

Complejidad y pensamiento sistémico en el diseño: alfabetización ecológica para soluciones sostenibles

Liliana Beatríz Sosa Compeán⁽¹⁾

Resumen: La naturaleza administra recursos de manera eficaz: adapta sus estructuras y funciones, fomenta la colaboración, emplea recursos disponibles localmente, mantiene su equilibrio interno, organiza su propio orden y saca provecho de las limitaciones existentes, haciendo a sus ecosistemas sostenibles, adaptables y resilientes; estas cualidades en los sistemas naturales surgen de las interacciones y organización particular de los múltiples elementos y agentes que los conforman, manteniendo relaciones estrechas entre cada uno de ellos. Dicha característica define a los sistemas naturales como sistemas complejos adaptativos. Los sistemas complejos adaptativos pueden ser biológicos, sociales, físicos; por lo que el marco referencial de estos sistemas puede ofrecer una base para el análisis de los sociosistemas para los cuales diseñamos y basarnos en sus principios para apuntar a soluciones que abonen a la transición hacia futuros más sostenibles.


En el presente trabajo, exploramos como aproximación de la alfabetización ecológica en el diseño, la incorporación de los conceptos de la complejidad y el pensamiento sistémico como fundamentos esenciales para abordar problemas complejos. A partir del estudio de los conceptos teóricos sobre los sistemas complejos y un proceso de análisis y reflexión sobre ellos, se establece a las personas, los objetos y el entorno como un sociosistema entendido como un entramado de redes, flujos y ciclos interconectados, isomorfos a los sistemas complejos adaptativos; en donde el diseño puede representar una estrategia para la conjugación de elementos y agentes, de tal manera que se genere la emergencia de procesos sostenibles que permitan el desarrollo y evolución de las sociedades.

La premisa central del artículo es que, al comprender los mecanismos, organización y procesos de los sistemas complejos adaptativos como modelos de eficiencia y sostenibilidad, los diseñadores pueden adoptar enfoques más holísticos y eficaces para estudiar, analizar e intervenir a los sociosistemas.

Palabras clave: Sistemas complejos - Diseño sostenible - Alfabetización ecológica - Sociosistemas - Interacciones y procesos - Diseño estratégico - Complejidad - Pensamiento sistémico - Transformación social - Adaptabilidad

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 217-218]

⁽¹⁾ **Liliana Beatríz Sosa Compeán** es Doctora en Filosofía con orientación en Arquitectura y Asuntos Urbanos, por la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) México. Máster en Diseño y Desarrollo de nuevos productos por la Universidad de Guadalajara

(UdeG, México) y licenciada en Diseño industrial (UANL, México). Desde 2012 es Profesora Investigadora titular en la Facultad de Arquitectura de la UANL. Se ha desempeñado en diversos cargos académicos dentro de la UANL y es la actual Jefa del departamento de investigación de diseño en esta misma institución. Miembro desde el 2014 del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) de México. Líder y fundadora del grupo de investigación NODYC: Nodo de diseño y complejidad. Líneas de investigación: Diseño basado en sistemas complejos adaptativos, Antropología del diseño, y Diseño en ciudades. Autora de diversas publicaciones académicas como artículos, capítulos y libros, ponente en diversos eventos a nivel nacional e internacional. Publicaciones académicas recientes: Enfoques para el diseño de flujos en espacios urbanos: conectividad vial vs preferencias en movilidad (Artículo); Los artefactos como estrategia para catalizar y potencializar la complejidad en sociosistemas (capítulo de libro); Diseño de conectividad urbana y formación de comunidades (Artículo); Las ciencias de la complejidad y el diseño (Artículo).  ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8811-3218>.

Introducción

La sostenibilidad es un término que en contextos sociales se asocia al concepto de desarrollo sostenible acuñado por primera vez en el informe “Nuestro Futuro Común” de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas (Informe Brundtland, 1987), y que se refiere al enfoque de desarrollo que busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras. La noción de sostenibilidad es abordada desde dimensiones que varían de un enfoque a otro, según el autor o discurso, pero la esencia es que “reúne tres aristas interdependientes: economía, medio ambiente y sociedad, relación que se traduce en desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente, es decir, desarrollo soportable en lo ecológico, viable en lo económico, y equitativo en lo social (SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

El desarrollo sostenible busca lograr un equilibrio entre los aspectos económicos, sociales y ambientales del progreso humano y mejorar la calidad de vida. Se busca abordar los desafíos de cada uno de los pilares,

- **Económico:** busca el crecimiento económico sostenible, promoviendo la eficiencia en el uso de recursos, la innovación tecnológica y la equidad en la distribución de la riqueza.
- **Social:** se centra en la equidad, la justicia social, la inclusión, la igualdad de oportunidades, la educación, la salud y el bienestar de las comunidades presentes y futuras.
- **Ambiental:** busca la conservación de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, la mitigación del cambio climático, la biodiversidad y la gestión sostenible de los ecosistemas.

¿Por qué el diseño tiene relevancia en estos desafíos? El diseño es una disciplina enfocada a la planeación, desarrollo, producción e implementación de productos, servicios y sistemas que constituyen las estructuras de nuestro hábitat y que da lugar a los procesos que gestan a las sociedades. Estas estructuras objetuales tangibles e intangibles se entretrejen de manera dinámica y van generando múltiples procesos productivos de diversa índole, un artefacto de uso cotidiano, por ejemplo, resulta de múltiples procesos que van desde la extracción de materias primas, manufactura, distribución, uso, desecho, reciclado o re uso tal vez, en fin, una serie de etapas de su ciclo de vida en donde cada una de éstas implica a su vez otro tipo de productos, actividades, acciones e interacciones que involucran a personas, objetos, ambientes y entornos, todo ello deriva a una estrecha relación con la actividad económica y social de los socio sistemas humanos. En este sentido, resulta plausible la reflexión de que si los productos y procesos no están planeados y diseñados para que se concatenen de manera armoniosa surjan problemas en los ecosistemas naturales, económicos y sociales. Los ecosistemas naturales, económicos y sociales pueden considerarse sistemas complejos adaptativos (SCA) debido a varias características fundamentales que comparten con este tipo de sistemas tales como sus interconexiones y relaciones dinámicas, adaptabilidad y cambio, auto-organización y autoregulación. Los sistemas complejos son conjunto dinámico de muchos agentes (los cuales pueden representar células, especies, individuos, empresas, naciones) actuando de manera simultánea y constante reaccionando a lo que otros agentes con los que interactúan hacen. El resultado total del sistema proviene de un enorme número de decisiones hechas en algún momento por muchos agentes individuales (Holland, 2004). El estudio de la complejidad y la visión del todo como sistema, podría entonces proporcionar un marco conceptual útil para comprender y abordar problemas de sustentabilidad en los ámbitos social, económico y medioambiental. A continuación, contextualizaremos a la complejidad y el pensamiento sistémico como punto de partida en la observación y análisis del ecosistema que habitamos, para posteriormente reflexionar sobre las directrices que se podrían seguir en las prácticas del diseño para una alfabetización ecológica que derive en propuestas más sustentables.

Complejidad y pensamiento sistémico: Entendiendo a los sistemas complejos

Los conceptos de complejidad y pensamiento sistémico representan una mirada no reduccionista, es decir, se basan en que no se puede entender al todo por la suma de sus partes, sino que dada la forma en que se concatanen y organizan las partes debiendo considerar a las interacciones. Asimismo, en las ciencias de complejidad, el concepto de lo complejo, no hace referencia a complicación, sino a una íntima interconexión y entrelazamiento profundo entre los elementos del sistema, por lo que lo que afecte a cada elemento a un nivel local, tendría efectos en alguna medida a escalas globales, y por tanto en todos los componentes en algún momento.

La sostenibilidad en los sociosistemas puede entonces considerarse como ese equilibrio dinámico en el cual todos los elementos interactúan de manera tal que, en los procesos de

interacción no se vean afectados de manera negativa otros procesos, elementos y además el medio en donde se sostienen y producen todas las interacciones y procesos. Edgar Morín en su obra sobre pensamiento complejo sostiene que los sistemas no deben considerarse dependientes de su medio, sino que contempla a éste es parte integral de los sistemas. (Morín 2009).

¿Son los productos, servicios y sistemas que diseñamos parte fundamental del ecosistema que habitamos? Existen antecedentes teóricos que abordan a nuestro hábitat como un ecosistema complejo conformado por personas, los objetos y el entorno Rueda por su parte, sostiene “El hombre, sus máquinas, sus redes de comunicación y monetarias son parte del ecosistema y forman parte, también, de sus diagramas energéticos y de información” (Rueda, s.f., párr.1). Uribe castro (2014) ha explorado la convergencia entre los sistemas sociales y los ecosistemas; identifica esta fusión como el socioecosistema, al cual define como un entorno complejo y adaptable que vincula las interacciones entre elementos sociales (cultura, economía, organización social y política) y los sistemas ecológicos (naturaleza) en un contexto espacio-temporal determinado. Del mismo modo, enfoques como el de French y Bell (1995) incorporan a las nociones de los sociosistemas a dispositivos y artefactos y los describen como sociotecnosistemas, estructuras en las cuales interactúan seres humanos, máquinas y elementos ambientales del sistema de trabajo. Como observamos, las interrelaciones e interacciones entre entidades, componentes y elementos de distinta naturaleza son estrechas, por lo que un enfoque integral que no sólo contemple las partes materiales o configuraciones físicas de lo que se diseña podría conducir a la sostenibilidad de nuestros hábitats.

Cuando las interacciones sean relevantes para los fenómenos que ocurren en los sistemas, es decir, si éstas determinan, aunque sea parcialmente los estados futuros del sistema o a de algún componente que lo integra, debe considerarse la perspectiva de la complejidad. Gershenson (2017); para empezar a instruir a los diseñadores sobre cómo intervenir a un sistema a través del diseño, es necesario entender la naturaleza y dinámicas de los sistemas complejos adaptativos;

“Los sistemas complejos suelen caracterizarse por tener muchos componentes que interactúan de formas múltiples entre sí y potencialmente con su entorno. Estas partes forman redes de interacciones, a veces con unos pocos componentes involucrados en muchas interacciones. Las interacciones pueden generar información nueva que complica el estudio individual de las partes o la predicción correcta de su futuro. Adicionalmente, los componentes de un sistema pueden también ser nuevos sistemas, es decir, sistemas de sistemas interdependientes entre sí. El mayor reto de las ciencias de la complejidad no es sólo apreciar las partes y sus conexiones, sino también entender cómo estas interacciones dan lugar al todo” (De Domenico, y otros, 2019).

Los sistemas complejos pueden observarse en muchos organismos, sociedades, conjuntos y organizaciones, que aparentemente son dispares, pero comparten el tipo de organización sistémica y la complejidad, sistemas complejos pueden ser desde colonias de insectos hasta ciudades, desde cerebros hasta seres vivos, pero sean de tipo que sean (físicos, biológicos,

sociales, etc.) estudiarlos desde la perspectiva de la complejidad, es decir, de cómo se entrelazan, organizan e interactúan sus agentes, no implicaría una innumerable e inclasificable diversidad de conductas dinámicas diferentes (Miramontes, 1999).

Los sistemas complejos tienen algunas características y preceptos en sus dinámicas y procesos que permiten pronosticar en cierta medida y escala sus estados futuros para poder intervenirlos y diseñarlos, lo que podría permitir o facilitar procesos más sostenibles. A continuación, mencionaremos brevemente las nociones más relevantes que permiten entenderlos.

- *Interconexiones, relaciones dinámicas e interacciones:* los sistemas complejos están compuestos por elementos que interactúan entre sí de manera dinámica y no lineal. En los ecosistemas, por ejemplo, las especies están interconectadas en redes alimentarias y ciclos biogeoquímicos. En el ámbito económico y social, las relaciones entre individuos, empresas y sectores forman una red compleja de interacciones. Las interacciones son intercambios de información entre los elementos que componen a los sistemas. Los datos están presentes en distintos códigos y lenguajes y pueden ser de naturaleza muy diversa dependiendo del contexto en que se describan, pueden ser datos químicos, dinero, símbolos, palabras, materia, energía. Las redes que se forman se tienden a organizar de tal manera que se optimicen los recursos, y emergen las siguientes características en las redes: modularidad, heterogeneidad en la interconectividad de los elementos (muchos con pocas conexiones y pocos “hubs” con muchas) y la propiedad de mundo pequeño (pocos “saltos” de separación entre un elemento y otro) (Johnson, 2001) (Holland, 2004) (Solé, 2009) (De Domenico, y otros, 2019).

- *Emergencia de propiedades colectivas:* Los sistemas complejos exhiben propiedades emergentes que van más allá de las características individuales de sus componentes. En los ecosistemas, la biodiversidad o la estabilidad del ecosistema son propiedades emergentes. En el ámbito económico y social, fenómenos como las crisis financieras o movimientos culturales pueden ser emergentes y difíciles de predecir a partir de las acciones individuales. Los fenómenos emergentes se dan por las decisiones locales que en algún momento hacen de los individuos o elementos componentes, que actúan de acuerdo a la información que poseen en ese momento y la lógica de su “programa interno”; en la especie humana, así como para los sistemas biológicos y sociales, los programas y procesos generales están determinados por su propia naturaleza y consisten en:
 - a. Elegir: interminable toma de decisiones y procesar información.
 - b. Aumentar la complejidad para permanecer y fortalecerse por la adaptabilidad y resiliencia que conlleva, y
 - c. Promover un intercambio beneficioso con otros como estrategia o mecanismo para aumentar complejidad (Wright, 2005).

- *Auto-organización, autoregulación, adaptabilidad y cambio:* Estos sistemas tienden a auto-organizarse y autoregularse para mantener ciertos equilibrios o adaptarse a cambios. Los mecanismos que tienen para ello es que se cuente con estructuras que permitan la retroalimentación de información que se genera al interactuar y cualquier tipo de memoria

que permita una especie de aprendizaje conforme transcurre el tiempo o el número de iteraciones (Wright, 2005) (De Domenico, y otros, 2019) (Miramontes, Lugo, & Sosa, 2017). Estos conceptos generales de los sistemas complejos nos permiten comprender los procesos que subyacen a la emergencia de fenómenos como la falta o presencia de sostenibilidad en nuestros hábitats, pudiendo inferir cómo es que las propuestas de diseño pueden incidir de maneras tanto positivas como negativas en contextos y escalas que por lo general no son consideradas en los procesos de diseño al no tener un pensamiento sistémico o una comprensión de la complejidad o el entrelazamiento estrecho entre lo ambiental, económico y social de nuestros sociosistemas. Aunque sea pertinente profundar en la alfabetización ecológica del diseño, el campo no ha estado ajeno a los problemas de sostenibilidad y se han hecho aproximaciones y esfuerzos que van por buen camino y vale la pena contextualizarlos desde un enfoque sistémico.

Alfabetización ecológica en el diseño para soluciones más sostenibles

El diseño como un campo formal disciplinario es relativamente reciente, pero el campo de las ciencias de la complejidad también, ya que este último se vio impulsado gracias al desarrollo de las ciencias computacionales y las computadoras que permitieron procesar grandes cantidades de datos y observar patrones, macro conductas y fenómenos emergentes en muchos niveles.

¿Desde cuándo empezamos a ser conscientes de que lo que producimos y diseñamos, así como la manera de hacerlo tiene efectos y consecuencias en todos los aspectos de nuestro mundo? Es difícil responder a esta pregunta, sin embargo, sí que hay una evolución y toma de conciencia en cuanto el rol que tiene lo diseñado para un desarrollo sostenible. Haciendo una breve recapitulación de antecedentes históricos tenemos que en los tiempos de la Bauhaus lo que se tenía presente era el postulado de “arte y técnica- una nueva unidad”; posterior a los años treinta, el diseño estuvo marcado por la doctrina del funcionalismo (la forma sigue a la función); cabe destacar que en éste enfoque se tenía un concepto de función limitado, sin extenderse más allá de las utilidades prácticas de los artefactos. Más adelante, en los años sesenta, se hizo una crítica al funcionalismo, en donde decía que este tipo de entorno construido en serie, era opresor y violador de la psique humana; luego, ya a principios de los setentas en el campo del diseño se plantearon una serie de exigencias ecológicas, que aún hoy en día, siguen sin tenerse en consideración (Bürdek, 2007). Hasta después de la primera mitad de los ochenta se notaron dos tendencias: desmaterialización del diseño y reflexión sobre las interacciones entre el diseño y sus requisitos tecnológicos, aparecen microprocesadores y micromotores; nuevos conocimientos en los campos de la biotecnología y la genética, el internet de las cosas, el big data y la ciencia de los datos y una capacidad tecnológica de almacenamiento y procesamiento de datos que cambiaron las maneras de interactuar y de comunicación, haciendo aún más compleja y estrecha nuestras relaciones, así como nuevas herramientas que permiten observar patrones y efectos de nuestras acciones, por lo que incluso podría hacerse más evidente cómo afecta o impacta un producto de diseño que no contempla las consecuencias de producirlo e insertarlo

en un sociosistema, sin pensar en su complejidad o en los términos de los sistemas. Esto puede sostener la idea de que cuando se generan pérdidas y desperdicios de recursos, mermando la sostenibilidad de los contextos, puede ser debido a una mala proyección y planeación del diseño. Un enfoque lineal de los procesos de diseño es lo que ha llevado a la creación de productos de un solo uso, empaques no biodegradables y sistemas que generan desechos significativos.

La noción de que la basura es un error de diseño está fundamentada en la perspectiva del diseño sostenible y en el análisis de los sistemas de producción y consumo actuales. Esta idea se basa en la premisa de que muchos productos y sistemas fueron creados sin considerar adecuadamente su ciclo de vida completo, lo que lleva a la generación de residuos que no se integran de manera efectiva en los sistemas naturales o en ciclos de reutilización. El concepto proviene de movimientos y teorías relacionadas con el diseño ecológico y la economía circular, que critican el paradigma lineal de “tomar, hacer, desechar” (take, make, dispose) que prevalece en muchas industrias y prácticas comerciales.

Han surgido como respuesta a estos problemas conceptos como el diseño sostenible que busca corregir este tipo de deficiencias, proponiendo un cambio hacia sistemas más circulares donde los productos se diseñen teniendo en cuenta cuestiones externas a las propiedades formales de los objetos como por ejemplo su disposición final, la generación de residuos en su producción, entre otras cosas, además se promueve la idea considerar en el diseño la reutilización, el reciclaje, la biodegradabilidad o la reintegración de los materiales en ciclos productivos para evitar la acumulación de desechos. Autores, académicos y profesionales del diseño sostenible, como William McDonough y Michael Braungart con su libro “*Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*” (2002) (De la cuna a la cuna: rehaciendo la forma en que hacemos las cosas), han abogado por esta perspectiva, argumentando que la basura no es un problema inherente a los materiales, sino más bien un error de diseño en la planificación de los productos y sistemas.

Aun y con estos esfuerzos no hemos podido lograr plenamente el desarrollo sostenible. Triscornia (2023) sostiene que no hemos integrado en nuestras prácticas de producción y consumo cotidianos los aprendizajes que nos ofrecen las comunidades ecológicas; y que existe una constante lucha entre las estructuras humanas y los demás sistemas naturales.

Benyus (2012) ya había advertido a los eficaces modelos de la naturaleza como pauta para diseñar, no sólo limitándose a la imitación de las formas, sino también a los procesos, en los sistemas naturales (que son sistemas complejos adaptativos) se optimizan recursos, se ajustan formas y funciones, se premia la cooperación, se usa recursos locales, además se autorregulan y se auto-organizan aprovechando limitaciones y recursos (Benyus, 2012), lo que generalmente deriva en sistemas resilientes y con sustentabilidad global.

Es por lo anterior que el enfoque de la complejidad y el pensamiento sistémico pueden aportar para una alfabetización ecológica para diseñar como se hace en la naturaleza; la alfabetización ecológica es “interpretar la vida como redes, flujos y ciclos. Se refiere a la habilidad de entender las múltiples interconexiones en los sistemas naturales que permiten que la vida prospere en la Tierra...es comprender los principios básicos de la organización de la naturaleza” (Triscornia, 2023).

Los principios acerca de los mecanismos y funcionamiento de los sistemas complejos que mencionamos con anterioridad pueden dar claves de las acciones y herramientas que pue-

den implementarse al proyectar. Existen aproximaciones del ámbito del diseño que, si bien no todas declaran explícitamente su enfoque sistémico, interpretarlas con perspectivas sistémicas en miras a lograr el objetivo de la sustentabilidad resulta útil. A continuación, examinaremos algunas de estas aproximaciones y herramientas contextualizando el enfoque sistémico; si bien las herramientas que se describen no están integradas de manera holística, y por lo general no contemplan de manera simultánea las dimensiones, social, económica y ambiental, sin embargo, sí pueden ayudar a construir sistemas sostenibles, utilizando al diseño como estrategia.

El diseño puede ser practicado desde distintos órdenes, como menciona Buchanan, desde símbolos hasta sistemas, pasando por productos, servicios y experiencias (Buchanan, 2015). En cuanto a los productos objetuales o artefactos, se pueden medir y evaluar impactos y así contar con información que retroalimente al sociosistema y ayude a la toma de decisiones y ajustes en futuros proyectos de diseño. Para ello existen herramientas como los Eco-indicadores, Análisis del ciclo de vida (ACV) de los productos y la Utilización de matrices MET (herramienta de análisis ambiental que evalúa los efectos ambientales de un producto durante su ciclo de vida. Las siglas MET significan *Material cycle, Energy use and Toxic emissions*), el Análisis de valor y Herramientas de Medición de huella ecológica. Así mismo, existen enfoques para diseñar productos que contemplan estrategias que consideran características que permiten una interrelación más armoniosa con los contextos inmediatos con los que interactuarán los productos, en tales enfoques se encuentra el *Design for x*, y el ecodiseño y entre las estrategias que sugieren podemos mencionar las que se observan en la siguiente tabla en cada una de las fases del ciclo de vida de un producto (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Algunas estrategias de ecodiseño en distintas fases del ciclo de vida de los productos (elaboración propia a partir de diversos textos sobre ecodiseño).

Fase de desarrollo de Conceptos.	Fase de producción	Fase de distribución	Fase de uso	Fase del fin de vida del producto.
<ul style="list-style-type: none"> -Estrategias para desmaterialización -Optimización funcional y de manufactura y fácil distribución. -Selección de materiales de bajo impacto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción de etapas y procesos de manufactura. -Optimización consumo de energías y consumo de energías limpia. -Reducción de desperdicios y desechos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Embalaje reducido/limpio/reutilizable. -Optimización de recursos en los medios de transporte. -Logística eficiente en consumo de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción de consumibles. -De fácil reparación y con posibilidades reducidas de fallos y averías por mal uso. 	<ul style="list-style-type: none"> -Desecho seguro. -Posibilidad de reutilización de los componentes. -Posibilidad de Reacondicionamiento. -Reciclado de materiales.

Por otro lado, existen modelos de economías sostenibles que describen procesos sistémicos enfocándose en la reducción de impactos ambientales sin afectar, e incluso optimizando la economía generada por los productos y servicios que las empresas que los practican ofrecen. Entre estos modelos los que más destacan son el modelo de la Economía circular, que es aquella que sustituye el ciclo tradicional de manufactura, uso y disposición a favor de la mayor reutilización, re uso y reciclaje posible. Cuanto más tiempo se explotan los materiales y los recursos, más valor se extrae de ellos. Otro modelo popular es el propuesto por Gunter Pauli, llamado Economía azul, que es un modelo económico empresarial que encamina a replicar o imitar comportamientos o procesos de los ecosistemas naturales (Pauli, 2010).

En cuanto a la arquitectura y urbanismo sostenibles, se han desarrollado normas y sistemas de certificación que se enfocan a las dimensiones ambientales y social de los proyectos de diseño de índole arquitectónica, tal es el caso de la Certificación LEED (siglas de *Leadership in Energy & Environmental Design*) un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (*US Green Building Council*), para obtener esta certificación los proyectos deben cumplir con ciertos requisitos obligatorios y obtener puntos adicionales en las diferentes categorías para alcanzar una certificación específica. La certificación LEED promueve la construcción y operación de edificaciones más sostenibles, fomentando prácticas respetuosas con el medio ambiente y la salud de los ocupantes y considera categorías a evaluar como el impacto en el lugar de construcción, transporte sostenible y uso del suelo y Reconoce prácticas y soluciones innovadoras en sostenibilidad implementadas durante el proyecto (U.S. Green Building Council, 2009).

Los enfoques anteriores dan un énfasis puntual en cuestiones medioambientales considerando procesos económicos y productivos, sin embargo, no es de menor relevancia para el diseño sostenible el ámbito social, en donde el bienestar de las personas que conforman los sistemas sociales sea un pilar integral para el desarrollo sostenible. Hay que reconocer que, en nuestras sociedades, lamentablemente hay condiciones estructurales de desigualdad, que no son producto del azar. Por ejemplo, en muchas partes del mundo la vulnerabilidad, marginación y discriminación afecta de manera diferente y en formas más graves a mujeres, los niños y las niñas, a las personas con discapacidad y a las personas de escasos recursos.

¿Se puede pensar al diseño como una estrategia para combatir desigualdades sociales y propiciar desarrollo sostenible para todos? Sería muy ingenuo pensar que el diseño no incide de manera significativa en muchos de los problemas sociales; el diseño una ciudad, que es donde se gesta nuestra cultura e identidad, y es su discurso, el que nos permite tanto como nos limita la interacción con otros y con nuestro medio.

Hay diferentes aproximaciones que pueden ayudar a planear una ciudad incluyente como antecedentes podemos mencionar: el diseño universal, las ciudades inteligentes, la metodología CPTED (*Crime prevention through environment design*), las propuestas del banco mundial, el enfoque de los sistemas complejos, la percepción y los imaginarios urbanos, entre otros.

El Banco mundial en su guía para planificación y diseño urbano inclusivo sostiene que “No puede haber ciudad inclusiva de género sin procesos inclusivos de género” y para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible el diseño urbano debe ser:

- Participativo: incluir activamente las voces de mujeres, niñas y minorías de género;
- Integrado: adoptar un enfoque holístico y transversal centrado en perspectivas de género y que promueva la construcción de relaciones ciudadano-ciudad;
- Universal: satisfacer las necesidades de las mujeres, las niñas y minorías de todas las edades y habilidades;
- Creador de conocimiento: buscar y compartir novedades sólidas y significativas y datos sobre equidad;
- Creador de poder: aumentar la capacidad y la influencia de los sub representados. Hacer que participen en grupos en decisiones clave;
- Comprometido: comprometer las finanzas y la experiencia necesarias para cumplir con los objetivos intencionales de equidad;
- Invertido: comprometer las finanzas y la experiencia necesarias para cumplir con los objetivos intencionales de equidad de género (The World Bank, IBRD IDA, 2020).

Por otro lado también existen métodos de relaciones más armoniosas y sostenibles en lo social utilizando como estrategia el diseño de los entornos, tal es el caso de la metodología CPTED (*Crime prevention trough environment design*) que enfatiza la conexión entre los objetivos funcionales de la utilización del espacio bajo los principios de que todo espacio humano tiene algún propósito designado; todo espacio humano tiene definiciones sociales, culturales, legales o físicas que orientan deseos y comportamientos; y todo el espacio humano está diseñado para promover comportamientos deseados (Crowe, 2000).

El Diseño universal es un concepto que proporciona herramientas que pueden mejorar la sostenibilidad dentro de los sociosistemas, toda vez que propicia una mejor interacción entre los agentes, es decir entre las personas entre sí y con los objetos del entorno diseñado y construido. Se entiende a grandes rasgos por Diseño Universal al diseño apto para el uso del mayor número de personas, Sus principios se establecieron en 1997 en el *Center for Universal Design*, N. C. State University (Ciudades accesibles, 2022). De esta perspectiva se derivan diferentes normas que guían el diseño de ecosistemas urbanos más sostenibles; tal es el caso de la norma internacional ISO 21542:2011 *Building Construction-Accessibility and Usability of the Built Environment*, que no solo se enfoca a los elementos arquitectónicos que tradicionalmente han sido asociados a la accesibilidad física para personas con discapacidad, tales como: rampas, elevadores, pasamanos, puertas, sanitarios o teléfonos. La ISO 21542:2011 también se basa en las condiciones de igualdad a través de la usabilidad en forma inclusiva por parte de los usuarios, con base a su funcionamiento y examina la Igualdad de condiciones para acercarse a la edificación, a las entradas de la edificación, de circulaciones horizontales y verticales; en el uso de espacios, equipo o mobiliario; en salidas, rutas de evacuación y planes internos de protección civil; y procura la comunicación de la información a través de dos o más sentidos (visual, audible o táctil) (Jimenez Santos, 2017). Otro enfoque relevante que debemos mencionar para una alfabetización ecológica en el diseño es el uso de las tecnologías de la información y comunicación que hoy en día tene-

mos a la mano y que su uso dirigido a mejorar sistemas ecológicos sociales puede tener el potencial de hacer de nuestros hábitats lugares más sostenibles, hay estudios que sugieren que, las ciudades inteligentes, son ciudades más inclusivas y que acciones como hacer que los datos generados de la ciudad estén disponibles y accesibles; diseñar redes de intercomunicación entre los sistemas de tecnologías inteligentes y digitales tiene el potencial de mejorar el bienestar social, un pilar importante en la sostenibilidad de los sociosistemas, y sostienen que A través de dichas infraestructuras de las tecnologías de la información y la comunicación se podría: empoderar a las comunidades, revelar procesos ambientales urbanos previamente ocultos, permitir el intercambio de recursos y habilidades, incluir a los ciudadanos en los procesos de gobierno co-creativo, generar nuevas soluciones a los problemas urbanos y hacer un uso más eficiente de los recursos y activos (James Evans (Guest Editors / Authors) 2019). Podemos observar cómo las condiciones tecnológicas y de diseño que propician intercambios, interacciones y herramientas para una autoconciencia y percepción, conducen a la toma de decisiones más sostenibles y generan beneficios en las escalas ecosistémicas.

Todas estas aproximaciones que hemos expuesto, si bien pueden resultar útiles en sí mismas, haría falta una integración de conceptos y una visión sistémica y holística que de énfasis en las relaciones e interacciones y la incidencia de los fenómenos emergentes que producen, y cómo estos a su vez inciden en los procesos locales, todo ello para una alfabetización ecológica en donde haya un mejor acercamiento a la replicación de los procesos que hacen a los sistemas complejos naturales sostenibles.

Conclusiones

A lo largo de este texto observamos las cómo el diseño es parte integral de los ecosistemas sociales y se evidenció la relevancia del enfoque de lo complejo y un entendimiento sistémico de los hábitats para poder determinar soluciones de diseño que permitan el desarrollo sostenible de los sociosistemas. Es deseable para ello proyectar lo que se diseña con una mirada estratégica desde lo local para priorizar acciones que aviven los procesos de autorregulación y auto-organización a niveles macro. Sabiendo los procesos y la “lógica” general de los sistemas complejos adaptativos podemos esbozar ideas sobre cómo aportar a la sostenibilidad, de los conceptos clave podría mencionarse el fomento y procuración de mejores condiciones para un intercambio beneficioso de información (materia, energía, datos) entre cada agente o subsistema de los sociosistemas. Así como diseñar mecanismos que retroalimente a los sistemas, haciendo que los agentes conozcan su estado y la información nueva consecuencia de su quehacer. En el análisis de los sistemas complejos algunas guías generales que se han encontrado aplicables a estrategias de diseño podrían mencionarse como deseable el fomentar simbiosis entre los individuos, agentes y subsistema; reducir las incertidumbres que se pudieran presentar en los individuos interactuantes mediante diseños que hagan los procesos de interacción e intercambios seguros.; reducir los costos de los intercambios e interacción entre los agentes (Sosa Compeán, 2017).

Estas ideas generales pretenden que se empatice con la lógica operante de los colectivos considerando la lógica operante de los agentes o subsistemas para que cada una de las estructuras sociales, económicas y medioambientales se relacionen de manera armoniosa dando paso a la sostenibilidad.

Referencias bibliográficas

- Benyus, J. M. (2012). *Biomímesis*. México DF: Tusquets.
- Brundtland, G. (1987). *Our common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Buchanan, R. (2015). Worlds in the Making: Design, Management, and the Reform of Organizational Culture. *he Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 5-21.
- Bürdek, B. E. (2007). *Diseño: Historia, teoría y práctica del Diseño Industrial*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.
- Ciudades accesibles. (10 de enero de 2022). *¿Qué es el Diseño Universal? 7 principios, 8 objetivos*. Obtenido de <https://www.ciudadaccesible.cl/que-es-el-diseno-universal/>
- Crowe, T. D. (2000). *Crime Prevention Through Environmental Design*. Butterworth-Heinemann.
- De Domenico, M., Brockmann, D., Camargo, C., Gershenson, C., Goldsmith, D., Jeschonnek, S., ... Sayama, H. (2019). *Complexity Explained*. doi:DOI 10.17605/OSF.IO/TQGNW
- French, W. L., & Bell, C. (1995). *Desarrollo Organizacional. Aportaciones de las Ciencias de la conducta para el mejoramiento de la organización*. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- Gershenson, C. (2017). *Investigación y ciencia*. Recuperado el 2020, de <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/34/posts/fragilidad-robustez-y-antifragilidad-15802>
- Holland, J. (2004). *El orden de lo oculto*. México, D.F: Fondo de cultura económica.
- James Evans (Guest Editors / Authors), A. K.-A. (2019). Smart and sustainable cities? Pipe-dreams, practicalities and possibilities, *Local Environment*, 557-564. doi:<https://doi.org/10.1080/13549839.2019.1624701>
- Jimenez Santos, J. (14 de noviembre de 2017). *Guía de Recomendaciones de Diseño Universal para el Sector Turismo*. Obtenido de Secretaría de Turismo, gobierno de México (SECTUR): <https://www.gob.mx/sectur/es/articulos/guia-de-recomendaciones-de-diseno-universal-para-el-sector-turismo?idiom=es>
- Johnson, S. (2001). *Sistemas emergentes o que tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Madrid: turner.
- Latour, B. (2008). *Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor red*. Buenos Aires: Ediciones Manantial.
- McDonough, W. &. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: North Point Press.
- Miramontes, O. (1999). Los sistemas complejos como instrumentos de conocimiento y transformación del mundo. En S. R. (editor), *Perspectivas sobre la teoría de sistemas*. México: UNAM-Siglo XXI.

- Miramontes, o., Lugo, I., & Sosa, L. (2017). *Complejidad y Urbanismo: del organismo a la ciudad*. CDMX: Copit-Arxives.
- Morin, E. (2009). *El método2, la vida de la vida*. Madrid: Cátedra.
- Pauli, G. (2010). *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*. Paradigm Publications.
- Rueda, S. (s.f.). *Metabolismo y complejidad del sistema urbano a la luz de la ecología*. Recuperado el 1 de diciembre de 2007, de Ciudades para un futuro más sostenible: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a008.html>
- SEMARNAT, S. d. (24 de Julio de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de Diferencia entre sustentable y sostenible: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/diferencia-entre-sustentable-y-sostenible#:~:text=Entendido%20de%20esta%20manera%2C%20el,y%20equitativo%20en%20lo%20social>.
- Solé, R. (2009). *Redes complejas*. Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Sosa Compeán, L. B. (2017). *Diseño basado en sistemas complejos*. San Nicolás de los Garza: Labyrinthos.
- The World Bank, IBRD IDA. (04 de Febrero de 2020). *Manual de Planificación y Diseño Urbano Inclusivo en Materia de Género*. Obtenido de Entendiendo la pobreza: <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/publication/handbook-for-gender-inclusive-urban-planning-and-design>
- Tiscornia, C. (26 de julio de 2023). *Carbono.news, Pensamiento crítico y científico para un planeta sustentable*. Obtenido de La era de la Alfabetización Ecológica: <https://www.carbono.news/activismo/la-era-de-la-alfabetizacion-ecologica/>
- U.S. Green Building Council. (2009). *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Version 3 - Reference Guide*. Obtenido de <https://www.usgbc.org/resources/leed-reference-guide-green-building-design-and-construction-global-acps>
- Uribe Castro, H. (2014). *De ecosistema a socioecosistema diseñado como territorio del capital agroindustrial y del Estado-nación moderno en el valle geográfico del río Cauca, Colombia**. Obtenido de Revista Colombiana de Sociología: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/recs/article/view/51702>
- Wright, R. (2005). *Nadie pierde*. Barcelona: Tusquets editores.

Abstract: Summary: Nature manages resources effectively: it adapts its structures and functions, fosters collaboration, uses locally available resources, maintains its internal balance, organises its own order and takes advantage of existing constraints, making its ecosystems sustainable, adaptable and resilient; these qualities in natural systems arise from the interactions and particular organisation of the multiple elements and agents that make them up, maintaining close relationships between each of them. This characteristic defines natural systems as complex adaptive systems. Complex adaptive systems can be biological, social, physical; thus the framework of these systems can provide a basis for the analysis of the sociosystems for which we design and build on their principles to point to solutions that support the transition to more sustainable futures. In this paper, we explore as an ap-

proach to ecological literacy in design, the incorporation of the concepts of complexity and systems thinking as essential foundations for addressing complex problems. From the study of theoretical concepts on complex systems and a process of analysis and reflection on them, we establish people, objects and the environment as a sociosystem understood as a web of interconnected networks, flows and cycles, isomorphic to complex adaptive systems; where design can represent a strategy for the conjugation of elements and agents, in such a way as to generate the emergence of sustainable processes that allow the development and evolution of societies.

The central premise of the article is that by understanding the mechanisms, organisation and processes of complex adaptive systems as models of efficiency and sustainability, designers can adopt more holistic and effective approaches to study, analyse and intervene in socio-systems.

Keywords: Complex systems - Ecological literacy - Ecological design - Complexity - Strategic design - Social transformation - Adaptability - Interactions and processes - Adaptive design

Resumo: A natureza gerencia os recursos de forma eficaz: adapta suas estruturas e funções, promove a colaboração, usa os recursos disponíveis localmente, mantém seu equilíbrio interno, organiza sua própria ordem e tira proveito das restrições existentes, tornando seus ecossistemas sustentáveis, adaptáveis e resilientes; essas qualidades dos sistemas naturais decorrem das interações e da organização particular dos múltiplos elementos e agentes que os compõem, mantendo relações estreitas entre cada um deles. Essa característica define os sistemas naturais como sistemas adaptativos complexos. Os sistemas adaptativos complexos podem ser biológicos, sociais e físicos; assim, a estrutura desses sistemas pode fornecer uma base para a análise dos sociossistemas para os quais projetamos e nos baseamos em seus princípios para apontar soluções que apoiem a transição para futuros mais sustentáveis. Neste artigo, exploramos, como uma abordagem para a alfabetização ecológica no design, a incorporação dos conceitos de complexidade e pensamento sistémico como fundamentos essenciais para a abordagem de problemas complexos. A partir do estudo de conceitos teóricos sobre sistemas complexos e de um processo de análise e reflexão sobre eles, estabelecemos as pessoas, os objetos e o meio ambiente como um sociossistema entendido como uma teia de redes, fluxos e ciclos interconectados, isomórficos a sistemas adaptativos complexos; onde o design pode representar uma estratégia para a conjugação de elementos e agentes, de modo a gerar o surgimento de processos sustentáveis que permitam o desenvolvimento e a evolução das sociedades.

A premissa central do artigo é que, ao compreender os mecanismos, a organização e os processos dos sistemas adaptativos complexos como modelos de eficiência e sustentabilidade, os designers podem adotar abordagens mais holísticas e eficazes para estudar, analisar e intervir nos sistemas sociais.

Palavras-chave: Sistemas complexos - Complexidade - Alfabetização ecológica - Design ecológico - Adaptabilidade - Transformação social - Interações e processos - Design estratégico - Pensamento sistémico