


# Principios Biosistémicos y Gigamaps para la Visualización de la Complejidad: El Caso de la Construcción de una Línea de Investigación en Diseño<sup>1</sup>

Ever Patiño

Institución Universitaria ITM (Colombia) ✉ 

<https://dx.doi.org/10.5209/aris.105851>

Recibido: 5 de noviembre de 2025 • Aceptado: 10 de febrero de 2026

**Resumen:** Este artículo propone un marco de principios biosistémicos para visualizar y gestionar la complejidad mediante Gigamaps, abordando el vacío de un lenguaje y semántica unificada en diseño sistémico. Con base en los principios de sistemas vivos —entropía, autoorganización, interdependencia, emergencia y evolución—, y las propiedades de las redes sistémicas —autolimitado, autogenerado, autoperepetuante— se construyó y analizó, a través de talleres participativos e iteraciones visuales, una Línea de Investigación en Diseño (LIDD) de un departamento universitario con enfoque biocéntrico. La metodología combinó un registro sistemático de 60 productos de investigación con mapas progresivos, codificando relaciones y principios para revelar nodos críticos y subsistemas coherentes. Los resultados muestran entre otros hallazgos: (i) interdependencia como propiedad transversal que estructura redes no lineales; (ii) autoorganización de subsistemas sin control central; (iii) la entropía como fuerza habilitadora de reconfiguraciones asimétricas; y (iv) emergencia y autogeneración de conceptos durante la maduración del mapa. Se presenta una tabla operativa de señales y heurísticas para mapear cada principio biosistémico en fases de registro y síntesis de información. El estudio concluye que estos principios hacen a los sistemas más legibles, gobernables y evolutivos sin pérdida de identidad.

**Palabras clave:** Diseño sistémico; Complejidad; Gigamapping; Mapas; Sistemas.

## EN Biosystemic Principles and Gigamaps for Visualizing Complexity: The Case of Constructing a Design Research Group

**Abstract:** This article proposes a framework of biosystemic principles to visualize and manage complexity through gigamaps, addressing the lack of a unified language and semantics in systemic design. Drawing on principles of living systems—entropy, self-organization, interdependence, emergence, and evolution—and on systemic network properties—self-limiting, self-generating, and self-perpetuating—the Design Research Group (DRG) of a biocentrically oriented university department was constructed and analyzed through participatory workshops and iterative visualizations. The methodology combined a systematic registry of 60 research outputs with progressive maps, coding relationships and principles to reveal critical nodes and coherent subsystems. The results highlight, among other findings: (i) interdependence as a transversal property structuring non-linear networks; (ii) self-organization of subsystems without central control; (iii) entropy as an enabling force for asymmetric reconfigurations; and (iv) emergence and autogeneration of concepts during map maturation. An operational table of indicators and heuristics is presented to map each biosystemic principle across information recording and synthesis phases. The study concludes that these principles render systems more legible, governable, and evolvable without loss of identity.

**Keywords:** Systemic Design; Complexity; Gigamapping; Maps; Systems.

<sup>1</sup> Este trabajo fue financiado por la Institución Universitaria ITM, bajo el proyecto “Pensamiento sistémico de diseño. Interrelaciones transdisciplinarias entre los componentes de la Línea de Investigación de Diseño y Materiales del Instituto Tecnológico Metropolitano”, con código PCI 23205. El financiador no tuvo injerencia en el diseño del estudio, la recopilación y análisis de los datos, la decisión de publicar ni la preparación del manuscrito.

**Sumario:** 1. Introducción, 2. Problema de la creación de una línea de investigación, 3. Complejidad en los sistemas vivos, 3.1. Principios sistémicos de vida, 4. Complejidad y diseño sistémico, 4.1. Mapas y visualización de la complejidad, 5. Metodología, 6. Resultados y discusión, 6.1. Primer taller participativo, 6.2. Primer Gigamap de registro y análisis de información, 6.3. Acercamiento preliminar de los mapas de síntesis, 6.4. Gigamaps de la LIDD, 6.5. Principios biosistémicos para visualizar la complejidad, 7. Conclusiones, 7.1. Limitaciones, 7.2. Trabajos futuros, Agradecimientos, Referencias.

**Cómo citar:** Patiño, E. (2026). Principios Biosistémicos y Gigamaps para la Visualización de la Complejidad: El Caso de la Construcción de una Línea de Investigación en Diseño. *Arte, Individuo y Sociedad*, 38(2), 337-353. <https://dx.doi.org/10.5209/aris.105851>

## 1. Introducción

Los problemas complejos contemporáneos, como deterioro ambiental, hambruna, conflictos bélicos y el acceso a salud y vivienda, se caracterizan por responder a múltiples causas interdependientes y difícilmente identificables (Crouch & Pearce, 2013; Irwin, 2015; Jones, 2017; Escobar, 2019). Estos *wicked problems* están definidos de manera vaga y abstracta; sus contextos no están completamente informados, carecen de parámetros claros, obedecen a situaciones delimitadas de forma imprecisa, y requieren análisis complejos multidimensionales, lo que dificulta su definición y caracterización (Sarquís & Buganza, 2009; Jones & Van Ael, 2022).

La interdependencia presente en estos problemas genera redes de influencia recíproca entre componentes que dan lugar a mecanismos como emergencia, autoorganización, evolución, entropía y complejidad creciente (Ryan, 2014). Esto se evidencia en sistemas de constante cambio, impredecibles, provisionales y abiertos al rediseño, donde los subsistemas sociales, biológicos y técnicos presentes en la práctica del diseño están entrelazados (Ryan, 2014; Sevaldson, 2022), revelando la naturaleza coevolutiva de problemas y soluciones (Wiltschnig, Christensen & Ball, 2013; Chen & Crilly, 2019).

Este escenario demanda un cambio paradigmático del pensamiento unidisciplinar al transdisciplinar y sistémico, donde el análisis complejo identifique redes de interacciones, interdependencias y bifurcaciones mediante un pensamiento recursivo inacabado y en crecimiento (Morin, 1984; Capra, 1996). En respuesta, el diseño sistémico, también llamado diseño para la complejidad o diseño dirigido por sistemas, surge como herramienta para abordar problemáticas complejas adoptando un enfoque realista que busca procesos y prácticas adecuadas para el diseño de servicios y proyectos sociales, influenciando la educación, la investigación académica, las metodologías y la práctica del diseño (Jones, 2017).

Al respecto, Fragoso (2009) señala que el estudio de la complejidad nace como contrapropuesta a la simplicidad y al razonamiento fragmentado y unidimensional que impide ver la relación entre las partes y el todo. Esto no significa que se deba abandonar la noción de los componentes, puesto que son relevantes en la categorización necesaria para la comprensión de un fenómeno, pero sí involucra indiscutiblemente reconocer las interconexiones complejas del sistema global, que se hacen manifiestas al abordar el conocimiento y, en este caso, al enfrentarse al problema (Nicolescu, 1996; Chávez, 2013).

Paralelamente, se han desarrollado herramientas de visualización de la complejidad, como mapas y esquemas de gran tamaño que representan las múltiples interrelaciones entre los componentes. Estas están ampliamente adoptadas por organizaciones, otorgando sistematicidad, credibilidad y profundidad a los procesos (Jones, 2014; Jones & Van Ael, 2022). Esto es relevante porque el lenguaje escrito y verbal resulta insuficiente para establecer comunicación clara en proyectos complejos, y la percepción limita las posibilidades de comprender problemas y soluciones (Aguirre-Ulloa & Paulsen, 2017). Las representaciones visuales, como dibujos, bocetos, mapas, y esquemas, están relacionadas con la eficiencia cognitiva, permitiendo comprender, interpretar e interactuar rápidamente con grandes volúmenes de información (Maya & Patiño, 2020).

Sin embargo, existe un vacío crítico en la literatura científica: aunque existen metodologías y herramientas para visualizar la complejidad, el diseño sistémico, aún en desarrollo, carece de un marco definitorio unificado, con semántica consistente que permita que sus metodologías no sean fragmentadas (Smith & Kalantidou, 2023; Garza, Nizamis & Bonnema, 2023). Además, no se ha documentado un modelo sistémico que integre explícitamente los principios organizativos de los sistemas vivos y las propiedades de las redes sistémicas como marco estructurante para el análisis y delimitación de problemas complejos mediante *gigamapping* u otras técnicas de visualización sistémica. Esta ausencia limita la capacidad de los diseñadores e investigadores para fundamentar sus prácticas en principios biosistémicos que reflejen la naturaleza dinámica, relacional e histórica de los problemas que enfrentan.

Este artículo aborda dicho vacío. Su objetivo es presentar una serie de principios biosistémicos para visualizar la complejidad, que permitan aclarar, enmarcar e identificar de manera gráfica las características de un sistema o problema. Para alcanzarlo y aportar evidencias, se utilizó como caso de estudio la construcción de la Línea de Investigación del Departamento de Diseño (LIDD) de la Institución Universitaria ITM (Medellín, Colombia). El Departamento de Diseño de la Institución Universitaria ITM, cuenta actualmente con tres programas: Ingeniería en Diseño Industrial, Tecnología en Diseño Industrial y Maestría en Diseño. Propone como modelo de enseñanza y aprendizaje del Diseño, un modelo biocéntrico, entendido con un enfoque que diluye la visión antropocéntrica y tecnocéntrica tradicional, para dar lugar a una red de conexiones conceptuales y procedimentales donde, a partir de una postura ecológica de la vida, se inserta al ser

humano en los sistemas ecológicos complejos, posibilitando que el diseñador no sea solamente un creador o consumidor pasivo, sino un individuo que transforme, reflexione, critique y piense su quehacer y los efectos de su creación a la luz del respeto por la vida (Gudynas, 2009; Pierre, 2017; Vargas et al., 2020).

Esta perspectiva biocéntrica resulta coherente con la comprensión de los sistemas vivos o biosistemas como sistemas complejos cuyo comportamiento resulta de múltiples interacciones concurrentes entre sus componentes ubicados en un nivel inferior que, al articularse, generan propiedades emergentes a un nivel superior, entre ellas, redes interdependientes y de complejidad creciente (Cohen & Harel, 2007; Trewavas, 2006). Esta lógica multinivel opera tanto en organismos biológicos como en organizaciones humanas, y como se verá más adelante es de doble vía: así como el comportamiento de la molécula influencia y restringe el comportamiento de la célula, y la célula influencia el comportamiento del organismo (Cohen & Harel, 2007), las capacidades de los diseñadores y de los investigadores influyen las capacidades de una línea de investigación para responder a un problema, y estas, a su vez, influyen las capacidades de una institución para integrarse a la sociedad. Reconocer esta estructura jerárquica e interdependiente permite aplicar principios biosistémicos al análisis de problemas complejos en el diseño, facilitando la identificación de niveles de organización, flujos de información y propiedades emergentes en contextos institucionales y sociales.

En adelante, el artículo se organizará de la siguiente manera: (i) problema de la creación de una línea de investigación; (ii) complejidad en los sistemas vivos; (iii) complejidad y diseño sistémico; (iv) metodología; (v) resultados y discusión; (vi) conclusiones.

## 2. Problema de la creación de una línea de investigación

A partir de lo anterior, la Línea de Investigación del Departamento de Diseño (LIDD) propende por la organización y generación de conocimiento alrededor del quehacer y la disciplina del diseño para respetar y proteger las diferentes formas de vida, mediante proyectos de investigación básica, aplicada y de investigación-creación. A su vez, las actividades complementarias de Investigación, Desarrollo Tecnológico o Innovación (I+D+i) hacen parte de su compromiso permanente por transferir los resultados de investigación a la empresa, la comunidad o el Estado. Es así como, desde una visión biocéntrica, la LIDD busca, sintetiza, analiza, aplica, y transfiere conocimiento vinculando los diferentes actores del proceso y los resultados de un proyecto de diseño responsable, justo y equitativo.

Desde la fundación de la LIDD en el año 2016, no se han realizado actualizaciones rigurosas ni planes de mejoramiento, lo que origina la necesidad de renovar sus fundamentos conceptuales y metodológicos con el fin de ejecutar una estrategia de fortalecimiento para aumentar indicadores de producción, cohesión y cooperación. Asimismo, a partir de un diagnóstico inicial, es evidente que los investigadores de la línea han construido su discurso de manera independiente y autónoma y que, aunque se han llegado a acuerdos, los conceptos y metodologías parecen estar aún disgregados y fragmentados. Esta situación resulta problemática, puesto que la deficiencia en la comprensión de las interrelaciones entre los conceptos y metodologías del LIDD puede ocasionar: (a) dificultad para trabajar sinérgicamente; (b) obstáculos para delimitar y solucionar los problemas complejos propios de la contemporaneidad; (c) inconvenientes para cumplir la estrategia de fortalecimiento, especialmente los objetivos referidos al fortalecimiento de los programas, al reconocimiento de las capacidades individuales y colectivas y al aumento de los indicadores de producción, cohesión y cooperación de la línea.

Ante este panorama, todo indica que es necesario un proyecto de investigación exploratoria desde un enfoque de las epistemologías de la complejidad, que permita realizar un análisis sistémico, entendido como un razonamiento que comprende los problemas como sistemas, y que posibilite entrelazar conceptos en red para construir interdependencias e interrelaciones, evitando la simplificación cartesiana de ver los problemas como fragmentos (Fragoso, 2009; Capra, 1996; Barbero y Pallaro, 2017). Este tipo de análisis permite identificar las interconexiones y revelar el grado de integración necesario para establecer un acercamiento transdisciplinar al problema (Sarquís y Buganza, 2009; Capra, 1996; Fragoso, 2009). Para tal efecto, la pregunta de investigación es: ¿cuáles son las interrelaciones sistémicas basadas en el biocentrismo entre los conceptos y metodologías de la LIDD?

La pregunta cobra relevancia desde diferentes perspectivas. En primera instancia, responderla ayuda a definir los principios biosistémicos basados en la complejidad. Por otro lado, desde un punto de vista académico, un trabajo efectivo de la LIDD, de sus investigadores y de su gestión de la investigación, tanto estricta como formativa, posibilita la actualización conceptual y metodológica de las bases de la disciplina, lo que repercute en la mejora de los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de los programas del Departamento. De la misma forma, la no integración de los investigadores de la LIDD puede aumentar la desarticulación de la investigación con los programas de pregrado y posgrado del departamento y disminuir el impacto de los resultados de la investigación al no contemplar la transversalidad del conocimiento.

## 3. Complejidad en los sistemas vivos

Capra (2002) plantea que todos los sistemas vivos, aunque en apariencia sean diferentes, demuestran patrones de organización similares y se vinculan jerárquicamente a través de redes: las células se configuran en órganos, los órganos en organismos, los organismos en comunidades, las comunidades en ecosistemas. La red, entonces, configura todo lo vivo como un sistema holístico que aumenta en complejidad a medida que crece, y como tal, posibilita que hasta el sistema vivo más pequeño guarde relación con el sistema total.

El estudio de la complejidad permite analizar la red de interacciones, relaciones, interdependencias, bifurcaciones (Capra, 1996) a partir de un pensamiento recursivo que ordena y desordena, que está inacabado, y, por tanto, en crecimiento (Morin, 1984). Desde esa premisa, es inminente el cambio paradigmático del pensamiento unidisciplinar al pensamiento transdisciplinar y sistémico. Este último difiere de los términos interdisciplinar y pluridisciplinar, puesto que el primero implica la utilización de un concepto o metodología de una disciplina en otra, y el segundo, el estudio de un concepto de una disciplina por varias a la vez (Nicolescu, 1996). En contraste, la transdisciplina implica que los límites de las disciplinas se diluyan, permitiendo una relación de mutuo enriquecimiento conceptual y metodológico que trasciende las disciplinas estudiadas (Fragoso, 2009).

Desde el biocentrismo, los procesos complejos de la naturaleza pueden impulsar, por ejemplo, la emergencia y autoorganización sistémica que permiten la adaptación y evolución biológica (Zavoleas, 2021; Capra, 1996), o la interconexión que se mantiene a nivel subatómico a pesar de que las entidades se alejen, lo que hace que todas las partes del sistema se afecten y condicionen de manera simultánea (Sarquis y Buganza, 2009; Capra, 1996).

La interacción entre componentes constituye el fundamento de la coherencia sistémica en organismos vivos. Cuando estas interrelaciones se interrumpen, los elementos individuales pierden su capacidad funcional y el sistema colapsa hacia estados fragmentados, frecuentemente caracterizados por comportamientos impredecibles y caóticos (Parisi, 2023; Capra, 1996). Este fenómeno revela que las características distintivas de los organismos no residen en sus partes constituyentes examinadas de forma aislada, sino que se manifiestan únicamente a través de la organización colectiva. Capra (1996) argumenta que esta perspectiva holística es fundamental para comprender la vida: las cualidades que definen a un sistema vivo emergen del entramado relacional y no pueden derivarse mediante el análisis descompuesto de sus elementos, ya que ningún componente por sí solo contiene la información completa del todo organizado.

Ahora bien, dentro de todo sistema, no todos los elementos poseen el mismo peso funcional. Algunos constituyen nodos críticos para la estabilidad y viabilidad del conjunto. Un ejemplo ilustrativo es el rol de las abejas en los ecosistemas: su ausencia desestabiliza al entramado ecológico al que pertenecen, comprometiendo la totalidad de su funcionamiento. Así, cada parte resulta significativa no solamente por su propia singularidad, sino también por la clave que ofrece para comprender la lógica integrativa del sistema completo (Bortoft, 2020).

### 3.1. Principios sistémicos de la vida

Diferentes autores han propuesto en los últimos años principios que permiten analizar la complejidad de los sistemas vivos. En este caso, se presentan solo algunos principios sistémicos clave, recurrentes en la literatura, que pueden servir para visualizar gráficamente la complejidad y apoyar la delimitación de un problema complejo: (i) entropía, (ii) autoorganización, (iii) interdependencia, (iv) emergencia y (v) evolución.

Según Morin (2006), la perspectiva estadística permite comprender que en sistemas aislados existe una tendencia natural hacia configuraciones moleculares menos estructuradas. Esto se debe a que el número de arreglos posibles para un conjunto de partículas favorece ampliamente los estados caóticos sobre los organizados. Este fenómeno se vincula a la **entropía**, segundo principio termodinámico: en ausencia de intercambio energético con el entorno, los sistemas evolucionan hacia la degradación energética y el equilibrio térmico, proceso que implica un incremento en el desorden interno del sistema. Al respecto, England (2013) sostiene que la entropía no es un obstáculo para que la vida emerja, sino la fuerza que la impulsa. Por ejemplo, cuando un sistema de partículas es impulsado por una fuente de energía externa, como el sol, y está en un entorno que puede disipar calor, el sistema tenderá a reorganizarse para absorber y disipar esa energía. La disipación aumenta la entropía del universo a la vez que permite que la vida se manifieste.

La **autoorganización** en sistemas abiertos se manifiesta como la capacidad de generar estructuras ordenadas mediante un flujo constante de energía con el ambiente, manteniendo al sistema alejado del equilibrio termodinámico (Halatek, Brauns, & Frey, 2018). Un modelo fundamental para comprender esta transición es el de las células de Bénard: cuando un fluido recibe un gradiente térmico crítico, el movimiento molecular aleatorio se transforma en una red coherente de vórtices hexagonales que optimizan la transferencia de calor (Kita, 2021). Este mismo principio de orden emergente y metabolismo energético indispensable subyace a la arquitectura de la vida. En los sistemas vivos, esta dinámica permite la configuración de patrones precisos, que van desde el ensamblaje de proteínas y membranas celulares hasta la estructuración de redes neuronales y el propio código genético (Halatek, Brauns, & Frey, 2018). En ambos casos, la estabilidad de la forma depende de procesos colectivos que desafían la tendencia hacia la máxima entropía.

Según Morin (2004), la comprensión de la complejidad se articula en torno a tres principios fundamentales relacionados con la **interdependencia** de los componentes entre sí y de los componentes con el todo. El primero es el “principio dialógico”, que plantea la coexistencia de la dualidad dentro de la unidad al vincular simultáneamente términos que son tanto complementarios como opuestos. El segundo es el “principio de recursividad organizacional”, que trasciende la lógica lineal de causa y efecto al reconocer que los productos y efectos se convierten, a su vez, en causas y generadores; así, por ejemplo, los individuos constituyen la sociedad, la cual, a su vez, contribuyen y complementan a la formación de los individuos. Finalmente, el “principio hologramático” sostiene que no solo la parte se encuentra contenida en el todo, sino que, de manera recíproca y complementaria, el todo también se halla inscrito en cada parte (Fragoso, 2009).

Noble (2012) afirma al respecto que en los sistemas biológicos no existe un nivel de organización lineal donde la información genética determine las proteínas, estas determinen las células y estas, a su vez,

determinen los órganos. Por el contrario, existe una **interdependencia** entre causa y efecto que hace que la causalidad fluya en ambas direcciones: el gen influye al órgano, pero el órgano puede influir al gen; por ejemplo, el ritmo cardíaco del corazón influye de manera directa a los tejidos, las células y los genes. Es así como cada una de las interacciones resultantes de los diferentes niveles de los sistemas vivos posibilita el surgimiento de la función biológica (Halatek, Brauns & Frey, 2018), ya que cualquier componente del sistema vivo puede afectar a los demás componentes (Noble et al., 2019).

La **emergencia** se produce cuando las propiedades de todo el sistema están relacionadas de manera no lineal con las propiedades de los componentes, posibilitando el surgimiento de nuevas propiedades y, en definitiva, de la vida (Capra & Luisi, 2014). Por ejemplo, las interconexiones entre individuos biológicos posibilitan que el sistema pueda reproducirse o mantener el equilibrio energético, como es el caso de células que al dividirse generan nuevas células hijas que, para mantener el equilibrio energético, se configuran como un sistema vivo (Chen & Crilly, 2019).

Por último, la **evolución**, desde un punto de vista darwiniano, permite que la selección natural favorezca aquellos individuos vivos que son mejores para encontrar y consumir energía, descartando información genética que no funciona y fijando aquella que mejor se adapta a las condiciones del entorno. Los sistemas evolucionan hacia estados donde existe mayor flujo de energía, mayor información y mayor complejidad, ya que esta es la ruta más eficiente que les permite consumir la energía disponible (Liu et al., 2016). Es entonces la evolución un proceso fundamental de la complejidad, donde las mutaciones, la dinámica adaptativa de las redes biológicas y la coevolución permiten transitar en una línea de tiempo hacia la supervivencia (Capra & Luisi, 2014).

#### 4. Complejidad y diseño sistémico

El pensamiento sistémico es uno de los pocos marcos generales que permite abordar y entender los problemas complejos (Sevaldson, 2011). Abarca la mayoría de los modelos, enfoques y teorías en el campo de los sistemas, y permite comprender la interconexión de las cosas tangibles e intangibles de manera global (Sevaldson, 2022). Surge a mediados del siglo XX a partir de conceptos de la teoría general de sistemas y de la cibernética, originando desde entonces una gran variedad de metodologías y enfoques, como el análisis de sistemas, la sinérgica, la teoría de sistemas vivos, la metodología de sistemas blandos, los sistemas dinámicos no lineales, la cibernética de segundo orden y el diseño sistémico, entre otros (Ryan, 2014).

Desde una perspectiva biomimética, Zavoleas (2021) realiza un primer acercamiento al pensamiento de diseño biosistémico al proponer la utilización y transferencia de patrones naturales materializados en formas y estructuras que, obedeciendo a operaciones algorítmicas, tienen geometrías flexibles, suaves y dinámicas que promueven un pensamiento arquitectónico basado en la complejidad, la mutación y la evolución. En este caso, Zavoleas (2021) hace uso de las propiedades geométricas, mas no del principio sistémico en sí, que constituye el foco de este proyecto.

##### 4.1. Mapas y visualización de la complejidad

Ahora bien, el objetivo del diseño sistémico no es necesariamente el desarrollo de objetos o artefactos, sino la generación de herramientas para el aprendizaje, el desarrollo y la construcción de conocimiento que hacen parte más del proceso de diseño que del resultado, más de procesos intangibles de conocimiento que de resultados tangibles (Jones & Van Ael, 2022).

Dentro de las herramientas que permiten visualizar los sistemas complejos se encuentran los *Gigamaps* (Sevaldson, 2011) y los *Synthesis maps* (Jones, Shakhder & Singh, 2017). Los *Gigamaps* son una herramienta sistémica y proyectual donde se crea una nube de información para visualizar la complejidad que puede derivar en relaciones y soluciones novedosas. Se diferencian de las infografías en que estas se centran en comunicar información de manera pasiva, mientras que el *Gigamapping* permite aplicar tanto procesos comunicativos como de participación y producción colectiva (Sevaldson, 2011).

Con los *Gigamaps* se puede visualizar la información recopilada durante una investigación de diseño sistémico, de manera que se presente un marco multiescala para delimitar el sistema, mostrar las conexiones y proponer las posibles interacciones. Son sintéticos, flexibles y pueden combinar procesos, estructuras, funciones e imágenes, tanto de manera jerárquica como no jerárquica (Ryan, 2014). Permiten que un grupo de colaboradores co-indague y visualice los sistemas complejos, revelando, mientras se realiza el mapeo, las interacciones, los estados actuales del sistema, así como los posibles estados futuros. Se diferencian de un mapa convencional en que los *Gigamaps* no ordenan ni simplifican el problema, sino que intentan comprenderlo en su complejidad, sin reducirlo a sus componentes esenciales, sino entendiendo el sistema con sus particularidades e interacciones (Sevaldson, 2019).

De manera similar, los *Synthesis maps* son una herramienta basada en los *Gigamaps* que permite interpretar visualmente evidencia de la investigación, sobre todo en el área de la atención médica y la ciencia, donde se requieren visualizaciones para presentar diferentes perspectivas del sistema a partir de narrativas gráficas coherentes que faciliten la comprensión del problema entre las partes interesadas (Jones, Shakhder & Singh, 2017). Su objetivo es motivar la comprensión compartida dentro del equipo de colaboradores para que puedan examinar opciones de diseño disponibles dentro de los sistemas, apoyando el aprendizaje, la representación y la comunicación (Jones & Bowes, 2017).

#### 5. Metodología

Como se mencionó anteriormente, la característica compleja del LIDD hizo necesario usar métodos y metodologías alternativas a los métodos tradicionales de diseño que consideren la importancia de las conexiones

y relaciones, como las metodologías propias del diseño sistémico (Dominici, 2017). Desde esa perspectiva se propuso un proyecto exploratorio con enfoque transdisciplinar, combinando razonamientos interpretativos con las epistemologías de la complejidad.

En un primer momento, se realizó un taller participativo con los investigadores de la LIDD para identificar, agrupar y relacionar áreas de estudio principales con los que identificaran sus procesos de construcción de conocimiento. En él se indicaron conceptos y temas secundarios, se establecieron relaciones, se evidenciaron autores que dominaban el campo de estudio y se identificaron metodologías que soportaban cada uno de los conceptos. Con esta información, se hicieron esquemas que agruparan los conceptos de la LIDD, los cuales fueron socializados y discutidos por los investigadores.

**FICHA DE EXPLORACIÓN Y ANÁLISIS DE COMPLEJIDAD**

Título de producto: \_\_\_\_\_

Autores: \_\_\_\_\_

Tipo de producto: \_\_\_\_\_ Fecha de presentación: \_\_\_\_\_

Evento, libro o revista: \_\_\_\_\_

**DESCRIPCIÓN**

¿Con cuáles conceptos de los **enfoques secuenciales** se basa el producto?

Teoría, metodología e historia del diseño - - - - -

Estudios sobre y para el territorio - - - - -

Prácticas culturales y comunidad - - - - -

Futuros del diseño, diseño crítico y especulativo - - - - -

Calidad de vida, bienestar y diseño inclusivo - - - - -

Diseño con enfoque social e innovación social - - - - -

Low tech, diseño para la artesanía, Do it yourself - - - - -

Diseño y alimentos - - - - -

Disciplinas basadas en la biología - - - - -

Estrategias sostenibles, materiales y procesos de bajo impacto ambiental - - - - -

Tecnologías emergentes e industria 4.0 - - - - -

Gestión del consumo responsable - - - - -

Gestión de la comunicación, de la materialidad y de la transformación - - - - -

Pensamiento estratégico; gestión de marca y emociones - - - - -

Inteligencia tecnológica y comercial - - - - -

Describe cómo se utilizaron o se hacen evidentes los conceptos de los **enfoques secuenciales** en el producto.

¿Con cuáles **enfoques transversales** se relaciona en mayor medida el producto?

Pensamiento situado - - - - -

Pensamiento circular - - - - -

Pensamiento innovador - - - - -

Describe la relación del productos con los **enfoques transversales**

*Proyecto de capacidad instalada: Pensamiento sistémico de diseño. Interrelaciones transdisciplinarias entre los componentes de la Línea de Investigación de Diseño y Materiales del Instituto Tecnológico Metropolitano.*

**ANÁLISIS DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD**

**Emergencia**  
¿Qué nuevos conceptos, metodologías o enfoques surgieron del proceso o del resultado?

**Evolución**  
¿Cómo afecta el producto a los conceptos, metodologías o enfoques para que se puedan o no perpetuar?

**Autoorganización**  
¿El producto ayuda a aclarar algún concepto, metodología o enfoque de la línea?

**Interdependencia**  
¿En la generación del producto fue evidente que los conceptos de los enfoques conceptuales son dependientes entre sí y con los enfoques transversales?

Figura 1. Ficha de exploración y análisis de la complejidad. Elaboración del autor.

Posteriormente, se diseñó una ficha de exploración y análisis de la complejidad (Fig. 1), donde los 12 investigadores de la LIDD registraron y analizaron los resultados y productos de sus proyectos de investigación durante 2 años. Se registraron 60 productos de investigación, entre ellos: artículos, ponencias, registros de diseño industrial, registros de fonograma, y participación en exposiciones (obra). En la ficha se analizaron los conceptos claves y cuatro de los cinco principios sistémicos de la vida. La entropía no se utilizó porque, en un primer momento, no se encontró una aplicación directa en el registro.

A medida que los investigadores entregaban las fichas, esta información era sistematizada en un *Gigamap* que iba creciendo y aumentando en complejidad a través de la plataforma MIRO. En él se emplearon códigos para visualizar las relaciones y los principios sistémicos de la complejidad. A partir de ese primer mapa, se hicieron dos acercamientos preliminares que permitieron, a partir de la discusión entre el equipo de investigadores (Fig. 2), aclarar paulatinamente las redes sistémicas que se iban generando a la luz de las tres propiedades de una red sistémica que propone la bióloga y filósofa Gail Fleischaker (Fleischaker, 1992; Capra, 1996):

- Autolimitado ¿cuáles son los límites del sistema? ¿Cuál es el alcance de los conceptos, metodologías y enfoques que permite que el sistema se mantenga autónomo?
- Autogenerado ¿qué y por qué se generaron los conceptos, metodologías y enfoques?
- Autoperpetuante ¿cómo podría evolucionar el sistema en el tiempo? ¿se pueden reemplazar componentes? ¿cómo sigue creciendo?



Fig 2. Fotografías de los talleres participativos con los investigadores de la LIDD. Fotografía del autor.

Para terminar esta fase, se desarrolló un *Gigamap* preliminar de la LIDD que fue discutido para, posteriormente, proponer un *Gigamap* definitivo con subsistemas y descripciones de las capacidades colectivas. Finalmente, se proponen principios biosistémicos basados en los hallazgos que pueden servir para aclarar conceptos, establecer relaciones, indagar de manera participativa y construir redes para la resolución de problemas complejos.

## 6. Resultados y discusión

### 6.1. Primer taller participativo

En el primer taller participativo, los investigadores propusieron tres enfoques secuenciales que constituyen la manera específica como el Departamento se acerca al conocimiento de Diseño para generarlo y cuestionarlo de una manera metódica, teniendo en cuenta las reflexiones contemporáneas propias de la disciplina, situadas en el contexto local y basadas en el biocentrismo. Estos enfoques están esquematizados circularmente porque se correlacionan a varios niveles y no son excluyentes entre sí: Pensamiento y discurso transformador, Pensamiento para la mediación crítica y Pensamiento para la gestión (Fig. 3).

Se definieron, además, tres conceptos transversales que hacen parte de los enfoques antes mencionados: Pensamiento situado, Pensamiento circular y Pensamiento innovador.

El **Pensamiento situado** engloba los procesos mentales y acciones físicas que se desarrollan en un contexto específico y, de esa manera, adquieren sentido y pertinencia. Hace referencia a la contextualización local de problemáticas, escenarios y narrativas en sus diferentes dimensiones: empresa privada, Estado, comunidades. En la Figura 3 se pueden observar los temas y conceptos que, partiendo de los enfoques, hacen parte de cada concepto transversal.

El **Pensamiento circular** sitúa al investigador como autogestor de su proceso de diseño y precursor de procesos ecológicamente viables y pertinentes. Busca los procesos iterativos y en red, vinculando de manera secuencial las diferentes fases del proceso de diseño y promoviendo la sostenibilidad en sus diferentes dimensiones: ambiental, económica, social y cultural.

El **Pensamiento innovador** es la actitud constante del sujeto que investiga por buscar procedimientos y resultados novedosos que impacten de manera positiva el entorno a través de la implementación de estrategias creativas, vanguardistas y relevantes para este.

### 6.2. Primer *Gigamap* de registro y análisis de información

En el primer *Gigamap* (Fig. 4) se realizaron conexiones por asociación directa de los términos y conceptos similares que surgieron en la descripción de los enfoques secuenciales y transversales. Además, se emplearon códigos para visualizar el tipo de producto resultado de investigación y, sobre todo, los principios sistémicos de la complejidad:

- (E) Emergencia: Nuevos conceptos, metodologías y enfoques que surgieron del proceso o del resultado.
- (e) Evolución: Conceptos, metodologías o enfoques que se perpetuaron mediante su adaptación y mutación.
- (A) Autoorganización: Relación que ayuda a profundizar y aclarar conceptos, metodologías y enfoques.
- (i) Interdependencia: Dependencia bidireccional entre los conceptos, metodologías y enfoques.

Dentro de los hallazgos más relevantes estuvo encontrar la interdependencia como una propiedad que trasciende una relación puntual. Esto se hizo evidente a medida que se esquematizaban gráficamente las

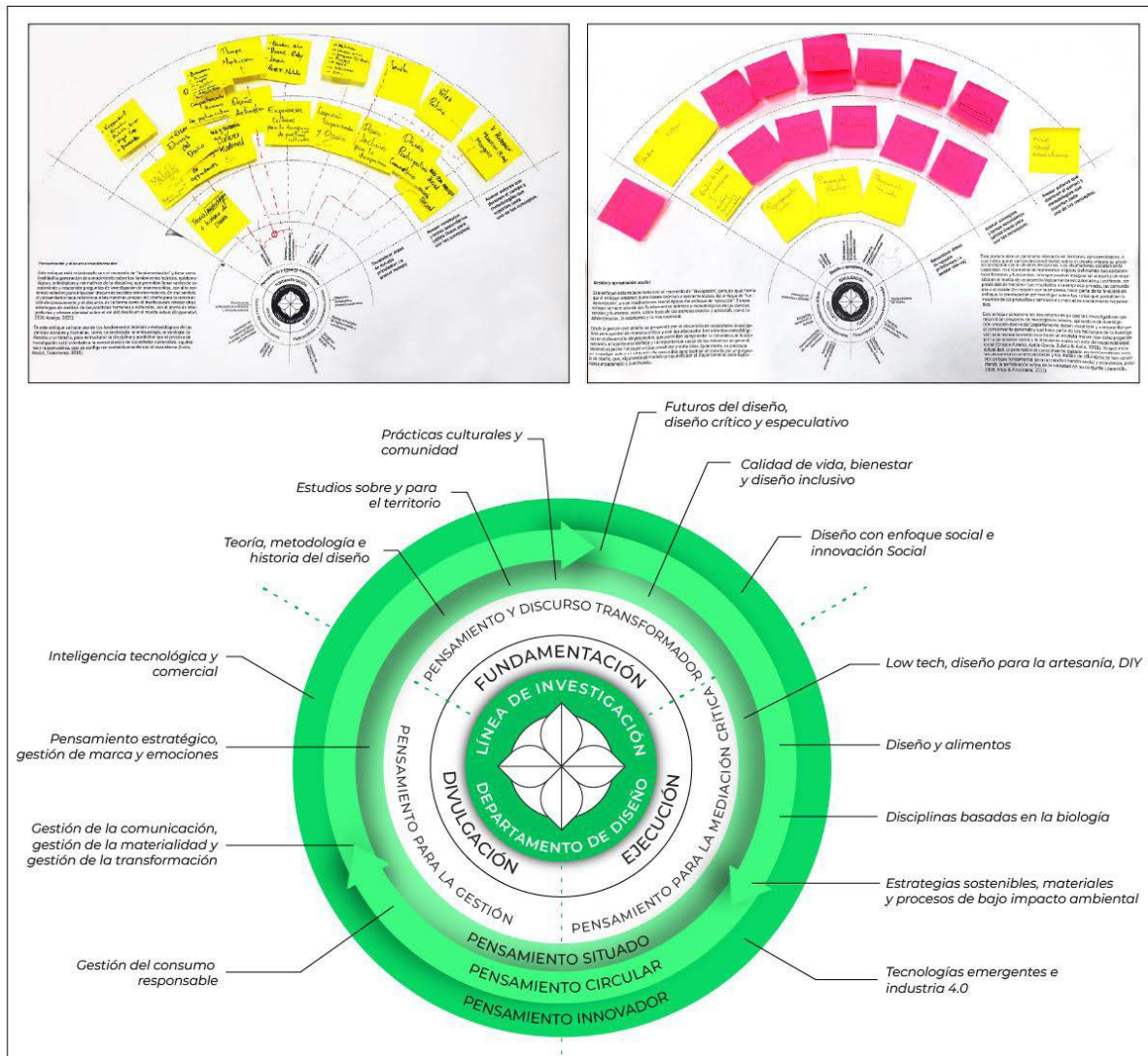


Figura 3. Proceso y resultado primer taller participativo con los investigadores. Elaboración del autor.

relaciones. Es decir, emergía o evolucionaba un concepto y este era interdependiente con otro. El *Gigamap* en sí constituyó una red interdependiente que aumentaba en complejidad a medida que crecía, no solo desde el punto de vista gráfico, sino que, a medida que los investigadores analizaban más productos de investigación —es decir, mientras la investigación maduraba, crecía y avanzaba en un eje temporal—, estos encontraban más relaciones. Por ejemplo, seleccionaban de manera simultánea más relaciones entre los enfoques secuenciales y transversales. De manera contraria, algunos conceptos y metodologías que se propusieron en el primer taller no sobrevivieron, bien porque ningún producto evidenció su utilización, o bien porque no se establecieron relaciones con el sistema total.

Otros de los hallazgos de ese primer *Gigamap* fueron:

- a) Emergencia preponderante de metodologías de diseño y de la enseñanza o el aprendizaje del proceso de diseño
- b) Evidencia de la relación diseño-arte en muchos productos, o de la utilización de estrategias o medios usualmente vinculados al arte: como el análisis pictórico, o el desarrollo de esculturas.
- c) Integración de diferentes dispositivos y mediaciones para los procesos de divulgación: audio, audiovisuales, imágenes, exposiciones.
- d) Predominio de productos aplicados, como registros de diseño y exposiciones (obras).
- e) Emergencia de procesos basados en la ciencia como transdisciplina: los sistemas vivos, los algoritmos, las matemáticas, y la computación.

### 6.3. Acercamiento preliminar de los mapas de síntesis

En las Figuras 5 y 6 se pueden observar dos bocetos de los mapas que permitieron visualizar de manera paulatina e iterativa el nuevo esquema de la LIDD. La propiedad **autolimitante** se hizo presente en las mismas relaciones del sistema. Los mapas representados en redes constituyen, entonces, fronteras que le permiten mantener su autonomía y coherencia a partir de: (i) definir la pertinencia e interdependencia del concepto



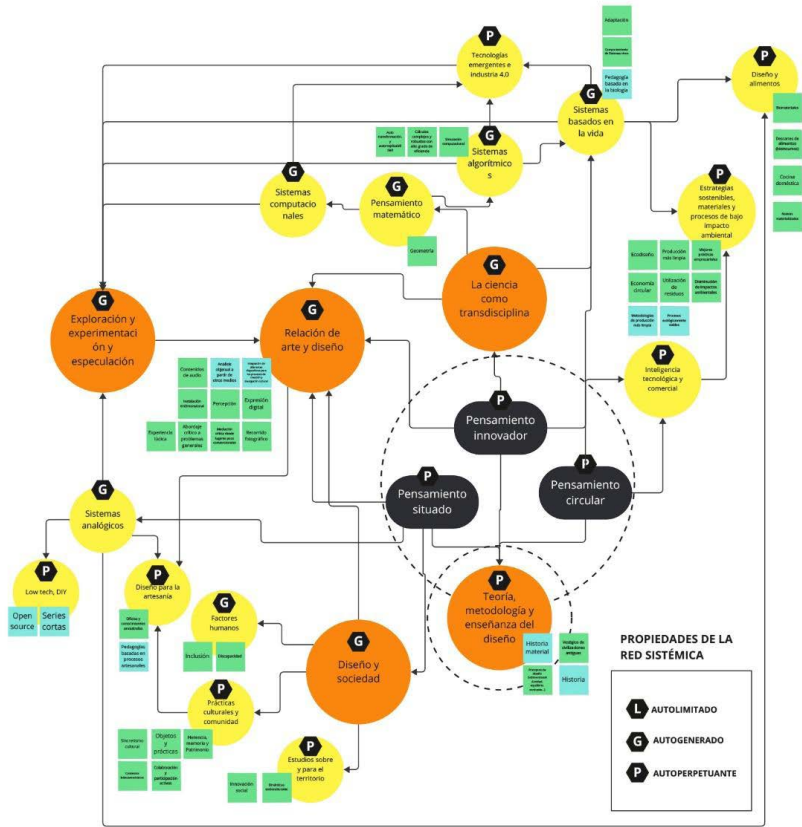


Figura 5. Primer mapa de síntesis resultado de la primera iteración. Elaboración del autor.

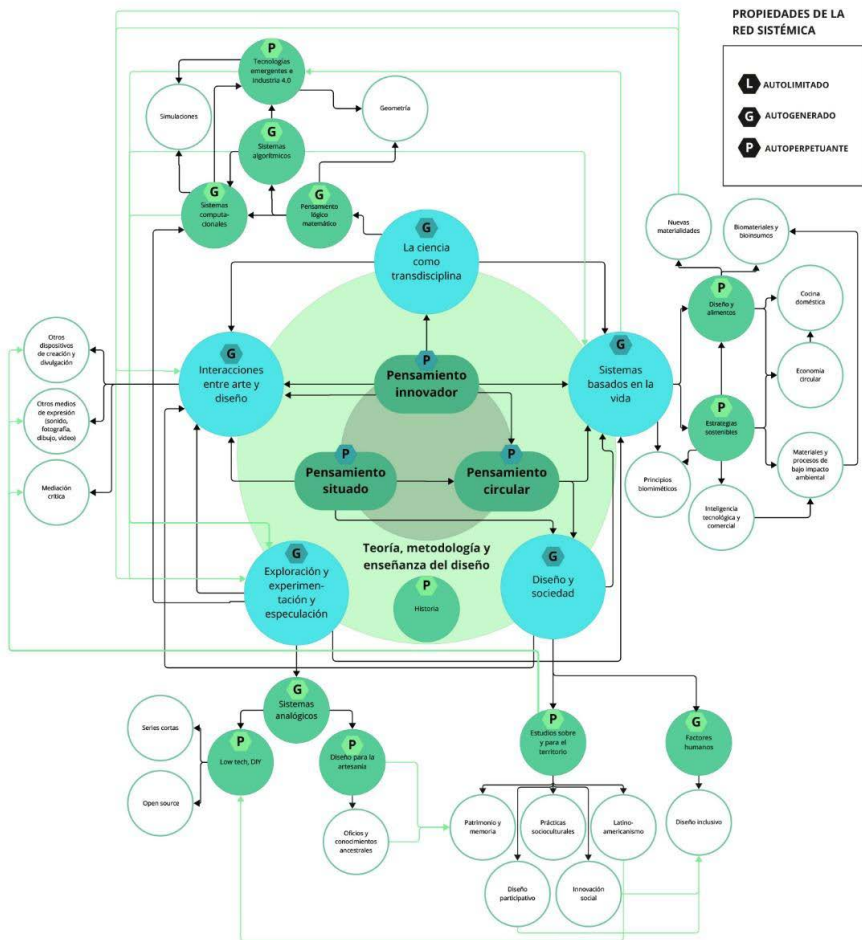


Figura 6. Segundo mapa de síntesis resultado de la segunda iteración. Elaboración del autor.

### 6.4. Gigamaps de la LIDD

Luego de la construcción de estos mapas, se desarrolló en un software de graficación un *Gigamap* preliminar de la LIDD (Fig. 7) que esquematizara todos los conceptos. Este fue socializado, discutido y transformado en un taller participativo por los investigadores del Departamento de Diseño. En la mayoría de las relaciones no se asignó direccionalidad porque se identificó interdependencia entre las conexiones. Por ejemplo, el “Pensamiento lógico matemático” es fundamental para estudiar las tecnologías de la “Industria 5.0”; de la misma forma, la “Industria 5.0” ha sido fundamental para desarrollar capacidades y habilidades del “Pensamiento lógico matemático”. Asimismo, las líneas continuas representan relaciones directas por similitud, y las líneas discontinuas representan relaciones de influencia indirecta.

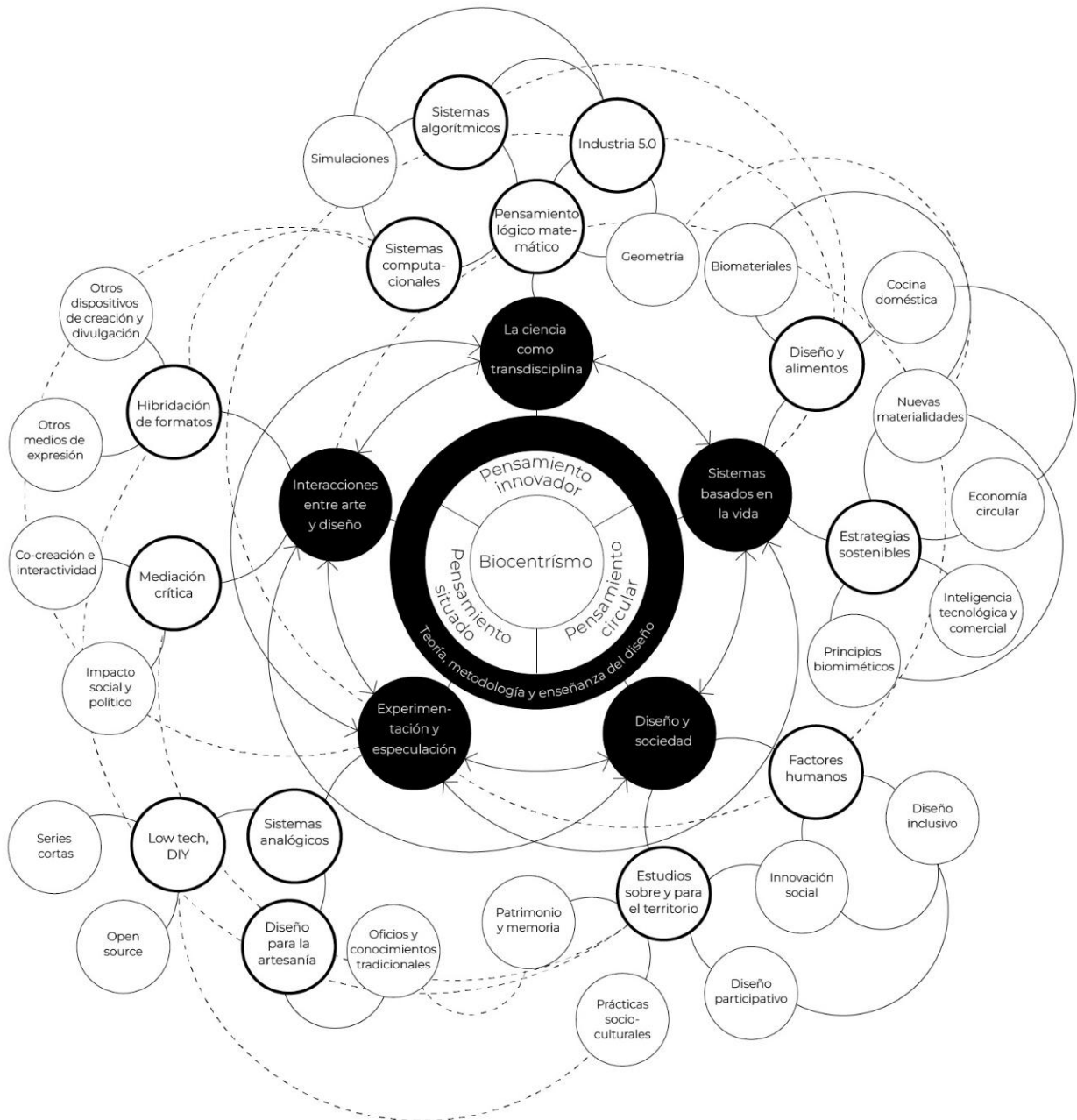


Figura 7. *Gigamap* preliminar de la LIDD. Elaboración del autor.

Finalmente, se desarrolló el *Gigamap* definitivo de la LIDD (Fig. 8), el cual está organizado de la siguiente manera. Hay una raíz central que toma el biocentrismo como concepto semilla, y tres tipos de pensamiento que brotan y cobran vida de ella, anteriormente llamados conceptos transversales: el “Pensamiento situado”, el “Pensamiento circular” y el “Pensamiento innovador”. Los rodean y contienen “Teoría y metodología del diseño” y “Enseñanza y aprendizaje del diseño”. Este último concepto fue cobrando relevancia a medida que avanzaba la investigación y se asoció con los desafíos identificados por Meyer y Norman (2020) de la educación en diseño: (i) Desafíos de desempeño: ¿cómo actúa el diseño en el entorno construido y el entorno social intangible? ¿qué debe hacer el diseñador con su conjunto de habilidades para transformar su entorno?;

(ii) Desafíos sistémicos: ¿cómo la investigación ayuda a abordar el sistema completo, estableciendo relaciones entre los marcos sociales, económicos e industriales? ¿cómo se diseña para el mundo intangible que a menudo supera el valor del mundo tangible?; (iii) Desafíos contextuales: ¿cómo se satisfacen las demandas y expectativas de las partes interesadas, los productores y los grupos de usuarios? ¿cómo se maneja un sistema complejo afectado por su entorno, la cultura local y las preocupaciones políticas?; (iv) Desafíos globales: ¿cómo afronta el diseño la crisis social y ambiental que enfrenta el mundo? Por ejemplo, la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación ambiental, la paz y la justicia.

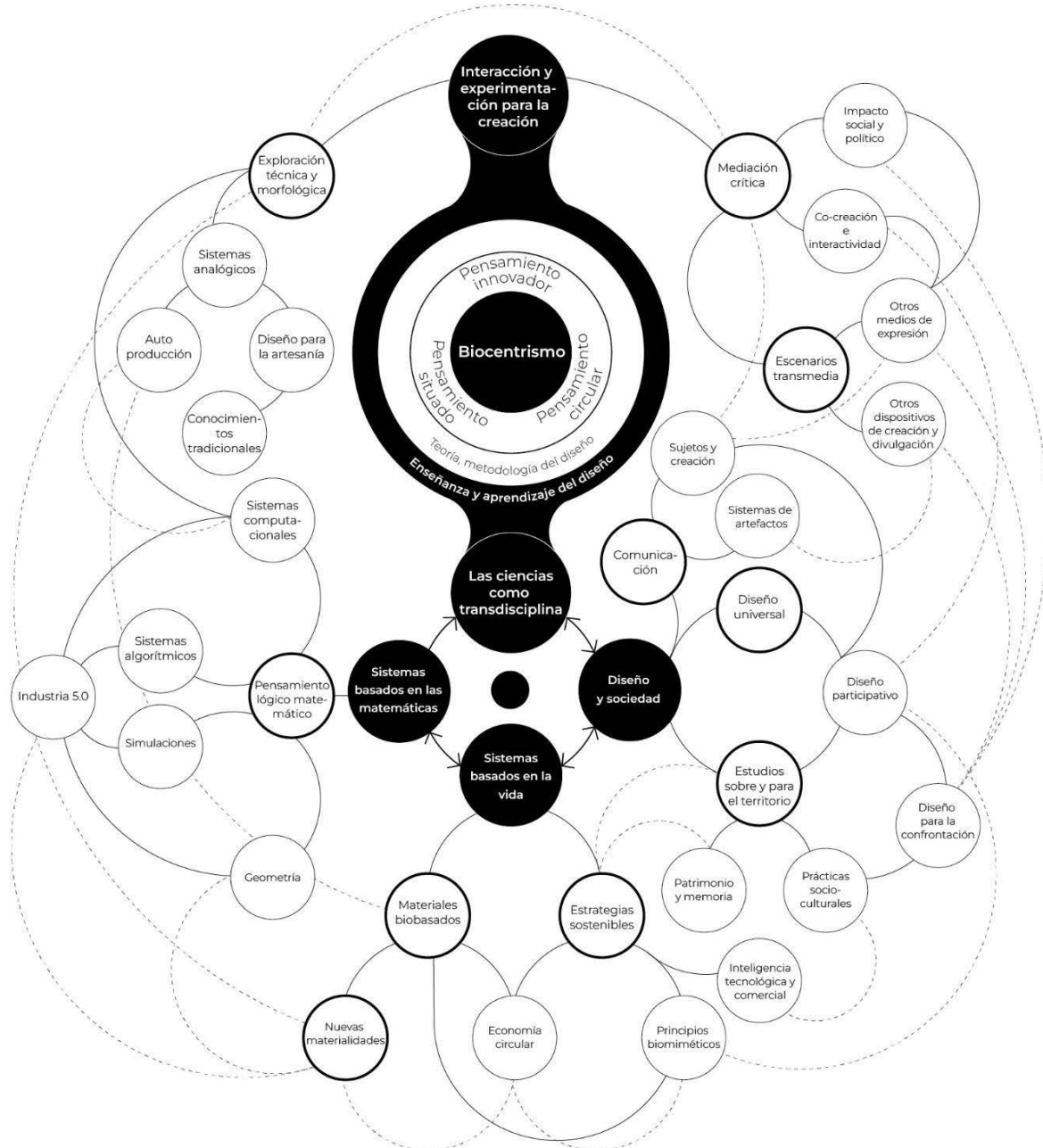


Figura 8. Gigamap definitivo de la LIDD. Elaboración del autor.

A partir de la raíz central surgen conceptos-fruto con diferentes niveles de jerarquía y niveles de relaciones que posibilitan la generación de las redes de conocimiento: “Interacción y experimentación para la creación”, “Las ciencias como transdisciplina”, “Sistemas basados en las matemáticas”, “Sistemas basados en la vida” y “Diseño y sociedad”. Como se observa en la Figura 8, la “Interacción y experimentación para la creación” ocupa un lugar preponderante por ser una línea de investigación en Diseño.

Para ejemplificar el funcionamiento del sistema se presentará este último subsistema o clúster que, como se dijo anteriormente, está relacionado con los otros subsistemas. La “Interacción y experimentación para la creación” (Fig. 9) implica el uso de la especulación dirigida e intencionada para acercarse al conocimiento de una manera dinámica e imaginativa. Adjetivos asociados a la investigación tradicional, como replicable y sistemático, se diluyen frente a los enfoques alternativos de investigación-creación (Patiño, 2022). El tipo de razonamiento predominante es el abductivo (Collins, 2018), lo que significa que se generan redes de relaciones y conjeturas a partir de la generación de nuevas conexiones para no solamente describir, probar, explicar

y generar significado, sino también para imaginar qué podría ser, es decir, especular de manera controlada para suponer las posibilidades procesuales y de resultados de la investigación-creación (Crouch y Pearce, 2013).

La especulación, la experimentación y la exploración son, por tanto, procesos que permiten indagar un dominio de conocimiento, definirlo y limitarlo para crear puentes conceptuales y metodológicos con otros dominios. Esto permite proponer nuevas metodologías, encontrar nuevos resultados y, en definitiva, dinamizar la manera como se investiga en diseño (Patiño, 2022). Esto no implica necesariamente la invalidación de la investigación tradicional, sino, por el contrario, involucra en la creación, además de metodologías basadas en la inducción y la deducción, procesos abductivos y creativos.

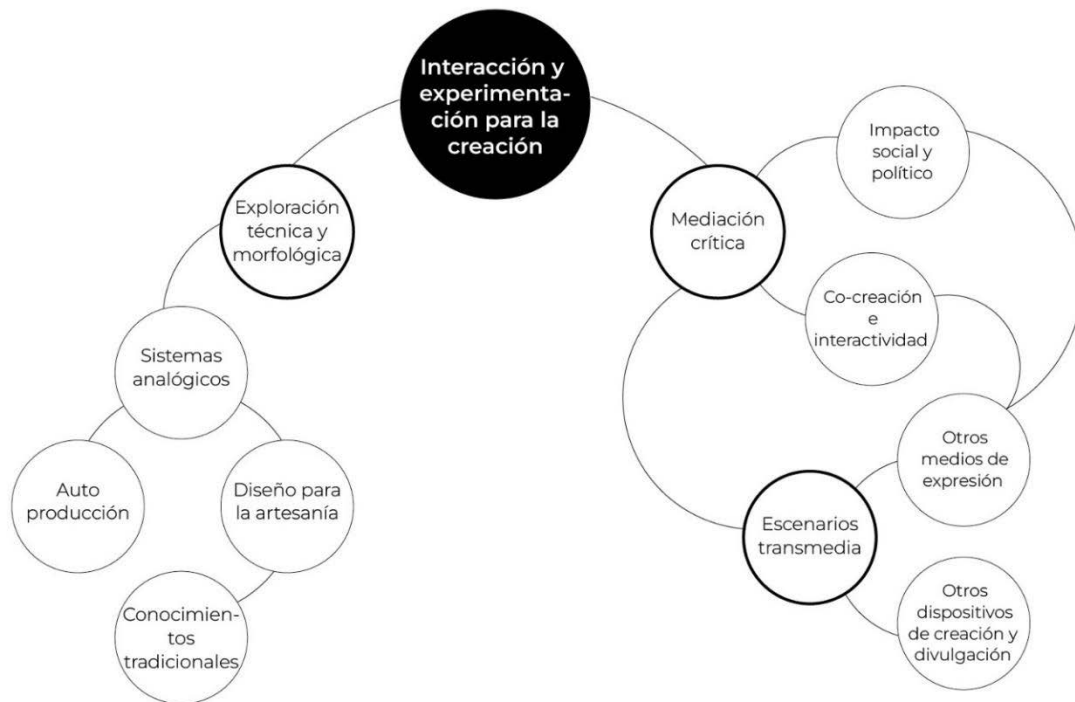


Figura 9. Subsistema de Interacción y experimentación para la creación. Elaboración del autor.

Dentro de los hallazgos relevantes se evidenció que la asimetría de las relaciones presentes permitió establecer con mayor facilidad la relación entre los subsistemas. Además, la división por clústeres no fragmentó el problema, puesto que gráficamente seguían estando entrelazados en todo el sistema. En su lugar, ayudó a comprender la importancia de los subsistemas, acotarlos y explicarlos. De la misma forma, en los talleres participativos los investigadores sugerían conceptos emergentes y veían sus áreas de experticia evidenciadas, lo que permitió que estos se sintieran identificados y coevolucionaran con el sistema global. Por ejemplo, en los primeros mapas se hablaba de la Industria 4.0 y en el Gigamap definitivo está presente la Industria 5.0, vinculada con un número mayor de conceptos, muchos de ellos nuevos.

### 6.5. Principios biosistémicos para visualizar la complejidad

Con base en el ejercicio anterior, se elaboró una lista de principios biosistémicos que, basados en la vida, pueden ayudar a visualizar la complejidad, en este caso específico, para desarrollar *Gigamaps* que permitan acotar sistemas, aclarar problemas que son difusos e identificar oportunidades. Conceptualmente, los principios se organizan en dos grupos: (1) principios que son idóneos para la fase de registro de información, que se utilizaron en el proyecto en el desarrollo de los primeros mapas; y (2) principios que son aptos para la fase de síntesis de información, que corresponden a las propiedades de las redes sistémicas que se utilizaron en los mapas finales. En ambas fases hay un ejercicio de análisis que permite que los conceptos se vayan entrelazando. De la misma manera, la entropía como principio característico de los sistemas cerrados, que para el ejercicio es un mapa, está presente en la fase de registro y en la fase de síntesis.

El único principio que cambió de denominación fue el principio de evolución, que se nombró coevolución por dos razones: (i) ejemplifica el trabajo participativo y colaborativo necesario en la elaboración de los *Gigamaps*; y (ii) demuestra la interdependencia que permite que varios conceptos se adapten, muten y evolucionen. En la Tabla 1 se puede observar la lista de principios, donde las “señales” son indicadores observables en el sistema que ayudan a reconocer si un principio está presente y cómo está actuando, y el “¿Cómo mapear?” son guías de acción o heurísticas procedimentales. Se espera que, al aplicar los principios, los equipos puedan co-indagar, clarificar límites y condiciones de posibilidad, identificar nodos o conceptos críticos y propiedades emergentes, y sostener procesos de aprendizaje que hagan al sistema más legible, gobernable y capaz de evolucionar sin perder identidad.

Tabla 1. Principios biosistémicos para la visualización de la complejidad

Fase	Principio biosistémico	Definición	Señales	¿Cómo mapear?
Registro de información	Autoorganización	Formación espontánea de patrones y agrupaciones ordenadas a partir de interacciones locales, sin control central necesario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aparición de nuevos conceptos.</li> <li>– Identificación de patrones repetidos o similares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Agrupar conceptos en subsistemas.</li> <li>– Nombrar los subsistemas.</li> <li>– Utilizar flechas o conectores para generar relaciones.</li> <li>– Utilizar códigos para identificar principios.</li> </ul>
	Coevolución	Conceptos correlacionados que se adaptan mutuamente en el tiempo. Asimismo, implica el trabajo participativo entre integrantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identificación de conceptos que cambian en el tiempo.</li> <li>– Ajustes paulatinos entre conceptos y relaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diseñar talleres participativos.</li> <li>– Posibilitar la mejora a través del mapeo iterativo del sistema (Dibujar el sistema varias veces y retroalimentar).</li> </ul>
	Interdependencia	Dependencia bidireccional entre componentes y entre las partes y el todo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identificar relaciones y conceptos que su remoción desestabiliza todo el sistema.</li> <li>– Identificar dependencia entre conceptos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dibujar relaciones bidireccionales o en bucle.</li> </ul>
	Emergencia	Aparición de nuevos conceptos mientras se mapea el sistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identificar posibilidades de crecimiento de los conceptos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Documentar conceptos que emergen en la discusión.</li> </ul>
	Entropía	Tendencia al desorden y a la dispersión de información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Acumulación de ambigüedades.</li> <li>– Aumento de conceptos aparentemente inconexos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Registrar todos los conceptos en el mapa, aunque no presenten relaciones visibles.</li> <li>– Permitir que en los talleres participativos se generen discusiones para verificar la viabilidad de la inserción del concepto.</li> </ul>
Síntesis de información	Autogenerado	Capacidad del sistema para producir sus propios conceptos, relaciones y reglas a partir de iteración y retroalimentación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conceptos que emergieron en el registro y generaron, a partir de la interacción y la discusión, otras ramificaciones de conceptos y relaciones.</li> <li>– Mayor diversidad de relaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Documentar la genealogía y las interacciones de las que derivaron los nuevos conceptos.</li> <li>– Utilizar códigos para el registro.</li> <li>– Guardar todo el histórico de mapas.</li> </ul>
	Autolimitado	Definición dinámica de fronteras, alcances y criterios de pertinencia que preservan la identidad y coherencia del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Decisiones de exclusión e inclusión justificadas por las relaciones directas e indirectas entre los conceptos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dibujar flechas o conectores que representen diferentes tipos de relaciones, por ejemplo: relaciones directas o indirectas.</li> </ul>

Fase	Principio biosistémico	Definición	Señales	¿Cómo mapear?
	Autoperpetuante	Capacidad de sobrevivir y conservar la identidad mientras evoluciona.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Consolidación de subsistemas luego de discusiones con el grupo de trabajo.</li> <li>– Equilibrio entre principios entrópicos y principios de autoorganización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realizar ciclos de revisión en talleres participativos.</li> <li>– Presentar los mapas como inacabados, siempre cambiantes, con un límite definido, pero con posibilidad de mutar.</li> </ul>
	Entropía	Tendencia que impulsa reconfiguraciones asimétricas, descentralizadas y con jerarquías disímiles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Deterioro de relaciones simétricas.</li> <li>– Imposibilidad de aplicar jerarquías convencionales.</li> <li>– Identificación de conceptos que generan incertidumbre en el sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilizar otro tipo de jerarquías o conceptos para agrupar, por ejemplo, raíces, frutos, redes.</li> <li>– Dinamizar el dibujo utilizando otras maneras de graficar los sistemas.</li> </ul>

Tabla de elaboración propia.

## 7. Conclusiones

Los resultados demuestran que los principios biosistémicos propuestos constituyen un marco conceptual y operativo robusto para visualizar y comprender la complejidad. Estos principios, derivados del estudio de los sistemas vivos, no solo permitieron mapear las interrelaciones entre conceptos, metodologías y enfoques de la LIDD, sino que también facilitan la identificación de nodos críticos, propiedades emergentes y dinámicas de adaptación que caracterizan los sistemas y problemas complejos contemporáneos. Al proporcionar señales observables y heurísticas procedimentales para cada principio, se ofrece a diseñadores e investigadores un marco operativo que hace legibles, gobernables y capaces de evolucionar a los sistemas complejos.

La aplicación de estos principios mediante *Gigamaps* reveló que la complejidad no puede ser reducida a jerarquías lineales o fragmentaciones disciplinares. Por el contrario, la visualización sistémica evidenció que los conceptos y metodologías de la LIDD están entrelazados en redes de interdependencia, donde la remoción de un componente puede desestabilizar el sistema completo. Esta propiedad, donde el todo está inscrito en cada parte y viceversa, se hizo visible a través del mapeo iterativo y participativo, confirmando que los problemas complejos requieren enfoques transdisciplinarios que trasciendan los límites convencionales de las disciplinas.

Uno de los hallazgos más significativos fue la identificación de la **interdependencia** como propiedad transversal que permea todas las relaciones del sistema. A medida que se esquematizaban gráficamente las conexiones, se visualizaba con claridad que los conceptos no solo se relacionaban de manera puntual, sino que coevolucionaban mutuamente, adaptándose y transformándose para **autolimitar** las dinámicas del sistema global. Esta interdependencia bidireccional entre componentes, y entre las partes y el todo, refleja la naturaleza holográfica, relacional e histórica de los problemas complejos que enfrentan los diseñadores contemporáneos.

La **autoorganización** se manifestó como un principio fundamental para agrupar conceptos en subsistemas coherentes sin necesidad de control central. Los subsistemas emergieron espontáneamente a partir de las interacciones locales entre conceptos, revelando patrones repetidos y similitudes que permitieron estructurar el conocimiento de manera orgánica y dinámica.

La **entropía**, lejos de ser un obstáculo, se reveló como una fuerza impulsora que posibilita reconfiguraciones asimétricas y descentralizadas. La imposibilidad de aplicar jerarquías convencionales obligó a explorar otras formas de organización, como raíces, frutos y redes, que reflejan con mayor fidelidad la naturaleza compleja y dinámica de los sistemas vivos. Este principio entrópico, presente tanto en la fase de registro como en la de síntesis, permitió aceptar el desorden y la ambigüedad como componentes legítimos del proceso de visualización, evitando simplificaciones reduccionistas.

La **emergencia** como principio permitió documentar la aparición de nuevos conceptos y ramificaciones durante el proceso de maduración y evolución del mapa. Este fenómeno de autogeneración, donde el sistema produce sus propios componentes y relaciones a partir de iteración y retroalimentación, confirma que los *Gigamaps* no son representaciones estáticas, sino herramientas vivas que crecen y se transforman junto con el conocimiento que visualizan.

La **coevolución**, que reemplazó al principio de evolución, enfatizó la dimensión participativa y colaborativa del proceso. Los talleres iterativos con los investigadores de la LIDD permitieron que el sistema se

adaptara, mutara y evolucionara sin perder identidad, equilibrando principios entrópicos con principios de autoorganización. Finalmente, el principio **autoperpetuante** del sistema garantiza su viabilidad a largo plazo, permitiendo que nuevos conceptos se integren de manera coherente mientras el sistema conserva su esencia biocéntrica.

## 7.6. Limitaciones

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse. En primer lugar, la investigación se desarrolló en un contexto académico específico, la LIDD de una universidad colombiana, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos a otros contextos organizacionales, culturales o disciplinares. Aunque los principios biosistémicos propuestos tienen potencial de aplicación universal, su validación en otros escenarios es necesaria para confirmar su robustez y adaptabilidad.

En segundo lugar, el proceso de visualización mediante *Gigamaps* requiere tiempo, recursos y compromiso participativo de los actores involucrados. La construcción iterativa de los mapas demandó múltiples talleres, discusiones y ciclos de retroalimentación, lo que podría representar una barrera para organizaciones con limitaciones de tiempo o recursos. Además, la interpretación de los *Gigamaps* requiere alfabetización visual y comprensión de los principios sistémicos, lo que podría dificultar su adopción por parte de equipos sin formación previa en diseño y pensamiento complejo.

## 7.7. Trabajos futuros

Los hallazgos de esta investigación abren múltiples líneas de trabajo futuro. En primer lugar, sería valioso validar los principios biosistémicos propuestos en otros contextos de diseño sistémico, como proyectos de innovación social, diseño de servicios, transición ecológica o políticas públicas. Esta validación permitiría refinar los principios, identificar variaciones contextuales y desarrollar un marco más robusto y generalizable.

Además, se sugiere explorar la integración de herramientas digitales y tecnologías emergentes, como inteligencia artificial, análisis de redes complejas o visualización de datos, para potenciar la construcción y análisis de *Gigamaps*. Estas tecnologías podrían facilitar la identificación automática de patrones, la detección de nodos críticos y la simulación de escenarios futuros, complementando el trabajo participativo y colaborativo.

Finalmente, se recomienda realizar estudios longitudinales que documenten la evolución de los sistemas mapeados a lo largo del tiempo, evaluando cómo los principios de coevolución, emergencia y autoperpetuación operan en horizontes temporales extendidos. Esto permitiría comprender mejor las dinámicas de adaptación, transformación y resiliencia de los sistemas complejos, aportando evidencias empíricas sobre la viabilidad y sostenibilidad de los enfoques biosistémicos en el diseño contemporáneo.

## Agradecimientos

El autor agradece a Ana Isabel Palacios y Luis Miguel Garrido por sus asesorías y recomendaciones teórico-metodológicas en diseño sistémico y complejidad. Asimismo, se reconoce el apoyo técnico de la Línea de Investigación de Diseño y Materiales del Instituto Tecnológico Metropolitano, destacando la participación activa de sus integrantes en las sesiones de co-creación del proyecto.

## Referencias

- Aguirre-Ulloa, M., & Paulsen, A. (2017). Co-designing with relationships in mind. *FORMakademisk*, 10(1). <http://dx.doi.org/10.7577/formakademisk.1608>
- Barbero, S. & Pallaro, A. (2017). Systemic Design for Sustainable Healthcare. *The Design Journal*, 20:sup1, S2473-S2485, <http://dx.doi.org/10.1080/14606925.2017.1352762>
- Bortoft, H. (2020). *La naturaleza como totalidad*. Atalanta.
- Capra, f. (1996). *La trama de la vida*. Anagrama.
- Capra, F. (2002). *Las conexiones ocultas*. Editorial Anagrama.
- Capra, F. & Luisi, P. L. (2014). *The systems view of life: A unifying vision*. Cambridge University Press.
- Chen, C. C. & Crilly, N. (2019). A Framework for Complex Design: Lessons from Synthetic Biology. In *Systemic Design: Theory, Methods, and Practice* (pp. 53-67). Tokyo: Springer Japan. [http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-55639-8\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-55639-8_2)
- Chávez, M. (2013). Una teoría para la educación transdisciplinaria (Basada en el Manifiesto de Basarab Nicolescu). *Rev Psicol Hered*, 8(2), 2013.
- Cohen, I. R., & Harel, D. (2007). Explaining a complex living system: Dynamics, multi-scaling and emergence. *Journal of the Royal Society Interface*, 4(13), 175-182. <https://doi.org/10.1098/rsif.2006.0173>
- Collins, H. (2018). *Creative research: the theory and practice of research for the creative industries*. Bloomsbury Visual Arts.
- Crouch, C., & Pearce, J. (2013). *Doing research in design*. Bloomsbury Publishing.
- Dominici, L. (2017). Theoretical studies and practical tools for a systemic design educational paradigm. Applications of Systems Thinking principles to design education. *Design Journal*, 20(sup1), S1448-S1458. <http://dx.doi.org/10.1080/14606925.2017.1352669>
- Escobar, A. (2019). *Autonomía y diseño: la realización de lo comunal*. Editorial Universidad del Cauca.
- England, J. L. (2013). Statistical physics of self-replication. *The Journal of chemical physics*, 139(12). <http://dx.doi.org/10.1063/1.4818538>

- Fragoso, O. (2009). El giro del diseño: transdisciplina y complejidad. *Revista Del Centro de Investigación. Universidad La Salle.*, 8(31), 97-107.
- Fleischaker, G. R. (1992). Autopoiesis in systems analysis: a debate. *International Journal of General Systems*, 21(2), 2.
- Garza, G. A., Nizamis, K., & Bonnema, G. M. (2023). Engineering complexity beyond the surface: discerning the viewpoints, the drivers, and the challenges. *Research in Engineering Design*, 34(3), 367-400.
- Halatek, J., Brauns, F. & Frey, E. (2018). Self-organization principles of intracellular pattern formation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1747), <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0107>
- Irwin, T. (2015). Transition design: A proposal for a new area of design practice, study, and research. *Design and Culture*, 7(2), 229-246. <http://dx.doi.org/10.1080/17547075.2015.1051829>
- Jones, P. H. (2014). Systemic design principles for complex social systems. In *Social systems and design* (pp. 91-128). Tokyo: Springer Japan. [http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-54478-4\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-4-431-54478-4_4)
- Jones, P. H. (2017). The systemic turn: Leverage for world changing. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 3(3), 157-163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sheji.2017.11.001>
- Jones, P. H. & Van Ael, K. (2022). *Design journeys through complex systems: Practice tools for systemic design*. Amsterdam: Bis Publishers.
- Kita, H. (2021). Complex systems. En G. S. Metcalf, K. Kijima, & H. Deguchi (Eds.), *Handbook of systems sciences* (pp. 249-266). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-0370-8\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0370-8_3-1)
- Liu, X., Jiang, A., Xu, N., & Xue, J. (2016). Increment entropy as a measure of complexity for time series. *Entropy*, 18(1), 22. <http://dx.doi.org/10.3390/e18010022>
- Maya, J. & Patiño, E. (2020). Propiedades de las representaciones en diseño: una exploración interdisciplinaria de su rol funcional. *Kepes*, 17(21), 17-60. <http://dx.doi.org/10.17151/kepes.2020.17.21.2>
- Meyer, M. W. & Norman, D. (2020). Changing design education for the 21st century. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 6(1), 13-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sheji.2019.12.002>
- Morin, E. (1984). *Ciencia con consciencia*. Anthropos:
- Morin, E. (2004). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Morin, E. (2006). *El Método I. La naturaleza de la naturaleza*. Ediciones Cátedra.
- Noble, D. (2012). A theory of biological relativity: no privileged level of causation. *Interface focus*, 2(1), 55-64. <http://dx.doi.org/10.1098/rsfs.2011.0067>
- Noble, R., Tasaki, K., Noble, P. J., & Noble, D. (2019). Biological relativity requires circular causality but not symmetry of causation: so, where, what and when are the boundaries?. *Frontiers in physiology*, 10, 827. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2019.00827>
- Patiño, E. (2022). Especulación, investigación- creación y food design: exploración de los nuevos escenarios del diseño contemporáneo. En: *Diseño, alimentos y morfología. Otros escenarios para la morfología*. Diana Urdinola (Ed). Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.
- Parisi, G. (2023). *En un vuelo de estorninos. Las maravillas de los sistemas complejos*. Editorial Planeta.
- Ryan, A. J. (2014). A Framework for Systemic Design. *FORMakademisk*, 7(4). <http://dx.doi.org/10.7577/formakademisk.787>
- Sarquis, J. & Buganza, J. (2009). La teoría del conocimiento transdisciplinar a partir del Manifiesto de Basarab Nicolescu. *Fundamentos En Humanidades*, 10, 43-55.
- Sevaldson, B. (2011). GIGA-mapping: Visualisation for complexity and systems thinking in design. In *Nordic Design Research Conferences, Making Design Matter. Helsinki, Finland: NORDES*. Retrieved from <http://ocs.sfu.ca/nordes/index.php/nordes/2011/paper/view/409>
- Sevaldson, B. (2019). Visualizing complex design: The evolution of gigamaps. En P. Jones & K. Kijima (Eds.), *Systemic design: Theory, methods, and practice* (pp. 243-269). Springer Japan. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-55639-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-4-431-55639-8_8)
- Sevaldson, B. (2022). *Designing complexity: The methodology and practice of systems oriented design*. Common Ground Research Networks.
- Smith, S. & Kalantidou, E. (2023). A Systematic Review of Systemic Design Frameworks for Complex Challenges. *Strategic Design Research Journal*, Volume 16, number 02, May – August 2023. 256-269. <http://dx.doi.org/10.4013/sdrj.2023.162.04>
- Trewavas, A. (2006). A brief history of systems biology. *The Plant Cell*, 18(10), 2420-2430. <https://doi.org/10.1105/tpc.106.042267>
- Wiltschnig, S., Christensen, B. T. & Ball, L. J. (2013). Collaborative problem-solution co-evolution in creative design. *Design Studies*, 34(5), 515-542. <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2013.01.002>
- Vargas, A., Calderón, D., Mendoza, M., Rugeles, W., Fernández, O. & Quintero, P., (2020). *Contribuciones Académicas a los Diseños y Sostenibilidades en Colombia*. Unidad de Publicaciones Universidad de Investigación y Desarrollo –UDI. 224 pág.
- Zavoleas, Y. (2021). Patterns of nature: Bio-systemic design thinking in meeting sustainability challenges of an increasingly complex world. *Developments in the Built Environment*, 7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dibe.2021.100048>