo reconoce inteligencia en otros seres vivos, sino que redefine la inteligencia misma como una propiedad emergente de sistemas vivos en interacción. Desde esta perspectiva, la inteligencia no implica necesariamente representación mental, sino una capacidad de adaptación, aprendizaje y co-regulación con el entorno. Francisco Varela y Evan Thompson, por ejemplo, conciben la cognición como una actividad enactiva, encarnada y situada, lo que permite pensar que cualquier sistema capaz de establecer acoplamientos estructurales sostenidos con su entorno puede manifestar formas de cognición y, por ende, de inteligencia (Varela, Thompson y Rosch, 1991).

Así, el concepto de inteligencias no humanas no alude simplemente a una réplica atenuada de la inteligencia humana en otras especies o sistemas, sino a formas radicalmente distintas de procesar, interpretar y responder al mundo, muchas veces sin lenguaje, sin representación simbólica y sin una unidad centralizada de conciencia. Lo no humano no es lo menos inteligente, sino lo distinto en su modo de conocer y de existir.

Desde esta genealogía, proponemos definir las inteligencias no humanas como formas de cognición emergente que se manifiestan en sistemas vivos o artificiales no humanos, caracterizadas por su capacidad de adaptación, aprendizaje y respuesta situada, cuya estructura no se basa en representaciones simbólicas centralizadas, sino en dinámicas rela-

cionales distribuidas, encarnadas y contextualmente acopladas al entorno. Esta definición reconoce que la inteligencia no es una propiedad esencial de un tipo de sujeto, sino una relación procesual entre un sistema y su mundo, capaz de producir sentido, orientar acciones y sostener formas de vida. Lejos de ser una mera extensión metafórica de la inteligencia humana, las inteligencias no humanas evidencian que lo cognitivo puede tomar múltiples formas, muchas de las cuales nos obligan a repensar los límites del conocimiento, la ética y el diseño.

Más allá de la precisión de esta definición, resulta relevante evidenciar que las inteligencias no humanas, ya sean animales, vegetales, algorítmicas o simbióticas, no se manifiestan de forma lineal ni jerárquica, sino que emergen a partir de interacciones múltiples, contextuales y adaptativas. Su estudio exige un enfoque que no se limite a describir funciones internas ni estructuras fijas, sino que permita comprender cómo surgen, se organizan y se transforman en sistemas abiertos, dinámicos y adaptativos. Por ello, sostenemos que la teoría de los sistemas complejos adaptativos (SCA) constituye el marco más adecuado para abordar esta diversidad de formas cognitivas, ya que ofrece herramientas conceptuales para pensar la cognición como una propiedad emergente de la interacción entre múltiples elementos, situada en contextos cambiantes, irreducible a entidades individuales y atravesada por bucles de retroalimentación que generan patrones diversos de sentido y organización.

Partir del enfoque de los sistemas complejos adaptativos para el estudio de las inteligencias no humanas no solo sería metodológicamente pertinente, sino también epistemológicamente coherente con la naturaleza misma de los fenómenos a estudiar.

En términos generales, los SCA se caracterizan por su capacidad de autoorganización, emergencia, adaptabilidad y aprendizaje distribuido (Holland, 1992; Mitchell, 2009). A diferencia de los enfoques reduccionistas clásicos, propios de la ciencia cartesiana-newtoniana, que intentan comprender los fenómenos fragmentándose en partes independientes, los SCA reconocen que los sistemas vivos y sociales solo pueden entenderse dentro de sus dinámicas interactivas.

Es importante aclarar que la complejidad no equivale a complicación, se refiere, más bien, a una red de relaciones donde múltiples elementos interactúan no de manera lineal, sino mediante retroalimentaciones, acoplamientos y coevoluciones. Esta categoría incluye desde ecosistemas y organismos hasta culturas, instituciones, cerebros, ciudades y redes tecnológicas.

La propiedad clave que define a estos sistemas no es su composición material, sino su comportamiento emergente, es decir, la aparición de propiedades globales no deducibles a partir del análisis de sus componentes por separado. Este principio desafía la lógica reduccionista de la ciencia clásica, al mostrar que ciertos fenómenos solo pueden comprenderse a través de las relaciones entre los elementos que componen el sistema (Mitchell, 2009; Morin, 2005). Tales propiedades emergentes surgen cuando múltiples elementos se relacionan siguiendo reglas locales simples, produciendo efectos globales que reorganizan el sistema de formas imprevisibles desde una perspectiva lineal. En este sentido, las propiedades del todo no están contenidas en las partes, sino que aparecen únicamente a partir de sus interacciones en red. Esta perspectiva desafía los supuestos cartesianos de causalidad lineal y control predictivo, dando lugar a una epistemología relacional, donde el conocimiento es situado, contextual y dinámico.

Esta noción de emergencia es clave para pensar la inteligencia en términos no antropocéntricos. Por ejemplo, en una colonia de hormigas o en una red micelial, no existe un centro de mando que coordine el sistema; sin embargo, este exhibe comportamientos organizados, adaptativos y eficientes. Este tipo de cognición distribuida solo puede entenderse si concebimos la inteligencia como un fenómeno relacional, no atribuible a un individuo aislado.

A diferencia del modelo cognitivista clásico, que asume una inteligencia encapsulada⁴ y simbólica dentro de un agente individual, el enfoque de SCA permite comprender la inteligencia como una propiedad emergente del sistema en interacción con su entorno. En esta línea, el enactivismo (Varela, Thompson y Rosch, 1991) sostiene que el conocimiento surge del acoplamiento estructural entre el organismo y su medio. Así, la cognición no reside en representaciones internas, sino en la relación dinámica que se establece con el entorno.

Muchas inteligencias no humanas operan más allá del lenguaje, de la conciencia o incluso de un cuerpo individualizado. Las plantas, por ejemplo, pueden recordar patrones ambientales y modificar su crecimiento en función de experiencias previas (Mancuso y Viola, 2015), mientras que los algoritmos de aprendizaje profundo adaptan sus funciones en función de datos masivos sin requerir representación simbólica. En ambos casos, la inteligencia es adaptativa, sistémica y distribuida, y por ello exige un marco teórico capaz de modelar sus propiedades emergentes.

En síntesis, la teoría de los sistemas complejos adaptativos ofrece el andamiaje conceptual necesario para pensar la inteligencia más allá del sujeto moderno. Permite observar cómo surgen capacidades cognitivas en sistemas sin centro, sin control jerárquico, pero con memoria, aprendizaje y creatividad colectiva. Esta transformación del enfoque no solo amplía el campo de lo que entendemos por inteligencia, sino que también reconfigura la epistemología del conocimiento: ya no es acumulación de representaciones internas, sino fenómeno encarnado, situado y relacional.

La inteligencia, en tanto propiedad emergente de la adaptación, no reside en entidades discretas, sino que se manifiesta en la capacidad del sistema para acoplarse, transformarse y aprender en relación con su entorno. La noción de emergencia permite así vincular lo micro y lo macro, lo individual y lo colectivo, lo biológico y lo simbólico. En términos filosóficos, la emergencia funciona como un puente ontológico y epistémico que sostiene la idea de que la cognición no es una propiedad de un agente racional, sino un proceso distribuido, enactivista y situado, que emerge de la co-adaptación entre elementos vivos en sistemas complejos. Esta visión no solo descentra al sujeto cognoscente, sino que propone una nueva forma de comprender la inteligencia como un fenómeno ecológico, relacional y encarnado.

Un ejemplo elocuente puede encontrarse en la biología, particularmente en el comportamiento de los enjambres de abejas. Cada abeja cuenta con capacidades cognitivas limitadas y carece de una visión global del conjunto. Sin embargo, mediante interacciones locales, como señales químicas (feromonas) y danzas comunicativas, el grupo toma decisiones altamente eficientes, como la selección del sitio óptimo para una nueva colmena. Esta inteligencia de enjambre no reside en una abeja individual, sino que emerge de las interacciones distribuidas entre todas ellas (Camazine et al., 2003). La inteligencia, en este caso, no está “en” las abejas, sino “entre” ellas.

De modo análogo, en el plano humano, las culturas urbanas pueden ser entendidas como sistemas complejos adaptativos cuyas propiedades emergentes tampoco son atribuibles a

un solo individuo o institución. La forma en que una ciudad desarrolla normas de comportamiento en el espacio público, estilos de vida compartidos, o imaginarios colectivos sobre el orden urbano, no puede explicarse por la mera suma de decisiones individuales. Estas configuraciones emergen de la multiplicidad de interacciones entre habitantes, instituciones, discursos, objetos y arquitecturas a lo largo del tiempo. Por ejemplo, el modo en que “se habita” el espacio público en ciudades como Medellín, Barcelona o Ciudad de México no es una política ni una costumbre impuesta desde arriba, sino una red densa de prácticas, resistencias, símbolos y afectos que se entrelazan históricamente. La cultura urbana, en este sentido, es una propiedad global emergente de un sistema social distribuido (De Landa, 2006; Ingold, 2011). En ambos casos, el aprendizaje y la producción de sentido no dependen de un agente central, sino que emergen de redes de interacción.

Por tanto, asumir la emergencia como rasgo constitutivo de los sistemas complejos implica una relectura profunda de las formas en que concebimos el aprendizaje y la producción de conocimiento de un individuo y su comunidad inmediata. Ya no basta con centrarse en las capacidades individuales o en los contenidos estáticos, sería necesario comprender cómo las redes de interacción generan nuevas formas emergentes, de interpretación de la realidad y de adaptación, tanto a nivel individual como colectivo.

Inteligencias no humanas en prácticas de diseño: casos y potencialidades

Criterios metodológicos para la selección de casos: hacia una cartografía de inteligencias no humanas en diseño

La elección de los casos de estudio presentados en este artículo no responde a una función ilustrativa ni anecdótica, sino a una estrategia metodológica coherente con los postulados epistemológicos del enfoque complejo y enactivista que guía esta investigación. En consecuencia, se optó por un conjunto representativo de ejemplos que permite trazar una cartografía diversa, sistemática y conceptualmente sólida de distintas formas de inteligencia no humana con potencial implicación en prácticas de diseño contemporáneo. En primer lugar, se estableció como criterio general de pertinencia teórica que los casos seleccionados debían poner en cuestión la noción clásica de inteligencia como facultad exclusivamente humana, racional, simbólica y centralizada. Todos los casos escogidos operan, en cambio, desde lógicas cognitivas distribuidas, relacionales, emergentes y no antropocéntricas, en plena consonancia con los marcos de los sistemas complejos adaptativos (SCA), la cognición enactiva y el pensamiento posthumanista.

En segundo lugar, se aplicó un criterio de diversidad ontológica y taxonómica, seleccionando ejemplos provenientes de distintos reinos biológicos (animalia, plantae, fungi), así como de sistemas no biológicos (algoritmos de inteligencia artificial) y sistemas simbióticos transespecie (biotecnología colaborativa). Esta distribución permite cubrir un espectro amplio de formas de cognición, sin reducir la discusión a casos homólogos o demasiado próximos a la cognición humana.

Un tercer criterio fue la relevancia en el campo del diseño, ya sea en términos reales, especulativos o experimentales. Todos los casos implican formas actuales o potenciales

de interacción con procesos proyectuales, materiales, espaciales o simbólicos. Se buscó así no solo documentar fenómenos cognitivos no humanos, sino también abrir líneas de indagación hacia formas de diseño que reconozcan, colaboren o se inspiren en dichas inteligencias.

También se aplicó un criterio de validez científica y actualización teórica, priorizando casos respaldados por investigaciones recientes, tanto en el campo de las ciencias naturales y cognitivas como en los estudios de diseño, biotecnología, ecología o teoría crítica. Se evitó así caer en ejemplos especulativos sin base empírica suficiente o en generalizaciones excesivas sin sustento.

Finalmente, se asumió un criterio epistémico de ejemplaridad heurística: cada caso seleccionado no es solo un ejemplo aislado, sino que permite visibilizar principios más amplios del funcionamiento de las inteligencias no humanas, como la autoorganización, la memoria distribuida, la toma de decisiones colectiva o la generación de sentido sin representación simbólica.

Esta metodología de selección no aspira a agotar el universo posible de inteligencias no humanas, sino a ofrecer un conjunto articulado de ejemplos paradigmáticos que permitan repensar la relación entre cognición y diseño desde una perspectiva transdisciplinaria, ecológica y posthumanista. En suma, los casos escogidos constituyen una plataforma para indagar cómo lo no humano también diseña, transforma, aprende y co-evoluciona con su entorno, fuera del marco antropocéntrico que ha dominado históricamente las teorías del conocimiento y del proyecto.

Arquitectura animal: los panales de abejas, los nidos de termitas y los sistemas de irrigación de las hormigas como modelos biomiméticos

Uno de los campos donde se ha reconocido con mayor claridad la pertinencia de estudiar las inteligencias no humanas para el diseño es la arquitectura animal. Desde una perspectiva biomimética, diversas especies han sido fuente de inspiración para soluciones estructurales, térmicas y organizacionales altamente eficientes. Esta biomimética no se basa únicamente en la imitación formal de estructuras naturales, sino en la comprensión de los principios adaptativos que permiten su emergencia, estabilidad y funcionalidad dentro de un ecosistema. Como lo señala Janine Benyus (1997), el biomimetismo invita a “ver la naturaleza como modelo, medida y mentora”, es decir, como una inteligencia encarnada en formas vivas que resuelven problemas de diseño sin recurrir a representación simbólica o planificación consciente.

En este contexto, el panal hexagonal de las abejas constituye un caso paradigmático. Lejos de ser un producto de un diseño deliberado individual, su estructura emerge de comportamientos simples y repetitivos de cada abeja obrera, que, guiadas por señales químicas, térmicas y posicionales, construyen una red eficiente en términos de almacenamiento, resistencia estructural y economía de material. Investigaciones en morfología y física de materiales han mostrado que el patrón hexagonal no sólo optimiza el uso de cera, sino que proporciona una excelente resistencia estructural con una mínima inversión energética (Pirk et al., 2004). Esta inteligencia de enjambre, como ha sido conceptualizada por Bonabeau, Dorigo y Theraulaz (1999), se manifiesta como una forma de cognición colectiva distribuida, sin centro de control, pero con alta capacidad de adaptación y eficacia funcional.

Otro ejemplo notable es el de los nidos de termitas del género *Macrotermes*, los cuales funcionan como verdaderas arquitecturas bioclimáticas. Estas estructuras —frecuentemente de varios metros de altura— poseen un sistema complejo de ventilación pasiva que regula la temperatura y la humedad interna, incluso en entornos áridos y fluctuantes (Fig.1). El nido, construido por millones de termitas sin una coordinación central, opera como un sistema térmico adaptativo que permite el cultivo interno de hongos simbióticos, fundamentales para su dieta (Turner, 2000). Este caso revela no sólo una inteligencia constructiva, sino también una integración ecológica y simbiótica que supera los límites de la planificación humana tradicional. En años recientes, estos sistemas han inspirado proyectos arquitectónicos bioclimáticos, como el Eastgate Centre en Harare, Zimbabue, diseñado por Mick Pearce (1996) (Fig.2), el cual utiliza principios de ventilación similares para reducir el consumo energético, validando así el potencial del diseño biomimético aplicado (Never Enough Architecture. s.f.).

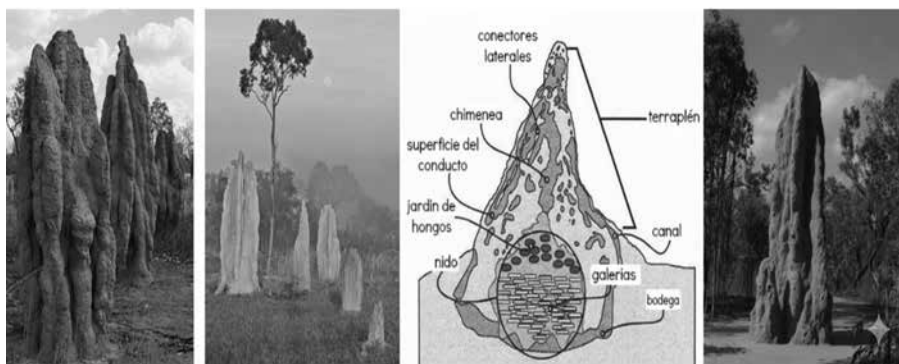


Fig. 1. Nidos de termitas del género *Macrotermes*, los cuales funcionan como arquitecturas bioclimáticas. Estas estructuras, frecuentemente de varios metros de altura, poseen un sistema complejo de ventilación pasiva que regula la temperatura y la humedad interna, incluso en entornos áridos y fluctuantes. Fuente: BZ Arquitectura (s.f.). *Arquitectura de termitas*. Recuperado de <http://bzarquitectura.com/arquitectura-de-termitas/>

Asimismo, los sistemas de irrigación subterráneos generados por ciertas especies de hormigas, como las del género *Atta*, representan una forma de ingeniería orgánica emergente. Mediante túneles que canalizan la humedad, distribuyen nutrientes y facilitan el cultivo de hongos mutualistas, las hormigas logran sostener ecosistemas internos autorregulados (Hölldobler y Wilson, 1990). Este tipo de organización espacial funcional se ha considerado en investigaciones sobre infraestructura verde, sistemas de captación de agua y diseño de drenaje urbano descentralizado, particularmente en entornos donde las soluciones deben ser resilientes, autorreguladas y de bajo costo energético (Kennedy et al., 2015).

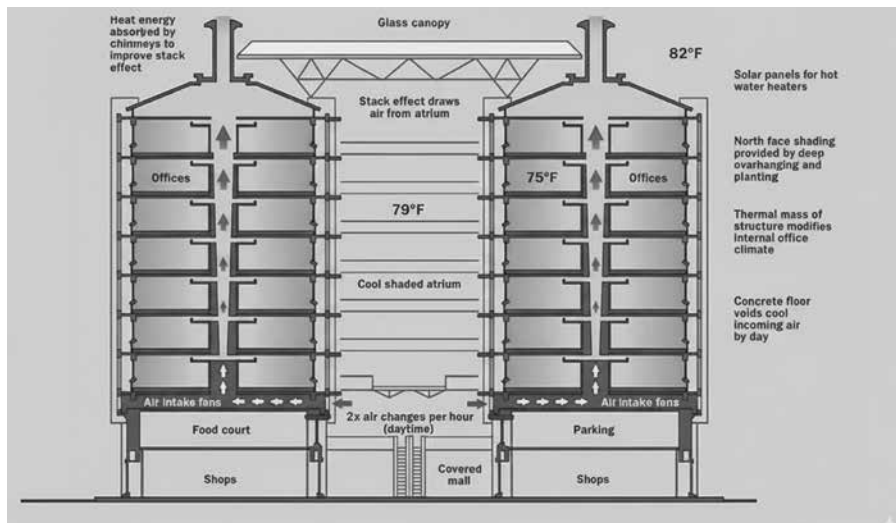


Fig. 2. Vista del Eastgate Centre, Harare, Zimbabwe, diseño bioclimático inspirado en termitas.

Fuente: Never Enough Architecture (s.f.). El Centro Eastgate. Recuperado de <https://neverenougharchitecture.com/es/project/el-centro-eastgate/>

Estos ejemplos muestran que la inteligencia no humana no debe entenderse como una versión reducida de la racionalidad humana, sino como una forma compleja y adaptativa de cognosis distribuida, emergente y situada. Las estructuras construidas por estos insectos no resultan de una conciencia planificadora ni de un diseño top-down, sino de un conjunto de reglas simples y acoplamientos locales que, al interactuar, generan organización espacial funcional. En ese sentido, estos sistemas se alinean perfectamente con el enfoque de los sistemas complejos adaptativos, en los que la arquitectura, el comportamiento y la función emergen de las dinámicas del conjunto y no de la suma de las partes.

El reconocimiento de estas inteligencias arquitectónicas no humanas abre un horizonte para el diseño contemporáneo: no se trata solamente de imitar la forma de los panales o los nidos, sino de aprender de sus principios organizativos, de su economía energética, de su resiliencia ante entornos cambiantes y de su capacidad de integrarse simbióticamente a los ecosistemas donde se desarrollan. Más aún, permiten reformular la noción misma de diseño como una actividad humana centrada, hacia una comprensión más amplia, donde el diseño es un fenómeno emergente que puede manifestarse en sistemas no humanos, siempre que exista una interacción adaptativa con el entorno.

Inteligencia vegetal: raíces que toman decisiones, plantas que memorizan y mecanismos de adaptación morfológica

Durante siglos, las plantas fueron consideradas organismos pasivos, reactivos y carentes de inteligencia. Este juicio obedecía a una visión antropocéntrica y animalocéntrica de la cognición, que privilegiaba el movimiento rápido, la presencia de un sistema nervioso central y la manifestación de voluntad observable como criterios para definir la inteligencia. Sin embargo, investigaciones recientes en neurobiología vegetal, fisiología y ecología han desafiado radicalmente estos supuestos, al mostrar que las plantas poseen formas complejas de percepción, toma de decisiones, aprendizaje y memoria, que operan sin sistema nervioso ni cerebro, pero con una capacidad adaptativa distribuida extraordinaria (Mancuso y Viola, 2015).

Uno de los fenómenos más fascinantes documentados por la neurobiología vegetal es la capacidad de las raíces para explorar activamente el suelo, evaluar condiciones de humedad, densidad, salinidad, presencia de nutrientes o de organismos simbióticos o patógenos, y modificar su trayectoria en consecuencia. Este comportamiento ha sido interpretado como una forma de “toma de decisiones” descentralizada, en la que cada punta radical actúa como una unidad sensorial y ejecutora, pero conectada a una red mayor que coordina sus respuestas colectivas. Las raíces no solo siguen gradientes químicos: desarrollan estrategias diferenciadas según el contexto, e incluso muestran capacidades de competencia o cooperación con otras plantas, en función de relaciones ecológicas previas (Gagliano et al., 2012).

Aún más provocador resulta el hallazgo de que ciertas plantas pueden “recordar” estímulos pasados y modificar su comportamiento con base en experiencias previas. El caso de *Mimosa pudica*, una planta cuyas hojas se repliegan al ser tocadas, ha sido especialmente ilustrativo. Estudios experimentales han demostrado que, tras una serie de estímulos no dañinos repetidos, la planta deja de cerrar sus hojas, manteniendo esta respuesta durante días, lo que sugiere la existencia de una memoria no asociada a cambios estructurales fijos, sino a procesos fisiológicos reversibles (Gagliano et al., 2014). Este tipo de aprendizaje no asociativo ha sido catalogado como habituación, una forma elemental de memoria adaptativa, que sin embargo pone en entredicho los límites tradicionales de la cognición. Desde la perspectiva del diseño, estas capacidades abren caminos conceptuales y metodológicos para pensar dispositivos, materiales o arquitecturas sensibles al entorno, capaces de adaptarse sin necesidad de control centralizado ni programación previa rígida. La planta no reacciona mecánicamente, sino que acopla sus formas, ritmos y trayectorias a los flujos dinámicos de luz, agua, temperatura y gravedad. Este comportamiento morfológico, conocido como tropismo, no se limita a respuestas automáticas, sino que puede interpretarse como una forma de morfogénesis cognitiva, donde la planta ajusta su desarrollo estructural según condiciones locales cambiantes. Tal principio puede inspirar formas de diseño regenerativo, que no impongan una forma acabada al entorno, sino que generen condiciones para que las estructuras evolucionen y se acoplen al ecosistema que habitan. Este enfoque ha sido explorado en el diseño arquitectónico por prácticas como biodesign, living architecture y proyectos de crecimiento asistido de estructuras vegetales, donde la arquitectura no se diseña como objeto terminado, sino como un proceso de co-crecimiento entre especies, tecnologías y ambientes. En estas propuestas, la inteligencia vegetal no

es un dato decorativo o metafórico, sino un principio operativo que redefine los modos de proyectar y construir: el diseño no se impone, sino que se acompaña y se negocia en una simbiosis continua.

Un ejemplo concreto que encarna este principio de morfogénesis cognitiva inspirada en el tropismo vegetal es el proyecto “Fab Tree Hab” desarrollado por el MIT y el arquitecto Mitchell Joachim (Joachim, M., y Kennedy, J. 2006). Esta propuesta de vivienda se basa en entrelazar, guiar y modelar el crecimiento de árboles vivos para formar las paredes, techos y estructuras portantes de una casa.

En lugar de construir una casa a partir de materiales muertos o prefabricados, el proceso de diseño implica una colaboración activa con los ritmos del crecimiento vegetal, utilizando técnicas de injerto (pleaching) y guía de ramas, integrando conocimientos de botánica, arquitectura y ecología. Así, el diseño no impone una forma final, sino que establece condiciones para que la estructura evolucione de forma adaptativa en el tiempo, según el entorno, el clima y la respuesta viva de los árboles (*Fig.3*).



Fig. 3. “Fab Tree Hab” desarrollado por el MIT y el arquitecto Mitchell Joachim (2006).

Fab Tree Hab: A living tree-based home. ArchDaily.

Recuperado el 6/10/2025, de <https://www.terreform.org/fab-tree-hab>

Este enfoque encarna la idea de que el diseño puede operar como un sistema regenerativo y negociado, más próximo a una ecología que a una ingeniería, y que la “inteligencia vegetal”, expresada en su capacidad de adaptación, plasticidad morfológica y respuesta ambiental, puede ser un agente co-diseñador.

Por tanto, la inteligencia vegetal ofrece un modelo alternativo de cognición distribuida, silenciosa y encarnada, que no depende de símbolos, lenguaje ni planificación anticipada,

sino de una sensibilidad morfológica al entorno que se expresa en patrones de crecimiento, simbiosis, cooperación y memoria ambiental. Aprender de estas formas de vida implica reconocer que la inteligencia puede ser lenta, no lineal, plástica y profundamente ecológica. Su incorporación en prácticas de diseño no solo amplía el repertorio técnico y estético, sino que transforma ontológicamente la noción misma de agencia y creatividad.

Inteligencia algorítmica: redes neuronales generativas que diseñan objetos, espacios y estructuras con base en aprendizajes estadísticos

La aparición y desarrollo de redes neuronales artificiales ha transformado profundamente el panorama del diseño contemporáneo. En particular, las redes neuronales generativas, como las redes generativas antagónicas (GANs)⁵, los transformadores (Transformers)⁶ y los modelos de difusión, han demostrado una notable capacidad para producir imágenes, formas, estructuras, textos y objetos con un alto nivel de coherencia formal, novedad y adaptabilidad contextual. A diferencia de los algoritmos tradicionales, estas redes no se limitan a ejecutar instrucciones explícitas, sino que aprenden patrones, relaciones y distribuciones de datos mediante procesos de entrenamiento estadístico, construyendo modelos internos complejos capaces de generar nuevas instancias a partir de información previa.

En este sentido, las redes neuronales generativas constituyen una forma de inteligencia algorítmica no humana que, si bien carece de conciencia, corporalidad o intencionalidad, muestra capacidades de inferencia, extrapolación, analogía y síntesis visual-formal que desafían las nociones clásicas de creatividad como atributo exclusivamente humano. Desde un enfoque de sistemas complejos adaptativos, puede afirmarse que estas redes manifiestan formas emergentes de cognición no representacional: no se basan en reglas lógicas preestablecidas ni en símbolos explícitos, sino en la organización distribuida de pesos sinápticos que codifican regularidades en los datos a través de múltiples capas de procesamiento (LeCun, Bengio y Hinton, 2015).

Uno de los campos donde esta inteligencia algorítmica ha tenido mayor impacto es el del diseño generativo asistido por IA, donde arquitectos, artistas y diseñadores utilizan modelos entrenados para explorar espacios formales que desbordan la imaginación individual, permitiendo descubrir configuraciones estructurales, espaciales y objetuales que emergen del propio sistema. En estos casos, el diseñador humano no opera como un “creador absoluto” sino como un curador, orquestador o co-evolucionador del proceso generativo. La creatividad ya no es un acto de génesis desde la mente individual, sino el resultado de un acoplamiento entre la sensibilidad humana, el contexto proyectual y las potencias exploratorias del algoritmo.

McCormack et al. (2019) han descrito este fenómeno como una “hibridación cognitiva entre humanos y máquinas”, en la cual la agencia del diseñador se distribuye y se reformula en un entorno algorítmico. Esta hibridación no implica una delegación completa, ni una suplantación de la creatividad humana, sino una transformación de sus condiciones: el diseño se convierte en una práctica relacional, donde las inteligencias algorítmicas operan como entornos de pensamiento visual, exploradores de alternativas o intérpretes de estructuras latentes. La pregunta ya no es si la máquina puede diseñar como un humano, sino qué tipo de inteligencias no humanas emergen al dejar que el algoritmo “piense” desde su lógica estadística.

Un ejemplo concreto de colaboración entre inteligencia humana y algoritmos generativos puede encontrarse en el desarrollo de herramientas como Dreamcatcher, de la empresa Autodesk (Fig.4). Esta plataforma emplea redes neuronales artificiales para asistir procesos de diseño generativo en arquitectura y mobiliario, generando múltiples alternativas formales a partir de parámetros definidos por el usuario, como resistencia estructural, eficiencia material o restricciones económicas. A diferencia de enfoques tradicionales, el sistema no se limita a ejecutar instrucciones, sino que propone soluciones emergentes que responden de manera adaptativa a los objetivos y condiciones del entorno de diseño. De este modo, se configura un proceso de co-diseño en el que la máquina no sustituye al diseñador, sino que amplifica su agencia al explorar territorios formales que serían difíciles de anticipar en tiempos razonables mediante la sola intuición humana (McCormack, Gifford & Hutchings, 2019).

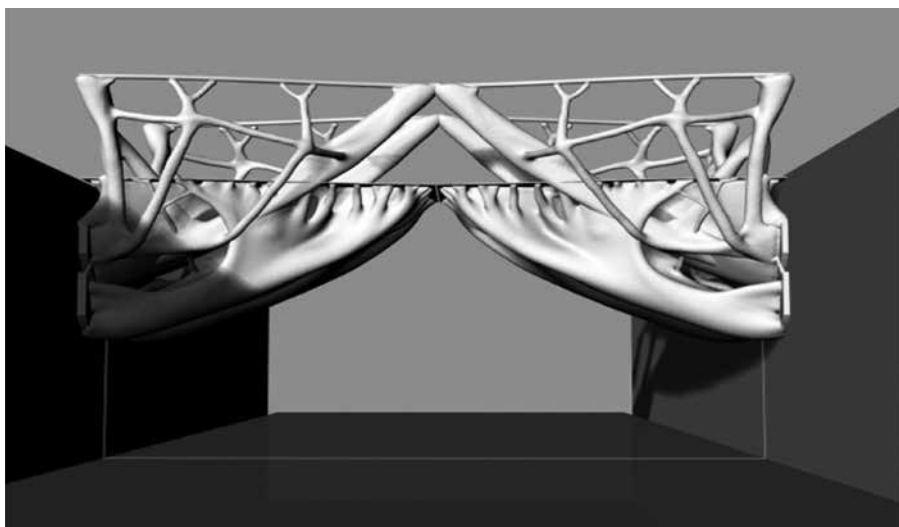


Fig.4. Modelo paramétrico de estructura de soporte, ejemplo del Proyecto Dreamcatcher de AUTODESK: It's Alive in the Lab. (2015, septiembre). Project Dreamcatcher: Literally Building Bridges to the Future [Imagen]. https://labs.blogs.com/its_alive_in_the_lab/2015/09/project-dreamcatcher-literally-building-bridges-to-the-future.html

Desde esta perspectiva, las redes neuronales generativas pueden entenderse como ecosistemas simbólicos complejos, que coevolucionan con los datos que reciben, el entrenamiento que experimentan y las decisiones que los humanos toman respecto a sus salidas. El sistema no tiene conciencia de sí, pero sí una capacidad de adaptación interna —ajuste de parámetros— que le permite responder, reformular y mutar frente a nuevas condiciones. En consecuencia, estas formas de inteligencia algorítmica nos obligan a repensar la autoría, el control y la intencionalidad en el diseño, así como a explorar marcos éticos y epistemológicos que no se centren exclusivamente en la racionalidad humana (Vázquez G, 2025).

Además, en ciertos procesos de diseño especulativo, se ha utilizado la lógica generativa de los algoritmos como herramienta para imaginar futuros alternativos, ecosistemas posibles o morfologías inexploradas. Aquí, el valor del algoritmo no reside solo en su eficacia técnica, sino en su capacidad heurística para desestabilizar las formas convencionales del pensamiento proyectual. El diseño se convierte, entonces, en un terreno compartido entre inteligencias humanas y no humanas, donde cada una aporta una forma distinta de ver, calcular y construir mundo.

Simbiogénesis y diseño: colaboraciones entre humanos y microorganismos en procesos biotecnológicos, diseño de materiales vivos, fermentaciones simbióticas

En las últimas décadas, el diseño contemporáneo ha comenzado a incorporar procesos simbióticos con microorganismos como parte integral de la creación material y conceptual. Esta tendencia responde a un giro epistemológico donde los organismos no humanos —bacterias, levaduras, hongos, algas, etc.— ya no son vistos únicamente como materias primas o recursos utilitarios, sino como agentes cognitivos y co-creadores en procesos híbridos que desdibujan las fronteras entre lo vivo y lo fabricado, lo natural y lo diseñado. Este enfoque se fundamenta en la idea de simbiogénesis, propuesta originalmente por Lynn Margulis (1998), quien sostuvo que la evolución no es producto exclusivo de la competencia darwiniana, sino del acoplamiento cooperativo entre organismos diferentes, especialmente a nivel microbiano. Desde esta perspectiva, la simbiosis deja de ser un fenómeno marginal para convertirse en un mecanismo central de emergencia biológica y cognitiva, donde distintas formas de vida se acoplan estructuralmente, generando nuevos organismos, capacidades y entornos. En el ámbito del diseño, esta lógica ha sido retomada por autoras como Heather Anne Swanson (2017), Anna Tsing (2015) o Natasha Myers (2018), quienes plantean que el pensamiento de diseño puede adoptar un carácter relacional, ecológico y performativo si reconoce que el conocimiento y la producción material emergen de ensamblajes transespecie, en los que humanos y no humanos colaboran activamente.

Un ejemplo concreto y paradigmático que ilustra este enfoque es el proyecto “The Scoby Packaging” desarrollado por la diseñadora polaca Roza Janusz. Este proyecto utiliza la fermentación simbiótica del kombucha, una colonia de bacterias y levaduras (SCOBY, por sus siglas en inglés), para producir envases biodegradables comestibles, diseñados principalmente para productos agrícolas de consumo local.

Durante el proceso, el SCOBY se cultiva en una solución de agua, azúcar y té verde, generando una biopelícula celulósica que crece de manera orgánica en función de las condiciones del entorno (temperatura, pH, humedad, tiempo de fermentación). Esta biopelícula es luego secada y moldeada como material de empaque. Lo fascinante es que la forma, grosor, textura y propiedades del material no son completamente controladas por la diseñadora, sino que emergen de la interacción entre el sistema simbiótico y el ambiente (Myers, 2018) *Fig. 5*.



Fig.5. Bolsas elaboradas como contenedores comestibles o de uso orgánico. La diseñadora polaca Roza Janusz desarrolló Scoby, una alternativa a los envases de plástico para alimentos que está hecha por bacterias y se puede comer o compostar después de su uso. Gran parte de los residuos plásticos del mundo proviene de plástico de un solo uso, incluido el material de embalaje. El material de Janusz ofrece una alternativa que no ensucia, sino que enriquece el medio ambiente.

Fuente: MaterialDistrict (2019), "SCOBY edible packaging material", recuperado de <https://materialdistrict.com/article/scoby-edible-packaging-material/>

En este caso, el rol del diseñador se desplaza desde la imposición formal hacia la curaduría ecológica de condiciones para que el material "diseñe" su propia morfología. Esto ejemplifica cómo una inteligencia distribuida entre especies y factores ambientales puede generar soluciones funcionales y sostenibles, coherentes con el paradigma de los sistemas complejos adaptativos y de la cognición no humana materialmente encarnada. Aquí, el papel del diseñador no es imponer una forma desde el exterior, sino orquestar condiciones de emergencia simbiótica, donde el sistema microbiano toma decisiones, responde y co-evoluciona con el proceso.

Puntualmente, desde el marco de los sistemas complejos adaptativos (SCA), estos ensamblajes pueden ser comprendidos como sistemas híbridos con propiedades cognitivas distribuidas, en los que la inteligencia no reside en un único agente, sino en la red de interacciones metabólicas, químicas, ambientales y simbólicas que sostienen el proceso (Vázquez Rodríguez, G. 2025). La cognición aquí se manifiesta como capacidad de adaptación y co-regulación entre especies, donde las decisiones de diseño no se derivan exclusivamente de una intención humana, sino del comportamiento colectivo y sensible del sistema simbiótico. La inteligencia se vuelve encarnada, performativa y relacional, desbordando las nociones convencionales de creatividad individual.

Este tipo de prácticas, que pueden englobarse bajo el campo del diseño biológico o diseño simbiogénico, no solo transforman las técnicas de producción, sino también las ontologías del diseño: ¿qué es un “material” cuando está vivo?, ¿quién diseña cuando múltiples especies están implicadas?, ¿qué significa proyectar cuando el resultado no es controlado sino negociado con otros seres vivos? Estas preguntas exigen replantear el rol del humano en los procesos creativos y reconocer que los microorganismos no solo participan como ejecutores bioquímicos, sino como formas de inteligencia no humana que median entre lo biológico, lo tecnológico y lo simbólico.

En síntesis, la simbiogénesis como principio organizador de procesos biotecnológicos y materiales en el diseño contemporáneo evidencia una ampliación epistémica de lo cognitivo. Los microorganismos, lejos de ser “vida inferior”, operan como co-creadores sensibles, adaptativos y generativos que nos obligan a redefinir tanto el diseño como la inteligencia. La práctica de diseño ya no puede limitarse a modelos mentales de representación formal, sino que debe abrirse a formas de cohabitación, de escucha ecológica y de colaboración interespecie que redefinen radicalmente lo que entendemos por hacer, pensar y habitar.

Inteligencia micelial: Redes fúngicas como sistemas de comunicación y toma de decisiones

En el marco del pensamiento ecológico contemporáneo y las ciencias de la complejidad, los hongos, especialmente sus redes miceliales subterráneas, han sido objeto de una renovada atención como sistemas vivos que exhiben formas de inteligencia no humana. Tradicionalmente marginados en los relatos clásicos de la biología y la cognición, los organismos fúngicos han mostrado poseer capacidades que desafían las taxonomías convencionales de lo vivo y lo cognitivo: comunicación interorganísmica, memoria ambiental, resolución de problemas, optimización de rutas y toma de decisiones distribuida (Sheldrake, 2020). El micelio, estructura filamentosa conformada por hifas, opera como una red subterránea interconectada que se extiende por cientos de metros o incluso kilómetros, formando verdaderas infraestructuras biológicas inteligentes. Estas redes no solo transportan nutrientes y señales químicas, sino que reaccionan a cambios ambientales, priorizan rutas de crecimiento, detectan fuentes de alimento, evitan zonas contaminadas y establecen relaciones simbióticas con árboles y plantas, conformando lo que Suzanne Simard ha denominado “Wood Wide Web”⁷ (Simard, 2021).

Este comportamiento colectivo ha sido comparado con el funcionamiento de sistemas neuronales, de tráfico o de telecomunicaciones, pero sin un centro de control o cerebro centralizado. Desde una perspectiva de sistemas complejos adaptativos (SCA), la red micelial se manifiesta como un sistema cognitivo distribuido, donde la información circula mediante retroalimentaciones químicas y físicas que modulan las decisiones del conjunto. Así, el micelio aprende, recuerda y adapta su comportamiento sin necesidad de órganos especializados ni representación simbólica, manifestando una inteligencia radicalmente diferente a la humana.

En el campo del diseño, estas propiedades han inspirado tanto investigaciones teóricas como aplicaciones prácticas. Por un lado, el modelo micelial ha sido explorado como metáfora organizacional para pensar formas no jerárquicas, resilientes y distribuidas de estructurar espacios, comunidades o sistemas productivos. Por otro, se han desarrollado

materiales derivados directamente del micelio, como biocompuestos para construcción, empaques, textiles y mobiliario, que no solo son biodegradables y de bajo impacto ambiental, sino que crecen de manera autoorganizada, adaptándose a moldes, condiciones de humedad, temperatura y nutrientes (Jones et al., 2020).

Un ejemplo concreto de aplicación de esta inteligencia micelial en el diseño es el trabajo de la empresa MycoWorks, que ha desarrollado un material denominado “Reishi”, un biotextil cultivado a partir de micelio. Este material se cultiva en condiciones controladas, utilizando el comportamiento adaptativo del micelio para conformar estructuras planas o tridimensionales con propiedades físicas específicas como resistencia, flexibilidad, textura y durabilidad (Fig.6). A diferencia del cuero animal, Reishi no requiere curtido tóxico, ni genera residuos significativos, y puede adaptarse a distintos formatos dependiendo de cómo se manipulan las variables ambientales (humedad, luz, nutrientes, contenedores de cultivo) (Simard, S. 2021). Además, lo notable es que este proceso no replica un diseño previo, sino que colabora con la capacidad autoorganizativa del micelio: el diseñador establece un entorno y parámetros iniciales, pero la forma final y las propiedades emergen del comportamiento adaptativo del hongo. Este es un caso emblemático de diseño co-creado con una inteligencia no humana, donde el conocimiento no se codifica simbólicamente, sino que se expresa mediante procesos metabólicos, químicos y físicos. El micelio, en este contexto, actúa como co-agente en la toma de decisiones formales y materiales, encarnando el paradigma del diseño como interacción con sistemas complejos vivos.



Fig.6. Colección de muebles elaborados con material micelial. Trabajo de la empresa MycoWorks.

Fuente: MycoWorks. (2021). Reishi: A New Class of Fine Mycelium™ Material.

Recuperado de <https://www.mycoworks.com>

En este tipo de aplicaciones, el diseñador no da forma directa al objeto, sino que colabora con el sistema micelial, creando las condiciones óptimas para que el material crezca y adopte formas viables. Se trata, por tanto, de un diseño en el que la agencia está compartida entre el humano y el hongo, y en el que la forma final es un resultado emergente del proceso de coadaptación entre especies y entorno. La inteligencia micelial no solo se convierte en un modelo inspirador, sino en un agente co-creador que introduce nuevas formas de pensar la materia, la forma, la temporalidad y la función.

Desde el punto de vista epistemológico, este enfoque implica una descentralización del sujeto diseñador y una relectura profunda del concepto de inteligencia. Lo cognitivo ya no es exclusivo del cerebro humano, ni del algoritmo digital, sino que se encuentra en los patrones organizativos que emergen de las interacciones locales entre elementos vivos. En este caso, el micelio nos muestra que la inteligencia puede ser silenciosa, subterránea, no consciente y aun así altamente eficiente, sensible y adaptativa.

En síntesis, el estudio y la colaboración con redes miceliales abren un campo fértil para el diseño como disciplina relacional, especulativa y ecológica. Lejos de ser meros insumos biológicos, los hongos miceliales revelan formas de vida que piensan sin pensar, que comunican sin hablar, y que diseñan sin diseñar, expandiendo radicalmente nuestras concepciones de agencia, conocimiento y creación material.

Estos casos expuestos no solo sirven como inspiración formal, intentan también invitar a pensar en metodologías colaborativas, en sensibilidad hacia procesos no lineales, y en formas de aprendizaje que no pasan por el control, sino por la apertura, la observación atenta y la co-adaptación. Cada una de estas inteligencias no humanas, animal, vegetal, algorítmica, simbiótica o fúngica, nos confronta con epistemologías distintas, en las que la resolución de problemas, la generación de estructuras o la toma de decisiones no dependen de un agente centralizado, sino de la dinámica relacional entre múltiples elementos.

En este sentido, el diseño deja de ser exclusivamente un acto proyectivo humano para convertirse en una interfaz entre inteligencias diversas, un terreno fértil donde se manifiestan formas emergentes de conocimiento. Estas manifestaciones no se reducen a modelos que podamos replicar literalmente, sino que abren posibilidades para repensar el diseño como una práctica que incorpora la incertidumbre, el tiempo lento, la emergencia espontánea y el aprendizaje mutuo. Nos interpelan a considerar cómo los sistemas vivos diseñan no solo estructuras, sino modos de existencia sostenibles, resilientes y evolutivos.

Así, el estudio de estas formas de inteligencia no humana no constituye una mera curiosidad biológica o tecnológica, sino una oportunidad crítica y metodológica para repensar nuestras formas de aprender a diseñar en un mundo interdependiente. En lugar de imponer soluciones desde un paradigma técnico-instrumental, estas formas de cognición invitan a diseñar con el entorno, con sus ritmos, señales y capacidades emergentes. Aprender a leer esas señales, a intervenir sin violentar, a modular en vez de controlar, se convierte en una de las competencias centrales del diseño contemporáneo. En última instancia, estos casos permiten imaginar una pedagogía del diseño que ya no se basa únicamente en la abstracción formal o la función técnica, sino en la escucha profunda, la colaboración inter-especies y el reconocimiento de una inteligencia más allá de lo humano.

Conclusiones: Reflexiones para repensar la educación del diseñador

Si el diseño es un fenómeno emergente, situado y relacional, como lo sugieren los casos analizados anteriormente, entonces la educación del diseñador debe expandirse hacia un aprendizaje multisistémico, capaz de incorporar otras formas de agencia, percepción y coevolución. Aceptar que el diseño ocurre en un mundo habitado por múltiples formas de vida e inteligencia implica una transformación radical en la manera en que se forma a quienes diseñan. Ya no basta con dotar al estudiante de herramientas técnicas o metodológicas orientadas a la resolución de problemas humanos.

Este viraje implica asumir que el diseño no es únicamente una práctica humana proyectada sobre el entorno, sino también una respuesta situada dentro de redes ecológicas, tecnológicas y simbióticas más amplias. En este sentido, educar para el diseño no puede continuar reproduciendo únicamente un modelo racionalista, centrado en la figura del sujeto creativo que domina la forma y controla el proceso. Por el contrario, se requiere formar sensibilidades capaces de colaborar con inteligencias no humanas, de escuchar lo que emerge fuera del lenguaje, y de actuar con responsabilidad frente a sistemas vivos complejos e interdependientes (Morales, A. 2024).

Entre las transformaciones clave que requiere esta reconfiguración pedagógica, se destacan las siguientes:

- Escuchar lo no humano. Educar al diseñador para que desarrolle una capacidad de escucha expandida, más allá de lo verbal, lo visual y lo antropocéntrico, es una tarea urgente (Vázquez Rodríguez, G. 2025). Esto supone integrar prácticas de observación etológica, botánica, micológica o computacional, capaces de registrar patrones, señales y comportamientos en seres vivos, máquinas y ecosistemas. Escuchar lo no humano no es una metáfora poética, sino una disposición epistemológica: implica atender a modos de vida y cognición que no responden a nuestras categorías habituales, pero que tienen agencia, memoria y respuesta propia.
- Aprender por inmersión y simbiosis, más que por imposición y control. Frente a una educación basada en la transmisión unidireccional del conocimiento, se plantea una pedagogía donde el aprendizaje ocurre a través del acoplamiento con sistemas vivos, la cohabitación con materiales, y la interacción continua con procesos abiertos. Esta idea se alinea con modelos de aprendizaje enactivo y enacción distribuida, donde conocer equivale a interactuar, co-evolucionar y transformarse junto con aquello que se estudia o diseña. De esta manera, el aula se convierte en un ecosistema experimental, donde estudiantes, entornos y tecnologías aprenden mutuamente.
- Aceptar la incertidumbre como condición inherente al diseño. En lugar de enseñar a eliminar la ambigüedad o controlar todas las variables del proceso, se propone asumir la incertidumbre como una característica estructural del diseño dentro de sistemas complejos (Morales, A. 2021). Formar diseñadores implica entonces dotarlos de herramientas para navegar lo incierto, reconocer lo emergente, y desarrollar estrategias de adaptación continua (esto incluye la capacidad de leer señales débiles, trabajar con feedbacks no lineales y generar soluciones contingentes, flexibles y evolutivas (Vázquez Rodríguez, G. 2024).

- Cultivar una sensibilidad ecológica y estética hacia sistemas complejos más que hacía objetos estáticos. El paso de una educación centrada en el objeto a una centrada en el sistema requiere una transformación profunda de los criterios de valoración estética y funcional. Se trata de promover una sensibilidad que valore la relacionalidad, la resiliencia, la variabilidad y la co-dependencia como cualidades del diseño, por encima de la forma pura o la funcionalidad aislada (Morales, A. 2025). Diseñar deja de ser una operación de forma sobre materia, para convertirse en una práctica de articulación entre elementos diversos en contextos vivos.

Este enfoque multisistémico de la educación para el diseño no implica una renuncia a la creatividad ni a la agencia humana, sino su reconfiguración dentro de un marco más amplio, ético y situado. El diseñador se convierte así en un mediador entre sistemas, un facilitador de acoplamientos adaptativos, y un intérprete de señales múltiples que provienen tanto del entorno natural como del artificial, del animal como del algorítmico, del simbiótico como del vegetal. En suma, se trata de formar diseñadores capaces de pensar y actuar en un mundo donde la inteligencia ya no es propiedad exclusiva del ser humano, sino un fenómeno distribuido que nos convoca a aprender con otros, desde otros y para otros modos de vida posibles.

Notas

1. Desde la psicología del desarrollo hasta la ciencia cognitiva temprana, la inteligencia ha sido entendida principalmente como una capacidad típicamente humana asociada a la razón, la abstracción y la manipulación simbólica, siguiendo un modelo racionalista y antropocéntrico que privilegia las operaciones lógico-formales y lingüísticas como núcleo del pensamiento (Piaget, 2001; Bruner, 1960; Gardner, 2006; Turing, 1950; Boden, 2006).
2. En psicología, la definición de “cognosis” se relaciona con el concepto de cognición, que es el procesamiento de información mediante funciones mentales. La cognición implica la capacidad de obtener información del entorno, interpretarla y darle significado a través de procesos como la percepción, memoria, atención, pensamiento y aprendizaje. En este ámbito, la cognición se entiende como la base del conocimiento, permitiendo a los individuos pensar, tomar decisiones y resolver problemas. Es un término amplio que se puede equiparar en gran medida con el pensamiento y es fundamental en la psicología cognitiva, que estudia cómo se manejan y procesan internamente los datos sensoriales y mentales para generar conocimiento funcional (Morales, M. 2018)
3. La etología es la disciplina científica que estudia el comportamiento de los animales, incluido el ser humano en algunas vertientes, en su contexto natural, prestando atención tanto a sus bases biológicas como a su función adaptativa. Su origen moderno se sitúa a mediados del siglo XX, cuando se consolidó como una rama de la biología con enfoque empírico y comparativo, diferenciándose de otras aproximaciones conductuales más centradas en entornos de laboratorio. Según Tinbergen (1963), uno de sus fundadores, la etología debe abordar cuatro preguntas fundamentales para comprender el comportamiento:

la causa inmediata, el desarrollo ontogenético, la función adaptativa y la evolución filogenética del comportamiento. Estas dimensiones permiten estudiar no solo qué hace un organismo, sino por qué y cómo ese comportamiento tiene sentido biológico en su entorno. Por su parte, Lorenz (1973), otro pionero de la disciplina, afirmó que la etología busca entender el comportamiento como un fenómeno natural con bases genéticas, pero también modelado por la experiencia y por la interacción dinámica con el entorno. Su trabajo con aves acuáticas y la formulación del concepto de impronta marcó un hito en el reconocimiento del aprendizaje temprano como factor clave del comportamiento animal. En síntesis, la etología no solo observa las acciones de los animales, sino que las interpreta como expresiones adaptativas de sistemas complejos vivos. Esta mirada ha sido clave para descentrar el paradigma exclusivamente humano de la cognición y abrir paso al estudio sistemático de las inteligencias no humanas, reconociendo formas de conocimiento, comunicación, memoria y toma de decisiones en múltiples especies.

4. David Marr (1982), uno de los referentes clave del enfoque cognitivista clásico, sostiene que la mente debe ser entendida como un sistema que procesa información mediante representaciones internas, y que, para comprender funciones cognitivas como la visión, es necesario especificar los algoritmos que transforman entradas sensoriales en salidas conductuales, de forma análoga a un programa computacional. En su modelo de tres niveles de análisis (computacional, algorítmico y de implementación), Marr separa explícitamente la cognición del cuerpo y del entorno, sosteniendo que el conocimiento es una actividad computacional ejecutada en el cerebro, independientemente del contexto de interacción.

5. Las redes generativas antagónicas (GANs) son un tipo de arquitectura de redes neuronales introducida por Ian Goodfellow (2014), compuesta por dos redes que compiten entre sí: un generador que produce datos sintéticos y un discriminador que evalúa su autenticidad. Esta dinámica permite generar imágenes, sonidos o textos con notable realismo, partiendo de datos previos sin necesidad de instrucciones explícitas.

6. Los Transformers son una arquitectura de aprendizaje profundo basada en mecanismos de atención, introducida por Vaswani et al. (2017). A diferencia de las redes recurrentes, los Transformers procesan secuencias completas de datos de forma paralela, lo que permite manejar grandes volúmenes de información contextual (como textos, códigos o imágenes) con alta eficiencia y precisión. Esta arquitectura ha sido la base de modelos de lenguaje avanzados como GPT y BERT.

7. El término “Wood Wide Web” fue acuñado por la ecóloga Suzanne Simard para referirse a las redes subterráneas de micorrizas que conectan árboles entre sí, facilitando el intercambio de nutrientes y señales químicas como forma de cooperación ecológica (Simard, 2021).

Bibliografía

- Barandiaran, X. E. (2008). *Mental life: A naturalized approach to the autonomy of cognitive agents* (Tesis doctoral inédita). Universidad del País Vasco.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. William Morrow.

- Bonabeau, E., Dorigo, M., y Theraulaz, G. (1999). *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Oxford University Press.
- Boden, M. A. (2006). *Mind as Machine: A History of Cognitive Science*. Oxford University Press.
- Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Harvard University Press.
- BZ Arquitectura. (s.f.). *Arquitectura de termitas*. Recuperado de <http://bzarquitectura.com/arquitectura-de-termitas/>
- Camazine, S., Deneubourg, J.-L., Franks, N. R., Sneyd, J., Theraulaz, G., & Bonabeau, E. (2003). *Self-Organization in Biological Systems*. Princeton University Press.
- DeLanda, M. (2006). *A New Philosophy of Society: Assemblage Theory and Social Complexity*. Continuum.
- Escobar, A. (2018). *Designs for the Pluriverse: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds*. Duke University Press.
- Gagliano, M., Renton, M., Depczynski, M., y Mancuso, S. (2014). Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia*, 175(1), 63–72. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2873-7>
- Gagliano, M., Ryan, J., y Vieira, P. (2012). Acoustic and magnetic communication in plants: Is it possible? *Plant Signaling & Behavior*, 7(10), 1346–1348. <https://doi.org/10.4161/psb.21378>
- Gardner, H. (1983/2006). *Inteligencias múltiples: La teoría en la práctica* (8.ª ed.). Paidós.
- Griffin, D. R. (2001). *Animal Minds: Beyond Cognition to Consciousness*. University of Chicago Press.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 27, 2672–2680. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2014/file/5ca3e9b122f61f8f06494c97b1afccf3-Paper.pdf
- Haraway, D. J. (2003). *The Companion Species Manifesto: Dogs, People, and Significant Otherness*. Prickly Paradigm Press.
- Haraway, D. J. (2016). *Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene*. Duke University Press.
- Hölldobler, B., y Wilson, E. O. (1990). *The Ants*. Harvard University Press.
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. MIT Press.
- Ingold, T. (2011). *Being Alive: Essays on Movement, Knowledge and Description*. Routledge.
- Joachim, M., & Kennedy, J. (2006). *Fab Tree Hab: A living tree-based home*. ArchDaily. Recuperado el 6/10/2025, de <https://www.terreform.org/fab-tree-hab>
- Jones, M., Bhat, T., Kandare, E., Thomas, A., Joseph, P., Dekiwadia, C., & John, S. (2020). A review of the mechanical properties of mycelium-based composites for application in product design. *Journal of Bionic Engineering*, 17(4), 611–641. <https://doi.org/10.1007/s42235-020-0046-y>
- Kennedy, E. B., Feiock, R. C., y Leland, S. M. (2015). *Resilient Infrastructure Systems: Concepts, Design and Applications*. CRC Press.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lorenz, K. (1973). *Foundations of Ethology*. Springer-Verlag.

- Mancuso, S., y Viola, A. (2015). *Brilliant Green: The Surprising History and Science of Plant Intelligence*. Island Press.
- Manzini, E. (2015). *Design, When Everybody Designs: An Introduction to Design for Social Innovation*. MIT Press
- Marder, M. (2013). *Plant-Thinking: A Philosophy of Vegetal Life*. Columbia University Press.
- Margulis, L. (1998). *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution*. Basic Books.
- McCormack, J., Gifford, T., y Hutchings, P. (2019). Autonomy, authenticity, authorship and intention in computer generated art. In *Computational Intelligence in Music, Sound, Art and Design: 8th International Conference, EvoMUSART 2019, Proceedings* (pp. 35–50). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16667-0_3
- MaterialDistrict. (2019, 18 de junio). SCOPY edible packaging material. MaterialDistrict. Recuperado de <https://materialdistrict.com/article/scoby-edible-packaging-material/>
- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press.
- Morales-Holguín, A. (2024). Complejidad e interdisciplinariedad como factor clave para el emprendimiento y desarrollo del diseñador. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, (228). <https://doi.org/10.18682/cdc.vi228.11322>
- Morales-Holguín, A. (2025). El impacto de la IA en el escenario que enfrenta el diseñador. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, (272). <https://doi.org/10.18682/cdc.vi272.12512>
- Morales-Holguín, A., y González Bello, E. (2021). Interdisciplinariedad en la formación universitaria del diseño gráfico: Entre la teoría y la práctica. *Educación*, 30(58). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/48194>
- Morin, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Myers, W. (2018). *Bio Design: Nature + Science + Creativity*. Thames & Hudson.
- MycoWorks. (2021). Reishi™: A New Class of Fine Mycelium™ Material. Recuperado de <https://www.mycoworks.com>
- Never Enough Architecture. (s.f.). El Centro Eastgate. <https://neverenougharchitecture.com/es/project/el-centro-eastgate/>
- Pearce, M. (1996). *Eastgate Centre, Harare, Zimbabwe [Project]*. Arup Associates.
- Piaget, J. (1950/2001). *La psicología de la inteligencia* (versión revisada). Ediciones Morata.
- Pirk, C. W. W., Hepburn, H. R., Radloff, S. E., y Tautz, J. (2004). Honeybee combs: construction through a liquid equilibrium process? *Naturwissenschaften*, 91(7), 350–353. <https://doi.org/10.1007/s00114-004-0539-3>
- Simard, S. (2021). *Finding the Mother Tree: Discovering the Wisdom of the Forest*. Knopf.
- Sheldrake, M. (2020). *Entangled Life: How Fungi Make Our Worlds, Change Our Minds & Shape Our Futures*. Random House.
- Swanson, H. A. (2017). Methods for multispecies anthropology: Thinking with salmon otoliths and scales. *Social Analysis*, 61(2), 81–99. <https://doi.org/10.3167/sa.2017.610206>
- Tinbergen, N. (1963). On aims and methods of ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 20(4), 410–433. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1963.tb01161.x>
- Tsing, A. L. (2015). *The Mushroom at the End of the World: On the Possibility of Life in Capitalist Ruins*. Princeton University Press.
- Turner, J. S. (2000). *The Extended Organism: The Physiology of Animal-Built Structures*.

- Harvard University Press.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Varela, F. J., Thompson, E., y Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. MIT Press.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 5998–6008. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Paper.pdf
- Vázquez Rodríguez, G. (2024). Prólogo. *Desafíos en el Diseño Contemporáneo: Perspectivas desde la Complejidad*. Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación, 27(228).
- Vázquez Rodríguez, G. (2025). Pensar el diseño desde la complejidad y lo imaginario. UANL. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/27931/1/27931.pdf>
- Vázquez, G. (2025). Inteligencia artificial y redes neuronales en el diseño de productos: Hibridación y creatividad humana. En Molar, E. et al. (Eds.), *Inteligencia Artificial (IA) desde la educación, teoría, arquitectura e investigación*. Recuperado de https://www.academia.edu/143856185/Inteligencia_artificial_y_redes_neuronales_en_el_dise%C3%B1o_de_productos_hibridaci%C3%B3n_y_creatividad_humana
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press.

Abstract: This article proposes rethinking design learning through the lens of complex adaptive systems theory and enactivism, incorporating insights from cognitive ecology and posthumanist philosophy. In the face of ecological, technological, and social crises that challenge traditional frameworks, it argues that design is not an exclusively human practice, but an emergent and relational process involving multiple non, human intelligences, animal, vegetal, algorithmic, symbiotic, and mycelial. Through the analysis of paradigmatic cases, the paper demonstrates how these forms of decentralized cognition can inspire new methodologies and pedagogies in design education. It proposes a multisystemic learning framework based on distributed enaction, co-agency, multiscale sensitivity, critical biomimetic models, and speculative pedagogies, aiming to form designers capable of learning and creating alongside other living and technological systems.

Keywords: Non-human intelligences - multisystemic design - enaction

Resumo: Este artigo propõe repensar o aprendizado em design a partir da teoria dos sistemas complexos adaptativos e da enação, integrando contribuições da ecologia cognitiva e da filosofia pós-humanista. Diante das crises ecológicas, tecnológicas e sociais que desafiam os marcos tradicionais, argumenta-se que o design não é uma prática exclusivamente humana, mas um processo emergente e relacional que envolve múltiplas inteligências

não humanas, animal, vegetal, algorítmica, simbiótica e micelial. Através da análise de casos paradigmáticos, demonstra-se como essas formas de cognição descentralizada podem inspirar novas metodologias e pedagogias para a formação em design. Propõe-se um marco de aprendizado multissistêmico baseado na enação distribuída, co-agência, sensibilidade multiescalar, modelos biomiméticos-críticos e pedagogias especulativas, com o objetivo de formar designers capazes de aprender e criar em conjunto com outros sistemas vivos e tecnológicos.

Palavras-chave: Inteligências não humanas - design multissistêmico - enação

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]
