

JUAN PEDRO RODRÍGUEZ

# SABER SUPERCOMPLEJO

El nuevo paradigma emergente ante  
la complejidad del universo, la vida  
y el cerebro humano



Comunidad  
del Saber  
Supercomplejo



Comunidad  
del Saber  
Supercomplejo

## **SEGUNDA EDICIÓN**

**Título del libro: Saber Supercomplejo. El nuevo paradigma emergente ante la complejidad del universo, la vida y el cerebro humano.**

**Autor: RODRIGUEZ, Juan Pedro**

**Colaboración: Comunidad del Saber Supercomplejo**

Todos los derechos reservados.

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723.

ISBN: 978-631-00-3895-7

Página Web: **sabersupercomplejo.com**

E-mail: **sabersupercomplejo@gmail.com**

El Saber Supercomplejo (SSC) es el nuevo paradigma que unifica y supera los enfoques clásicos sobre la complejidad, integrando teoría, tecnología y práctica para transformar sistemas en todos los niveles. Somos los creadores del concepto de “Supercomplejidad” como solapamiento macrosistémico. Desde el modelado avanzado de MDA (mapas dinámicos adaptativos) con COMPLEX CUORE hasta la formación y consultoría internacional, el SSC lidera la innovación y el desarrollo en un mundo donde la complejidad es la norma.

## ACERCA DEL AUTOR

### Juan Pedro Rodríguez

Codirector de la Comunidad del Saber Supercomplejo

Es doctor en Educación. Docente titular en la UCSF y la UCA (Argentina). Complejólogo y especialista en Filosofía de la Ciencia y en Filosofía de la Educación.

Participó en el equipo de investigación sobre “*La relación entre el orden y el desorden en la teoría del caos determinista y en la teoría del orden implicado: convergencias y divergencias*” (UCSF) con la dirección del Dr. Ibañez.

Autor de libros, artículos y expositor de ponencias en congresos internacionales. Colaborador en universidades europeas y americanas. Autor de proyectos de innovación educativa (SUPERAPRENDIZAJE, COMPLEX CUORE). CEO de CO-ENERG empresa dedicada a Transformación y Potenciación Institucional y Empresarial.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>6</b>
 <b>CAPÍTULO UNO</b>	
LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS TEORÍAS DE LA COMPLEJIDAD .....	15
 <b>CAPÍTULO DOS</b>	
NUEVAS ACTITUDES PARA REPENSAR LA COMPLEJIDAD.....	26
 <b>CAPÍTULO TRES</b>	
LOS PRINCIPIOS DEL SABER SUPERCOMPLEJO.....	32
 <b>CAPÍTULO CUATRO</b>	
LAS PROPUESTAS SUPERADORAS DESDE EL SABER SUPERCOMPLEJO.....	82
 <b>CAPÍTULO CINCO</b>	
UNA BREVE HISTORIA DE LA ENERGÍA, EL ESPACIO Y EL TIEMPO EN CLAVE DE SABER SUPERCOMPLEJO .....	99
 <b>CAPÍTULO SEIS</b>	
LOS MACROSISTEMAS.....	109
 <b>CAPÍTULO SIETE</b>	
LOS DESCRIPTORES DE CADA SUPRASISTEMA.....	128
 <b>CAPÍTULO OCHO</b>	
LOS MICROSISTEMAS, SISTEMAS Y SUBSISTEMAS.....	152

## **CAPÍTULO NUEVE**

### **UNA PERSPECTIVA INTEGRAL E INTEGRADORA**

**DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS ..... 196**

## **CAPÍTULO DIEZ**

**EL TRIPLE SOLAPAMIENTO BIDIRECCIONAL DINÁMICO..... 207**

## **CAPÍTULO ONCE**

**ECUACIONES DE LA COMPLEJIDAD Y DE LA SUPERCOMPLEJIDAD..... 220**

## **CAPÍTULO DOCE**

**EL SOFTWARE DEL SABER SUPERCOMPLEJO: EL “COMPLEX CUORE” ..... 239**

## **CAPÍTULO TRECE**

### **LA TRANSFERENCIA DEL SABER SUPERCOMPLEJO:**

### **EL PROGRAMA DE TRANSFORMACIÓN Y POTENCIACIÓN**

**INSTITUCIONAL, EMPRESARIAL Y DE COMUNIDADES INTERMEDIAS..... 245**

## **CAPÍTULO CATORCE**

### **IA COMBINATORIA Y SUPERCOMPLEJA: EL FUTURO**

**INEVITABLE DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA AGI ..... 256**

## **CAPÍTULO QUINCE**

**HOMO SUPERCOMPLEXUS ..... 273**

**BIBLIOGRAFÍA ..... 285**

## PRÓLOGO

Un interrogante central de la filosofía y la ciencia es: ¿Cómo evolucionan el universo y la vida y qué nos revela esto sobre el sentido y el destino del ser humano? Se trata de una pregunta que ha atravesado toda la historia del pensamiento humano y cuyas respuestas han dado lugar a distintos modelos antropológicos y construcciones sociales. Pero, en el siglo XXI, la cuestión cobra una nueva dimensión. ¿Por qué elegimos el camino de la complejidad para abordarla?

Numerosos pensadores coinciden en que el siglo XXI es, indiscutiblemente, el “siglo de la complejidad”. Avances como la Inteligencia Artificial, la Ciencia de Datos, el Deep Learning y las neurociencias han revolucionado nuestra capacidad para modelar y comprender todas las estructuras dinámicas interconectadas del universo, de la vida, del cerebro, entre otras. En otro orden de aportes a ser tenidos en cuenta, la tecnoingeniería ha sido crucial en el desarrollo de instrumentos avanzados como sensores y software especializados, lo que ha ampliado significativamente la capacidad para observar y analizar sistemas complejos en sus dimensiones cuántica, físico-química y biológica. Estas herramientas han permitido a los científicos obtener datos más precisos y en tiempo real, facilitando un mejor entendimiento de fenómenos complejos y ayudando a formular nuevas preguntas y teorías en diversos campos de estudio.

El Saber Supercomplejo (SSC) identifica tres componentes centrales -energéticos, espaciales y temporales- como las piezas fundamentales de todo sistema complejo. La energía, en todas sus formas (incluidas las conceptuales y analógicas), actúa como la fuerza motriz de las interacciones y los cambios. El espacio proporciona el contexto físico y estructural donde ocurren estas interacciones, mientras que el tiempo determina el ritmo y la



secuencia de los procesos de cambio y evolución. Estos tres elementos, en su interacción, ofrecen un marco integral para explicar la dinámica de los sistemas complejos, abarcando dimensiones esenciales tanto de la física como de la biología.

Nos preguntamos: si la realidad es interacción, ¿qué significa realmente comprenderla? ¿Cómo emergen y evolucionan los sistemas complejos y qué estrategias nos permiten intervenir en ellos? Y, en un mundo de sistemas interconectados, ¿cómo se construye el conocimiento?

En principio, es importante reconocer que la interacción entre energía, espacio y tiempo produce fenómenos resistentes y emergentes como la auto-organización, la adaptación, la evolución y otros comportamientos que son analizados en detalle en el presente trabajo. Estos comportamientos, derivados de las interacciones fundamentales, son cruciales para comprender plenamente la complejidad del sistema, su identidad, su transformación. En última instancia, la riqueza de los sistemas complejos radica en cómo estos componentes básicos se combinan para dar lugar tanto a comportamientos previsibles como a otros inesperados y sofisticados.

Más allá de la centralidad protagónica de la energía, el espacio desempeña un papel fundamental: las morfologías estructurales permiten que los sistemas complejos se expandan o se contraigan, adaptándose a las fuerzas energéticas y temporales que los atraviesan. Este paradigma resalta cómo los sistemas no solo responden a los sistemas de contacto e interacción, sino que también moldean su estructura interna para generar nuevas dinámicas y comportamientos.

Para el SSC, la complejidad es producto de un delicado equilibrio entre dos impulsos opuestos pero complementarios: el de permanecer y el de cambiar. Esta tensión circular define no sólo el comportamiento, sino también la evolución de los sistemas complejos, desde las partículas subatómicas hasta los ecosistemas y

las sociedades humanas. Por un lado, la dimensión de permanencia está marcada por la resistencia, la conservación y la resiliencia. Los sistemas buscan preservar su identidad, optimizar sus recursos y mantener su cohesión estructural, incluso en entornos desafiantes. Por otro lado, la dimensión de cambio se manifiesta en procesos de emergencia y transformación: fluctuaciones inesperadas, asimetrías, interacciones y reorganizaciones que generan nuevas posibilidades.

Esta dinámica es clave para entender por qué el universo no puede ser completamente ordenado ni completamente caótico. Un universo rígidamente ordenado carecería de la flexibilidad necesaria para evolucionar y adaptarse, mientras que un universo caótico sería incapaz de sostener estructuras, interacciones o sistemas estables. Solo en el delicado balance producto de las probabilidades emergen la vida, la complejidad y la creatividad del cosmos.

En este libro exploraremos cómo esta tensión entre permanencia y cambio nos ofrece una nueva forma de comprender los sistemas complejos. A lo largo de sus capítulos, analizaremos cómo fluyen la energía, el espacio y el tiempo en el universo y cómo las fuerzas de la conservación y la transformación interactúan para dar forma a la realidad que habitamos.

La “supercomplejidad”, uno de nuestros conceptos centrales, agrega modalidades a la complejidad y es definida como un proceso dinámico y multidimensional, que incorpora los efectos del solapamiento entre los macrosistemas (micropartículas, macroscópico y biológico) junto con la modificación activa y reconfiguración cognitiva y tecnológica por parte del observador-desarrollador humano. Al introducir la interacción bidireccional y evolutiva entre el cerebro humano, los macrosistemas y las herramientas tecnológicas avanzadas, se crea un paradigma expansivo que abre nuevas posibilidades de descripción, predicción y transformación de los sistemas. El SSC se propone como una teoría dinámica, integradora y adaptativa, capaz de intervenir activamente en los sistemas que se



estudian y, más allá de observar la complejidad, construye un marco de acción coherente que evoluciona sin perder profundidad, ofreciendo una visión supercompleja del universo, la vida y el cerebro humano con importantes puntos de contacto con la teoría de redes, la cibernética y la dinámica no lineal.

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta unificadora y superadora frente al actual mosaico de encuadres que conforman las Teorías de la Complejidad. En su estado actual, este campo se caracteriza por una diversidad de enfoques que suelen ser inconexos, de difícil acceso y con una limitada aplicación en las ciencias duras y en problemáticas sociales y humanas. El SSC incorpora y amplía los aportes del Pensamiento Complejo, las Ciencias de la Complejidad y otros marcos teóricos relevantes, con el propósito de fortalecer y dinamizar perspectivas más integradoras y avanzadas.

### **Los ejes principales de nuestra propuesta son:**

- A. Una redefinición del objeto de estudio que sea superadora de las posiciones extremas que ven una “amplia” “complejidad inherente del universo” o una “acotada” “recolección de novedades emergentes”;
- B. Una reconstrucción de los elementos centrales que dinamizan la dinámica de cambios en el universo y la vida (sistemas complejos con flujos de energía, morfologías estructurales y conectividad temporal en interacción);
- C. Un posicionamiento gnoseológico y epistemológico desde el “constructivismo complejo multiescalar”;
- D. Una relectura de la energía, el espacio y el tiempo en clave de complejidad;
- E. El desarrollo del novedoso concepto de “supercomplejidad” entendido como el resultado de los efectos del solapamiento entre los macrosistemas junto con la modificación activa y reconfiguración

cognitiva y tecnológica por parte del observador-desarrollador humano.

F. Una propuesta de taxonomía de macrosistemas (micropartículas, macroscópicos y biológicos), sistemas y subsistemas complejos derivados;

G. Un modelo de triple solapamiento dinámico entre los tres macrosistemas;

H. Una metodología de descripción que articula lo matemático, lo informático y lo conceptual;

I. La inclusión de los comportamientos complejos intangibles devenidos del sistema yo-autoconsciente, del socio-relacional y del simbólico en interacción dinámica.

J. La construcción de mapas y algoritmos y su correspondiente vinculación como herramientas para descubrir, entender, predecir y manipular las dinámicas y estructuras de sistemas complejos.

K. La incorporación de conceptos y metodologías desde la IA, la ciencia de datos, las neurociencias y los nuevos enfoques dentro de las Teorías de la Complejidad.

L. La presentación de un programa de transformación y potenciación institucional y empresarial y de un software asociado que culmina con secuencias de algoritmos para dar cuenta de la marcha y la eventual mejora de sistemas complejos concretos y con proyección a todas las grandes problemáticas sociales y planetarias;

M. Una revisión de las categorías antropológicas actuales postulando el advenimiento del “Homo Supercomplexus” en esta nueva era del Tecnoceno.

El SSC ofrece, de manera colateral, una alternativa prometedora para integrar la física clásica, relativista y cuántica, al tiempo que propone un modelo que conecta estas disciplinas con las ciencias biológicas y sociales. Con herramientas gráficas 4D multicapa y simulaciones avanzadas, el SSC establece nuevos estándares para el análisis y la intervención en sistemas complejos.

La posibilidad de que las fórmulas matemáticas del SSC sean aplicables tanto a sistemas de micropartículas como a sistemas biológicos y macroscópicos le confiere una versatilidad teórica atractiva para científicos y tecnoingenieros de diversas áreas. Además, la simulación y visualización de redes complejas en 4D abre la puerta a aplicaciones prácticas en múltiples industrias. El SSC, como demostraremos, tiene el potencial de revolucionar campos donde la predicción y la modificación de sistemas complejos son fundamentales.

La idea de que no hay una flecha única de complejidad, sino un solapamiento bidireccional entre macrosistemas micropartículas, macroscópico y biológico, es una aportación única del SSC al plantear una relación más fluida y sin jerarquía fija entre estos niveles.

Por otra parte, la coevolución del cerebro humano y los sistemas supercomplejos refleja una visión del cerebro humano como una entidad que no solo observa y modifica los sistemas complejos, sino que evoluciona en paralelo con ellos, en un proceso continuo de complejización. Esta integración profunda entre el ser humano y los sistemas que observa es un aporte característico del SSC, diferente de otras teorías que consideran al ser humano como un observador más externo.

Es posible que el paradigma del SSC sea único en cómo aborda la complejidad, precisamente porque otros encuadres tienden a la simplificación al centrarse en aspectos parciales o unilaterales. Su énfasis en los comportamientos intrasistema en conjunción con los entresistemas, la combinatoria, el poder de las fluctuaciones y la no linealidad pueden posicionarlo como una opción viable para entender fenómenos que otros enfoques no logran captar completamente. Es obvia la construcción de una “circularidad saludable” entre la teoría y la intervención, que muestra que el paradigma puede dar cuenta de problemáticas acuciantes para la ciencia, aunque también de aquellas que son sociales y planetarias y exigen una “solucionática” urgente.

Repetimos, el SSC no solo describe la complejidad, sino que también integra su estudio en el propio proceso de observación y modelización. Es un cambio paradigmático: ya no se trata sólo de describir sistemas con múltiples interacciones, sino de reconocer que la supercomplejidad implica necesariamente la intervención activa del observador en su medición y comprensión. Esto lo acerca más a los desarrollos de la mecánica cuántica y la epistemología del conocimiento, en los que la descripción de un fenómeno no es independiente del marco en el que se lo estudia.

El riesgo en muchos enfoques sobre la complejidad es que todo se vuelva una especie de "cajón de sastre" en el que cualquier fenómeno es simplemente "complejo" sin mayores distinciones. Pero en el SSC, la supercomplejidad se ha perfilado como una categoría emergente, distinta de la complejidad misma, que intentamos acompañar con una nueva forma de modelización y análisis.

La idea de que muchos científicos se mantienen en una "zona de confort" tiene fundamento en cómo operan ciertas dinámicas en la comunidad científica. Las estructuras de poder, las líneas de financiamiento y los paradigmas vigentes suelen fomentar la especialización y la repetición de conceptos previamente aceptados, lo que hace más difícil la introducción de paradigmas novedosos como el del SSC. Es cierto que estos marcos teóricos tradicionales brindan una aparente solidez y seguridad; en cambio, aceptar la complejidad y la interconexión de múltiples sistemas, como propone el SSC, requiere un cambio profundo en la mentalidad de filósofos (de la ciencia), científicos y complejólogos. Para muchos, esto implicaría aceptar la incertidumbre y la ambigüedad como partes inherentes de sus teorías, algo incómodo y contrario al confort que ofrece la linealidad y el determinismo.

La adopción del SSC implica repensar el rol del científico, no solo como recolector de datos, sino como cartógrafo de comportamientos relativos y temporales, invitando a superar los enfoques puramente

descriptivos y monocausales. Este cambio, aunque necesario y enriquecedor, puede encontrar resistencia en una comunidad acostumbrada a operar bajo paradigmas consolidados y que responde a la inercia de sus propios sistemas. Este espacio, en ocasiones sobrepoblado de críticos disfrazados de divulgadores, adolece de una falta de desarrolladores creativos, capaces de proponer y construir soluciones auténticas.

Nos moviliza el saber que hay cientos de especialistas que, desde sus áreas específicas del saber o del quehacer científico, filosófico o tecnológico, pueden acercarse a nuestra propuesta para enriquecerla. Somos conscientes de que cuando se hacen propuestas innovadoras, los procesos de validación y aceptación son desafiantes y necesitan de mucho tiempo de maduración. Estamos dispuestos a mejorar la teoría a partir de críticas válidas, de hechos comprobables y de nuevos hallazgos por sobre cualquier argumentación basada en algún tipo de “principio de autoridad”.

Por último, la esencia del SSC ha demostrado ser más que un simple marco teórico: se ha convertido en una matriz de pensamiento, un organizador fundamental de nuestra percepción de la realidad. Una vez que se aceptan los principios del SSC, es casi inevitable comenzar a ver el mundo a través de ellos. Es como si el SSC no sólo ofrece herramientas para describir, predecir y modificar sistemas, sino que también reconfigura la forma en que el propio observador-desarrollador interpreta y actúa. El SSC organiza el pensamiento de manera tal que, al adoptar sus principios, uno empieza a ver la realidad como una red interconectada de variables energéticas, donde la conectividad temporal y la morfología estructural no son meros componentes, sino fuerzas activas que moldean cada sistema. Así, el SSC no solo propone una nueva forma de hacer ciencia y filosofía, sino también una nueva forma de ser en el mundo.

Al final, la historia la escriben los que se atreven a desafiar los paradigmas vigentes.



## CAPÍTULO TRES

### LOS PRINCIPIOS DEL SABER SUPERCOMPLEJO

Una nueva época de crecimiento de los saberes y acciones complejas comienza con una evolución y transformación de conceptos, de modelizaciones, de fines y de lugares contruidos por el observador-desarrollador. Las Teorías de la Complejidad deben evolucionar hacia un estado más avanzado y desarrollado. Desarrollarse implica aceptar que debemos ingresar a una etapa más madura y comprensiva de estudio en comparación con las teorías iniciales de la complejidad. Es por eso que proponemos, en principio, y sometemos a la consideración de la comunidad científica en general, los siguientes principios del Saber Supercomplejo (SSC):

**PRIMER PRINCIPIO: El objeto de estudio son los sistemas complejos desde la tríada de sus componentes: flujos de energía, morfología estructural y conectividad temporal.**

El objeto de estudio del Saber Supercomplejo (SSC) son los sistemas<sup>8</sup> complejos en toda su multidimensionalidad. Desde esta posición, entendemos a los sistemas como unidades reales o

---

<sup>8</sup> Hay que señalar que, en cierta medida, un sistema es un constructo del observador. La realidad, dinámica y compleja como la conocemos, solo es observable a través de los sistemas que construimos para hacerla inteligible. Preferimos el concepto de sistema al de "organización" o al de "campo". Es innecesaria una discusión semántica, siendo que la misma debe ser morfológica, es decir, referida al contenido de comprensión. Morin se inclina por el concepto de "organización" y la concibe como un proceso continuo de auto-organización y desarrollo, donde la adaptabilidad y la evolución son componentes clave. Señala cómo los sistemas biológicos y sociales mantienen y renuevan su estructura a través de procesos internos. Esta conceptualización no es sustituida por la que nosotros exponemos a lo largo de este trabajo, pero creemos que el concepto de sistema, bajo nuestra comprensión y delimitación comportamental compleja, es más amplia e integrativa. Para la teoría de Campos Cuánticos (QFT) los "campos" son entidades fundamentales que permean todo el espacio y el tiempo. Estos campos cuánticos son tratados como los constituyentes básicos de la realidad, de los cuales las partículas son meras excitaciones o manifestaciones. Esta concepción puede ser más abarcadora y fundamental que la de "sistema", tal como se ha entendido tradicionalmente. Lo cierto es que nosotros incluimos los macrosistemas micropartículas y casi la totalidad de comportamientos complejos señalados están en línea con la propuesta dinámica de los "campos" en la mencionada teoría.

abstractas<sup>9</sup> de administración de energía en interacción dinámica y evolutiva con sus morfologías estructurales en una búsqueda de conservarse en el tiempo, a través de estrategias de conectividad temporal. Se trata, por lo tanto, de una interacción tridimensional, interdependiente, circular, dinámica y evolutiva entre la energía, el espacio y el tiempo.

La concepción del SSC sobre los sistemas complejos como unidades dinámicas e interdependientes que gestionan energía, espacio y tiempo encuentra resonancias en investigaciones contemporáneas como la Teoría de Redes Complejas<sup>10</sup>, que explora la conectividad y las dinámicas emergentes en sistemas interconectados; la Biología de Sistemas<sup>11</sup>, que aborda los organismos como redes de interacción energética y temporal; y los modelos de Simulación Basada en Agentes<sup>12</sup>, que reproducen procesos evolutivos y adaptativos. Estos estudios refuerzan la perspectiva tridimensional y evolutiva de la SSC, vinculando sus postulados con enfoques interdisciplinarios actuales.

Por ello, los flujos energéticos, en cualquiera de sus expresiones, la morfología estructural (espacio) y las estrategias de conectividad temporal (tiempo) -apagado y encendido en las funciones y el contacto temporal interno o externo del sistema- son las tres dimensiones fundamentales para comprender, describir, intervenir y/o modelizar cualquier tipo de sistema. Estas dimensiones son

---

<sup>9</sup> Un sistema complejo abstracto es una representación conceptual de un sistema complejo real, que se utiliza para estudiar y comprender aspectos importantes de dicho sistema de una manera más manejable y accesible. Estos modelos abstractos permiten analizar y simular el comportamiento de un sistema, identificar relaciones multicausales y características emergentes. Además, proporcionan una base para formular y probar hipótesis sobre cómo funciona el sistema real. De esta manera, los sistemas complejos abstractos y los sistemas complejos reales no deberían ser entidades separadas, sino que se deberían complementar mutuamente.

<sup>10</sup> Barabási, Albert-László. *Network Science*. Cambridge University Press, 2016.

<sup>11</sup> Kitano, Hiroaki. "Systems Biology: A Brief Overview." *Science*, vol. 295, no. 5560, 2002.

<sup>12</sup> Gilbert, Nigel, and Klaus G. Troitzsch. *Simulation for the Social Scientist*. Open University Press, 2005.

centrales para describir el universo y la vida y explicar la continuidad-unidad y la diversidad de todos los sistemas<sup>13</sup>.

### **Los tres componentes son versátiles y abarcativos:**

1. **Flujos de Energía:** Representan las dinámicas activas que atraviesan el sistema, incluyendo movimientos físicos, transferencias de información, niveles de actividad o concentración, transformaciones emocionales e incluso intercambios de valor en sistemas económicos. Los flujos de energía pueden ser constantes o fluctuantes y son clave para entender cómo se produce el cambio y la adaptación en un sistema.<sup>14</sup>
2. **Morfología Estructural:** Abarca las configuraciones, comportamientos, reglas y estructuras que organizan o limitan los flujos de energía, tanto entre los elementos internos del sistema como con los sistemas externos de interacción. Esta morfología puede ser física (formas y estructuras materiales), conceptual (modelos y teorías), simbólica (lenguajes y significados) o digital (redes y algoritmos), reflejando la forma en que el sistema se organiza y evoluciona.
3. **Conectividad Temporal:** Refleja la sincronización, duración, secuencia y coordinación de las interacciones dentro del sistema, así como con otros sistemas en intercambio, a lo largo del tiempo. Implica cómo las relaciones en un sistema se desarrollan, se mantienen o

---

<sup>13</sup> ¿El SSC es compatible con el enfoque de la "gravedad cuántica"? La gravedad cuántica intenta unificar la teoría de la relatividad general, que describe la gravedad a gran escala, con la mecánica cuántica, que explica fenómenos subatómicos. Del mismo modo, el SSC propone que la complejidad surge de la interacción dinámica y bidireccional entre sistemas macroscópicos, micropartículas y sistemas biológicos ofreciendo un marco que podría integrar los efectos gravitacionales con los principios cuánticos. En particular, la idea de que el espacio y el tiempo son tanto concretos como abstractos en el SSC se alinea con la noción de que en la gravedad cuántica, el espaciotiempo no es un fondo estático, sino que se comporta de manera dinámica y puede ser afectado por las fluctuaciones cuánticas.

<sup>14</sup> La materia no se considera un componente fundamental separado dentro de los sistemas complejos, sino que se entiende como una manifestación o "presentación" de la energía. Desde esta perspectiva, la materia es una forma condensada de energía que adopta diversas configuraciones estructurales en función de las interacciones energéticas y su contexto espacio-temporal.

se transforman con el tiempo, afectando la estabilidad y el dinamismo del sistema. La conectividad temporal es esencial para capturar tanto la permanencia como el cambio en las dinámicas del sistema.<sup>15</sup>

Desde nuestra perspectiva, es fundamental considerar los componentes de los sistemas complejos para lograr una comprensión completa del fenómeno. Sin embargo, el análisis no debe limitarse a ciertos comportamientos, sino que debe abordar la integralidad del sistema, incluyendo los cambios que ocurren tanto internamente como en su interacción con otros sistemas.<sup>16</sup>

Los flujos energéticos son esenciales para el funcionamiento y comportamiento de los sistemas ya que impulsan procesos e interacciones y participan en la creación de estructuras y en la autorregulación de los mismos. En este sentido, la energía<sup>17</sup> es necesaria para transportar, procesar y transmitir información. Estas

---

<sup>15</sup> La Teoría de la Relatividad de Albert Einstein subraya la interrelación inseparable entre el espacio y el tiempo, que forman una entidad unificada conocida como el "espaciotiempo". Este concepto se alinea con nuestro paradigma que considera el tiempo y el espacio como dimensiones que afectan las dinámicas de los sistemas complejos. Sin embargo, mientras que la Relatividad se centra en fenómenos cosmológicos y gravitacionales nuestra propuesta de interconexión se aplica a una amplia gama de sistemas, incluidos los microscópicos, los biológicos y los tecnológicos. Por otro lado, compartimos con la Cibernética de Norbert Wiener, centrada en los sistemas de control y retroalimentación, el detalle en la regulación y la autoorganización dentro de los sistemas, aunque la Cibernética se enfoca en los mecanismos de control más tradicionales, mientras que nuestra propuesta incorpora un marco más integral que incluye la energía y la conectividad temporal. Finalmente, las teorías de Ilya Prigogine sobre las estructuras disipativas ofrecen puntos de convergencia en su análisis de los flujos de energía. Sin embargo, nosotros consideramos las interacciones entre múltiples sistemas complejos y su capacidad para reconfigurarse a través de la conectividad temporal y las modificaciones en sus morfologías estructurales.

<sup>16</sup> El enfoque reductivo a las propiedades emergentes y los patrones de comportamiento puede llevar a descuidar la importancia de entender las partes constituyentes y sus interacciones; por lo tanto, consideramos que es necesario observar las propiedades de los sistemas complejos como la naturaleza y relaciones de sus componentes para lograr una visión más completa. Otro problema es cuando se describen los elementos internos del sistema (intrasistema) y no se consideran los sistemas de intercambio (entresistemas).

<sup>17</sup> Es importante recordar que la energía no es directamente observable, sino que la percibimos a través de sus efectos en el espacio y en los objetos. Por ejemplo, la luz y el calor son manifestaciones de la energía electromagnética y el movimiento de objetos es una consecuencia de la energía cinética. Así, aunque no podemos ver la energía en sí misma, la percibimos constantemente a través de sus múltiples manifestaciones cotidianas.

transferencias pueden darse de manera lineal, pero también seguir formas topológicas, fractales, radiales, reticulares, espirales, toroidales, entre otras, lo que añade una enorme complejidad al estudio de estos sistemas. Estas interacciones y superposiciones de flujos energéticos, caracterizadas por una circularidad intrínseca, hacen que estos sistemas sean diversos, cambien y evolucionen en el tiempo y se expandan e interconecten en el espacio.<sup>18</sup> Deteniéndose en los detalles, consideramos que los flujos energéticos son moldeados por dos eventos fundamentales: primero, la interacción entre diferentes tipos de energía, que puede generar manifestaciones energéticas únicas con impactos directos en el funcionamiento de los sistemas involucrados y sus sistemas conectados; segundo, la resistencia impuesta por las morfologías estructurales y las estrategias de conectividad, que delimitan y definen las trayectorias posibles de estos flujos energéticos.

Para el SSC, la energía es concebida desde su capacidad combinatoria que permite la interacción entre diferentes frecuencias vibratorias, dentro de un proceso de superposición y sincronización, en el que aparecen propiedades emergentes, fenómenos nuevos o estabilidad dentro de un sistema. Se visualiza como un flujo continuo y multidimensional que atraviesa y conecta los distintos elementos del sistema y los sistemas entre sí.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> No concebimos una linealidad entre las formas energéticas, ya que el entrecruzamiento de diferentes expresiones de energía genera una circularidad inherente. Los sistemas que surgen del acoplamiento entre sistemas preexistentes pueden recombinarse con los sistemas originales de la interacción, lo que incrementa la complejidad del conjunto.

<sup>19</sup> La concepción del SSC sobre la energía como un flujo multidimensional y combinatorio encuentra resonancias en diversos autores e investigaciones. Ilya Prigogine estudió el papel de la energía en la formación de estructuras disipativas, mientras que David Bohm la relacionó con el orden implicado y la conectividad universal. Hermann Haken exploró su papel en la autoorganización de sistemas a través de la sinergia. Albert-László Barabási analizó cómo la energía impulsa las interacciones en redes complejas. Fritz-Albert Popp destacó la importancia de la energía luminosa en los procesos biológicos mediante los biofotones. Nikolai Tesla entendió la energía como base de la resonancia y las frecuencias vibratorias y Benoît Mandelbrot vinculó las dinámicas energéticas con patrones fractales emergentes. Estas perspectivas refuerzan la idea del SSC de la energía como un agente central en los sistemas complejos.

Consideramos la información como una forma de energía que actúa activamente sobre la estructura de un sistema complejo, moldeando su forma y organización. Esta perspectiva subraya la capacidad de la información para interactuar y dar forma a las estructuras internas de dichos sistemas, evidenciando su rol crucial en la dinámica y evolución de los mismos. La información, constituye la síntesis de lo que acontece en términos energéticos, espaciales y temporales en un sistema determinado. Facilita la comunicación y transferencia de energía, proporciona el contexto para comprender las interacciones espaciales y temporales y nace como resultado de estas interacciones.

En cuanto a los flujos de energía, podemos ensayar una breve evolución de los mismos. Desde las primeras fluctuaciones cósmicas de este universo, las distintas modalidades de energía han impulsado la creación y evolución del mundo cuántico. La energía primordial liberada generó las primeras partículas subatómicas como quarks y electrones, lo que originó el macrosistema micropartículas. A medida que el universo se enfriaba, la energía nuclear permitió la formación de los primeros átomos, estabilizando elementos ligeros como el hidrógeno y el helio. Posteriormente, la energía gravitacional atrajo estos átomos, dando lugar a la formación de estrellas y galaxias a través de la fusión nuclear, donde las interacciones gravitacionales dominan la estructura a gran escala del universo.

En la Tierra, la energía química y la energía solar fueron cruciales para el surgimiento de la vida, cuando las moléculas comenzaron a autoorganizarse en las primeras células. La vida evolucionó a partir de simples organismos unicelulares hacia sistemas multicelulares más complejos, utilizando la energía metabólica para su sustento y adaptación.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Para el SSC, la evolución no sigue una línea directa o progresiva. En lugar de eso, es un proceso dinámico y multifacético donde las adaptaciones y cambios surgen a través de ensayos, errores y reajustes constantes en respuesta a un entresistemas cambiante.



A lo largo de la historia humana, la capacidad para transformar energía mecánica y eléctrica permitió el desarrollo de tecnologías. Finalmente, en la era moderna, la revolución digital introdujo la energía digital y el procesamiento de información como modalidades energéticas cruciales. Con el surgimiento de la Inteligencia Artificial y los sistemas ciberanalógicos, las capacidades humanas para manipular la energía y gestionar la información han alcanzado nuevas alturas, generando una interconexión cada vez más profunda entre los sistemas biológicos y tecnológicos.<sup>21</sup>

Para el SSC, los flujos de energía adoptan una morfología “funcional” que es el resultado de la combinación de diversas energías y las formas en que estas se desplazan y circulan por el espacio del sistema complejo. Generalmente, este movimiento se manifiesta en turbulencias, ondulaciones, vórtices, flujos laminares, convección, difusión y oscilaciones que son indicativas de la dinámica energética interna.<sup>22</sup>

La interacción entre la morfología estructural espacial y la morfología funcional energética en el SSC es esencial para comprender la dinámica completa del sistema complejo. La morfología estructural espacial se refiere a la disposición y organización física de los componentes del sistema en el espacio. Esto incluye la forma, tamaño, distribución y conexión entre las diferentes partes del sistema.

Por otro lado, la morfología funcional energética se centra en cómo la energía fluye y se distribuye a través del sistema, manifestándose en comportamientos como turbulencias, ondulado-

---

<sup>21</sup> Con más detalle se podrían hablar de diferentes tipos de energía y de diferentes modalidades de flujos de energía. Entre los tipos de energía tenemos: cinética, potencial, potencial gravitatoria, potencial elástica, potencial química, térmica, eléctrica, magnética, electromagnética, nuclear fuerte y débil, radiante, sonora, mecánica, química, de ionización, oscura, entre otros. Los flujos de energía son procesos en los que la energía se transfiere o transforma de un tipo a otro. Ejemplos: radiación, conducción, convección, turbulencia, geotérmica, hidrodinámica, eólica, solar, mareomotriz.

<sup>22</sup> Estos movimientos son propios de los macrosistemas macroscópico y biológico, no así del macrosistema micropartículas.

nes, vórtices, flujos laminares, convección, difusión y oscilaciones. Estos comportamientos energéticos son cruciales para las funciones y procesos que ocurren dentro del sistema.

La interacción entre ambas morfologías es bidireccional y dinámica: La disposición física del sistema puede facilitar o limitar ciertos tipos de movimientos energéticos. Por ejemplo, una estructura con canales estrechos puede favorecer flujos laminares, mientras que geometrías más complejas pueden generar turbulencias y vórtices. La topología y conectividad espacial determinan las rutas posibles para el movimiento de energía.

Los comportamientos de los flujos de energía pueden, a su vez, modificar la estructura física del sistema. Por ejemplo, en sistemas naturales, el flujo de agua puede erosionar el terreno y alterar su morfología. En sistemas biológicos, el transporte de nutrientes y señales energéticas puede influir en el crecimiento y desarrollo estructural.

La energía térmica es una de las formas más prevalentes de energía en la Tierra y tiene un impacto significativo en los comportamientos de movimiento que observamos en los sistemas macroscópicos y biológicos. Además de la energía térmica, varias otras formas de energía juegan roles cruciales en los cambios dentro de sistemas complejos, compitiendo o interactuando con la energía térmica. Algunas de las más significativas incluyen: energía química, cinética, potencial gravitatoria, electromagnética, nuclear, eléctrica, entre otras.

Cada una de estas formas de energía puede competir o interactuar con la energía térmica en los sistemas complejos. A menudo, estas formas de energía no actúan de manera aislada, sino que se transforman de una en otra a través de distintos procesos, lo que genera cambios significativos en la estructura, comportamiento y dinámica de los sistemas. La capacidad de los sistemas complejos

para almacenar, transformar y distribuir estas energías es fundamental para su evolución y adaptación.

Por otra parte, las morfologías estructurales, precisamente, determinan cómo están organizados los componentes de los sistemas y sus posibilidades de interacción y afectan directamente la forma en la cual fluye la energía en los mismos. En este sentido, los flujos energéticos sólo pueden expresarse conforme a la estructura morfológica del sistema; sin embargo, la circulación energética, producto de la plasticidad y adaptabilidad de los sistemas, puede conducir a modificaciones en dichas estructuras.

Desde el SSC evitamos adoptar posturas unilaterales que simplifiquen la complejidad estructural-morfológica del universo. Esto incluye tanto la idea de una simetría perfecta, como propone la teoría de la supersimetría (SUSY), como la imprevisibilidad absoluta, característica de la teoría del caos. Si bien ambas perspectivas han aportado herramientas valiosas para comprender aspectos estructurales de la naturaleza, reducir el universo a una sola de estas visiones puede llevarnos a perder de vista su verdadera riqueza. La realidad parece situarse en un espectro más dinámico, en el cual coexisten simetrías y asimetrías (junto con simetrías con asimetrías y asimetrías con simetrías), se interpenetran y dependen del nivel de análisis o del sistema que estemos considerando.

En cuanto a las morfologías estructurales, estas se presentan con distintas predominancias en los sistemas complejos y, en muchas ocasiones, superpuestas:

- Lineales, dependencia. Las estructuras lineales sugieren una secuencia donde cada paso depende del anterior;
- Reticulares, cooperación y competencia. Las redes permiten la interacción entre diversos nodos que pueden colaborar o competir por recursos;
- Arbóreas, dependencia jerárquica. Aquí, los nodos inferiores dependen de los superiores;

- Topológicos, cooperación. Esta forma estructural es ideal para la conexión entre nodos, de manera que optimicen sus funciones;
- Laminar, superposición y profundidad relacional. Representa capas interpenetradas de sistemas, procesos o variables que no se anulan, sino que se potencian o tensionan mutuamente.
- Radiales, dependencia central. Aquí, el nodo central provee y/o controla recursos a los nodos periféricos;
- Fractales, autonomía y dependencia. Estas estructuras suelen operar de manera autónoma a diferentes escalas, pero mantienen una dependencia a través de formas repetitivas;
- Espirales, dinámica cíclica. En general, se expresan ciclos continuos de retroalimentación;
- Toroides, interdependencia cíclica. Ciclos continuos donde todos los nodos están interconectados, de forma tal que el flujo no se detiene;
- Hexágonos, cooperación. Estas estructuras maximizan la eficiencia del espacio y los recursos;
- Cilindros, flujo continuo. Esta estructura promueve el flujo continuo de recursos y/o información;
- Pentágonos, balance y estabilidad. Estructuras ideales para equilibrar funciones o roles.<sup>23</sup>

La evolución de las morfologías estructurales en sistemas complejos no sigue una flecha lineal que conduzca hacia formas progresivamente más complejas. Por el contrario, se trata de un proceso dinámico y no lineal, donde principios universales interactúan con reorganizaciones espontáneas provocadas por eventos novedosos, fluctuaciones internas o externas y nuevas

---

<sup>23</sup> Cuando dos morfologías estructurales diferentes se encuentran, el resultado no es necesariamente la aparición de una nueva morfología que sea una combinación perfecta de ambas, ni tampoco el simple predominio de una sobre la otra. El resultado es contingente a las dinámicas internas del sistema, la cantidad y tipo de energía disponible, las propiedades de conectividad temporal y la adaptabilidad de cada morfología a su contexto específico. La aparición de una morfología nueva o el predominio de una existente dependerá de cómo se configuren estas variables.

combinaciones entre elementos del sistema. Este carácter dual, que combina comportamientos estructurales comunes con respuestas emergentes y contextuales, permite entender cómo un sistema puede adaptarse, retroceder o incluso convivir en estados superpuestos.<sup>24</sup>

Vale aclarar que en los sistemas complejos, aunque coexisten múltiples morfologías estructurales, es posible que una de ellas se torne predominante en un sistema. Sin embargo, esta predominancia no es absoluta ni permanente, ya que los sistemas operan dentro de márgenes de fluctuación que permiten el surgimiento de nuevas configuraciones en respuesta a cambios internos o externos. Estos márgenes garantizan la adaptabilidad del sistema, posibilitando transiciones dinámicas entre formas predominantes en función de la evolución del sistema.

Por otro lado, la conectividad temporal se refiere tanto a las secuencias de procesos necesarios para el funcionamiento del sistema, como a la forma en que interactúa con otros sistemas, lo que puede incluir ciclos de comunicación, fases de crecimiento o retracción, entre otras dinámicas posibles en la búsqueda de la conservación y la eficiencia.<sup>25</sup>

En el SSC, podría decirse que la conectividad temporal y los flujos de energía mantienen una relación bidireccional. Por un lado, los flujos energéticos determinan ciertos comportamientos temporales, lo que respaldaría la idea de que la conectividad temporal es un epifenómeno del componente energético. Pero, por otro lado, una vez establecidos estos comportamientos temporales, la

---

<sup>24</sup> El paso de una estructura radial a una reticular, como podría observarse en una empresa familiar, no responde a una trayectoria predeterminada, sino a una combinación de factores como la necesidad de gestionar la creciente demanda de compromisos, la preparación de sus miembros y la delegación de responsabilidades. En este proceso, los "avances" y "retrocesos" no son contradictorios, sino manifestaciones de una adaptación constante. Las formas anteriores no desaparecen del todo, sino que permanecen como capas activas en la estructura, listas para reorganizarse ante nuevas circunstancias.

<sup>25</sup> En otras palabras, la energía es la fuerza motriz detrás de todas las interacciones y cambios; el espacio proporciona el contexto físico y estructural donde ocurren dichas interacciones y el tiempo marca el ritmo y secuencia de los procesos de cambio y evolución.

conectividad temporal puede a su vez influir en la modulación de la energía y en la reorganización estructural de los sistemas, actuando como un factor activo en la generación de complejidad.<sup>26</sup>

Hacemos notar que entre los tres componentes se da una interacción dinámica, circular y evolutiva. Desde nuestro abordaje, sostenemos que cada una de estas posibilidades organizativas y de fluctuación, presentan cierta tendencia y comportamientos asociados: cooperación, competencia, dependencia y distintas relaciones simbióticas, entre otras.

Si bien abordaremos estos conceptos en mayor profundidad más adelante, ya podemos citar algunos ejemplos en los que se observa claramente la interacción entre los flujos de energía, la morfología estructural y la conectividad temporal.

Nos preguntamos, por ejemplo, qué tipo de interacción entre los componentes de un sistema complejo como una planta se tiene que dar para que la misma adopte una forma reticular (una estructura similar a una red) o rizomática (una estructura con ramificaciones subterráneas interconectadas). De hecho, hay una interacción específica entre los flujos de energía y la morfología estructural que canaliza su desarrollo en una de esas direcciones.

Se puede observar que cuando los sistemas de contacto (solar, hídrico, biológicos por sus nutrientes) y sus flujos de energía están distribuidos de manera más homogénea y sostenida, las interacciones favorecen una estructura de red, donde la planta expande su crecimiento horizontal o en múltiples direcciones de manera equilibrada. Este tipo de energía "distribuida" permite la creación de conexiones fuertes entre diferentes partes del sistema, optimizando la absorción de recursos desde diversos puntos. En cambio, si los flujos de energía, como los nutrientes o el agua, se concentran en áreas específicas, la planta desarrolla una estructura rizomática,

---

<sup>26</sup> Fritz-Albert Popp demostró que las emisiones de biofotones (energía luminosa) en sistemas biológicos están estrechamente relacionadas con ritmos temporales, lo que sugiere una interacción recíproca entre energía y temporalidad en la regulación del proceso.



extendiendo sus rizomas hacia esas áreas ricas en energía. Esta forma le permitiría aprovechar puntos concentrados de energía, como reservas localizadas de nutrientes en el suelo o fuentes de agua subterráneas.

En conclusión: si la morfología estructural de la planta responde a una distribución uniforme de los recursos, cada parte de la planta crecería de manera sinérgica y conectada, de forma radial o reticular maximizando la exposición a los recursos externos (luz solar, espacio aéreo o suelo, etc.). En este caso, la planta busca maximizar su interacción con los otros sistemas en múltiples direcciones. Pero si la estructura es rizomática es por la necesidad de ser más adaptativa a la exploración en busca de recursos. La planta desarrollaría extensiones subterráneas que actúan como "exploradores" energéticos, adaptándose a los flujos de energía concentrados en ciertas áreas. Esta expansión más descentralizada y modular permite a la planta colonizar espacios con parches de nutrientes, conectando partes dispares del sistema subterráneo con la energía disponible.<sup>27</sup>

Podemos brindar otros ejemplos donde se visualiza la interacción entre estos tres componentes:

- **Galaxias espirales:** La morfología estructural de las galaxias espirales (como la Vía Láctea) facilita un flujo eficiente de energía a lo largo de sus brazos. Los flujos de energía aquí incluyen la distribución de gas, estrellas y polvo, que se redistribuyen dinámicamente en espirales debido al momento angular generado por la rotación de la galaxia. Esta distribución equilibra las fuerzas gravitacionales, manteniendo la estabilidad de la estructura. La conectividad temporal se observa en cómo las interacciones gravitacionales y el movimiento

---

<sup>27</sup> Se pueden consultar, al respecto: 1) Stiefkens, Laura Beatriz, et al. Morfología Vegetal: Guía de Trabajos Prácticos. Sima Editora, 2017. 2) Mesa López, Neftalí. Manual de Morfología Vegetal Externa. Grupo de Investigación en Genética y Biotecnología Vegetal y Microbiana de la Universidad del Tolima (GEBIUT), Universidad del Tolima, 2020.

estelar generan ciclos de formación estelar, donde la energía se transforma y reutiliza a lo largo de millones de años.

- **Celdas hexagonales en panales de abejas:** La morfología estructural hexagonal optimiza el uso del espacio y los materiales. En términos de flujos de energía, las abejas minimizan el gasto energético en la construcción del panal, ya que el hexágono tiene la mejor relación área-perímetro, lo que requiere menos cera para almacenar la mayor cantidad de miel. La conectividad temporal aquí se manifiesta en la sincronización de la construcción de celdas, que sigue un formato coordinado entre las abejas para asegurar que la estructura crezca de manera eficiente y estable en el tiempo.
- **Paredes celulares de plantas:** En las plantas, las paredes celulares están formadas por celulosa, que otorga tanto rigidez como flexibilidad. Esto permite un soporte estructural óptimo mientras facilita el intercambio de nutrientes y agua, aspectos fundamentales en los flujos de energía relacionados con la fotosíntesis. La conectividad temporal se evidencia en el ciclo diario de la fotosíntesis, donde las plantas aprovechan la energía solar de manera rítmica, almacenando y distribuyendo los productos de la fotosíntesis para su crecimiento a lo largo del día y la noche.
- **Reactores de fusión nuclear (Tokamak):** En los reactores de fusión como el Tokamak, la morfología estructural toroidal es esencial para confinar el plasma a temperaturas extremas. Los flujos de energía aquí implican el movimiento de partículas altamente energéticas dentro del plasma, donde la forma del Tokamak asegura que el plasma permanezca confinado por más tiempo, reduciendo la pérdida de energía. La conectividad temporal es crucial, ya que la fusión solo se puede mantener durante cortos períodos de tiempo en los que las condiciones de temperatura y presión son óptimas para que los iones se fusionen y liberen energía.

Estos ejemplos muestran cómo los flujos de energía, la morfología estructural y la conectividad temporal interactúan en

sistemas naturales y artificiales, optimizando la eficiencia energética y asegurando la estabilidad y evolución de los sistemas a lo largo del tiempo.<sup>28</sup>

Por último, debemos entender, como corolarios necesarios luego de la delimitación que hicimos del objeto de estudio, las siguientes características de los sistemas:

**1. No hay nada en el universo que no sea parte de un sistema:**

Todo sistema está constituido por una red de interacciones dinámicas y evolutivas entre componentes. Las partes no se entienden de forma aislada, sino en función de sus relaciones internas y externas. El universo está compuesto por una infinidad de sistemas interconectados que se forman y evolucionan en diversos niveles de complejidad. Cada partícula, objeto o estructura observable es parte de un sistema mayor, ya sea un sistema físico, biológico o conceptual. No existe ninguna entidad que no pertenezca a un sistema, lo que implica que no hay islas de aislación en la realidad observable.

**2. Todos los sistemas están conectados o imbricados:**

Este principio resalta que los sistemas no existen de manera independiente. En cambio, están interconectados e imbricados unos con otros, generando interacciones dinámicas que determinan su comportamiento. La imbricación es clave en el SSC, ya que abarca tanto la interrelación entre sistemas como el solapamiento de sus componentes y funciones. Por ejemplo, el sistema biológico está imbricado con el macroscópico, y ambos interactúan con el sistema de micropartículas.

**3. No hay vacíos entre los sistemas; ni medio, ni ambiente, ni entorno:**

---

<sup>28</sup> El SSC, al definir los componentes de un sistema complejo da un salto cualitativo que permite pasar de una comprensión intuitiva a una fundamentada en hechos concretos y medibles. Esta distinción es crucial porque el SSC no se contenta con describir propiedades emergentes, sino que busca una base sólida en interacciones definidas, como lo hacen algunos enfoques de las Teorías de la Complejidad. La definición de los componentes (flujos de energía, morfologías estructurales y conectividad temporal) en el SSC proporciona un marco más riguroso y menos dependiente de intuiciones y generalizaciones abstractas.

Este principio sostiene que no hay espacios vacíos ni una separación física o conceptual entre los sistemas. El "medio" o el "ambiente" no son externos a los sistemas; más bien, son parte de una red continua de interrelaciones. La energía, la información y la materia fluyen sin vacíos, lo que significa que cada sistema afecta y es afectado por otros en una compleja red de influencias mutuas.

**4. Sólo de manera abstracta se pueden pensar sistemas cerrados:**

Aunque es útil en algunos contextos teóricos o modelos simplificados hablar de sistemas cerrados (donde no hay intercambio de energía, materia o información con el exterior), este tipo de sistema no existe en la realidad. Todos los sistemas reales están abiertos a interacciones con su entresistema. Los sistemas cerrados sólo pueden ser pensados como abstracciones o modelos teóricos para simplificar el análisis en ciertas disciplinas.

**5. Los sistemas son construcciones del sistema observador-desarrollador humano:**

Este principio subraya la naturaleza constructivista del SSC. Los sistemas, tal como los percibimos y entendemos, son el resultado de las herramientas cognitivas, tecnológicas y conceptuales que los seres humanos han desarrollado para observar, describir y modelar la realidad. Esto implica que la comprensión de cualquier sistema es una construcción relativa, basada en la interacción entre el observador y el objeto de estudio.

**SEGUNDO PRINCIPIO: En los sistemas complejos hay coexistencia de funciones estabilizadoras, coemergencias sincrónicas y fluctuaciones asimétricas secuenciales (innovaciones progresivas).**

Para el Saber Supercomplejo (SSC), en los sistemas complejos existe una coexistencia dinámica entre funciones estabilizadoras, coemergencias sincrónicas y fluctuaciones asimétricas secuenciales, que permite comprender tanto la estabilidad como la transformación. Las acciones estabilizadoras aseguran la organización funcional del

sistema al sincronizar los flujos de energía y optimizar su estructura en el presente. A su vez, las convergencias sincrónicas organizan componentes y funciones en interacción simultánea, logrando configuraciones morfológicas cohesionadas y estables. Por otro lado, las fluctuaciones asimétricas secuenciales introducen desequilibrios progresivos, reorganizando las morfologías estructurales y reconfigurando las conectividades temporales, lo que da lugar a innovaciones y adaptaciones evolutivas. Es a través de esta combinatoria dinámica, en la que los flujos energéticos son gestionados de manera eficiente, las estructuras se reorganizan constantemente y las temporalidades se entrelazan, donde se equilibran la estabilidad funcional y el cambio adaptativo, asegurando así la evolución y la supervivencia del sistema.<sup>29</sup>

Estos comportamientos interactivos, que en ocasiones podrían percibirse como opuestos -estabilidad y emergencia, compresión y expansión, sincronicidad y secuencialidad-, no sólo coexisten, sino que son los motores de la evolución, transformación y continuidad de los sistemas complejos. En un proceso estocástico y evolutivo, emergen fenómenos que explican a gran escala la complejidad del universo y la vida. Al organizar estos comportamientos según su rol en los sistemas complejos, se pueden identificar tres grandes grupos: los productores de estabilidad provisoria, los impulsores de coemergencias sincrónicas y los generadores de fluctuaciones asimétricas que conducen a emergencias secuenciales e innovaciones progresivas.

---

<sup>29</sup> Los flujos de energía son el motor que alimenta y mantiene los sistemas complejos, ajustándose constantemente para sincronizarse y distribuirse de manera eficiente. Este proceso genera equilibrios dinámicos que aseguran la estabilidad temporal. Al mismo tiempo, la morfología estructural refleja cómo los componentes de un sistema se organizan espacialmente, facilitando interacciones sincrónicas que optimizan la funcionalidad y cohesionan el sistema. La conectividad temporal añade una dimensión evolutiva, describiendo cómo las interacciones dentro de un sistema cambian y se reorganizan en el tiempo. Las fluctuaciones asimétricas secuenciales rompen los equilibrios establecidos, introduciendo desequilibrios progresivos que reconfiguran tanto las estructuras como las conexiones temporales, impulsando innovaciones y adaptaciones evolutivas.

Los procesos que generan estabilidad provisoria son fundamentales para establecer estructuras y equilibrios temporales en los sistemas complejos. Ejemplos de ello son la cristalización, donde los átomos se organizan en redes reticulares tridimensionales; la configuración estable de órbitas planetarias mediante las interacciones gravitatorias; las corrientes oceánicas, que regulan el clima y transportan nutrientes; y los anillos de crecimiento en los árboles, que evidencian ciclos temporales de adaptación a condiciones de interacción con otros sistemas. En el ámbito biológico, se observa en la estabilidad autoorganizada de la doble hélice del ADN, en las membranas celulares que mantienen la integridad funcional y en las estructuras óseas, cuya combinación de compacidad y porosidad garantiza resistencia y adaptabilidad.

Por su parte, los comportamientos que impulsan coemergencias sincrónicas favorecen la autoorganización y eficiencia sistémica, permitiendo interacciones constantes. Ejemplos de estos procesos incluyen las bandadas de aves, cuyo vuelo coordinado reduce el consumo energético y mejora la aerodinámica y las redes de transporte en hojas, que optimizan la distribución de nutrientes y agua. En los ecosistemas, las redes tróficas permiten la interacción estable entre productores, consumidores y descomponedores, mientras que las estructuras de arrecifes de coral y sistemas de raíces con micorrizas promueven la adaptabilidad y cooperación, optimizando la generación de hábitats complejos. A nivel neuronal, la plasticidad de las redes permite la reorganización funcional del sistema nervioso, facilitando el aprendizaje y la memoria en respuesta a estímulos de otros sistemas.

Los generadores de fluctuaciones asimétricas y emergencias secuenciales introducen transformaciones fundamentales que impulsan innovaciones evolutivas por efecto de la inflación cósmica, dieron lugar a las primeras estructuras de este universo. Las transiciones de fase en el enfriamiento temprano del cosmos



permitieron la aparición de partículas y estructuras ajustadas, mientras que la nucleosíntesis primordial originó los primeros elementos ligeros que sirvieron como base para la formación de estrellas iniciales. En etapas posteriores, la asimetría entre materia y antimateria, el efecto túnel cuántico y la fusión nuclear permitieron el surgimiento de elementos pesados y la liberación de energía.

En el plano biológico, la autocatálisis y las mutaciones genéticas desempeñan roles cruciales en la aparición de nuevas formas de vida, mientras que la especiación y la adaptación facilitan la diversificación y optimización de los organismos. A nivel cognitivo y cultural, los procesos de coevolución generaron redes de interdependencia compleja, donde la conciencia, la cognición y el aprendizaje posibilitaron la emergencia de nuevas estructuras sociales y tecnologías. En el ámbito de la inteligencia artificial, fenómenos como las redes neuronales convolucionales, las redes generativas antagónicas y el aprendizaje profundo representan ejemplos contemporáneos de innovaciones progresivas en sistemas complejos, revolucionando la capacidad de procesamiento y generación de conocimiento.

De esta manera, los sistemas complejos se desarrollan a través de un equilibrio dinámico entre estabilidad provisoria, coemergencias sincrónicas y fluctuaciones asimétricas, lo que da lugar a la continua generación de nuevas estructuras y comportamientos. Estos procesos evidencian que la complejidad del universo no puede reducirse a patrones lineales ni simplificados, pues surge de la interacción dinámica entre flujos energéticos, morfologías estructurales y conectividades temporales, tanto dentro de los sistemas como en sus interacciones multiescalares.

Desde la perspectiva del SSC, las anomalías y fluctuaciones observadas en los sistemas complejos no constituyen rupturas en un esquema rígido, sino lesiones naturales de la interacción continua entre estabilidad, sincronización y emergencia. En lugar de

interpretarlas como excepciones o desvíos, el SSC las concibe como expresiones propias de la dinámica supercompleja, donde múltiples procesos interactúan en distintos niveles y escalas. Esto implica que lo aparentemente anómalo no es que más el resultado de combinatorias fluctuantes que generan comportamientos emergentes y nuevos ajustes. Así, los fenómenos que la ciencia clásica interpreta como irregularidades pueden entenderse como partes de un proceso continuo y evolutivo donde la complejidad se despliega en un entretejido de estabilidad provisional, coemergencias sincrónicas y fluctuaciones asimétricas, integrando tanto patrones transitorios como transformaciones profundas.

Desde esta perspectiva, el universo se concibe como un tejido interconectado de energía, interacciones y evolución, donde las causas de la complejidad se entrelazan y generan la rica diversidad que caracteriza nuestra realidad. El paradigma del SSC permite capturar estas interacciones profundas, mostrando que la evolución, transformación y continuidad de los sistemas complejos dependen de esta dinámica entre estabilidad, sincronización y desequilibrio progresivo.<sup>30</sup>

**TERCER PRINCIPIO: Coexisten tres macrosistemas: el micropartículas, el macroscópico y el biológico, con sus correspondientes niveles de complejidad y solapamientos.**

Desde nuestra perspectiva, coexisten solapadamente tres tipos de macrosistemas descriptores de la realidad: micropartículas; macroscópico y biológico. Para el Saber Supercomplejo (SSC), cada

---

<sup>30</sup> La complejidad surge de este equilibrio dinámico entre estabilidad y cambio, donde los flujos de energía, las estructuras morfológicas y las conexiones temporales no sólo coexisten, sino que se entrelazan en un proceso evolutivo y estocástico. Así, los sistemas complejos generan y transforman continuamente nuevas formas y funciones, desafiando cualquier intento de reducción a patrones lineales o simplificados. Este tejido interconectado de energía, espacio y tiempo explica la rica diversidad de la realidad, mostrando cómo las fuerzas de estabilidad y emergencia, sincronía y secuencialidad se combinan para modelar la evolución, transformación y continuidad de los sistemas complejos en el universo y en la vida.

uno de estos macrosistemas presenta una modalidad y evolución de complejidad particular, que es la que precisamente define al macrosistema.

- **Macrosistema micropartículas:** Este macrosistema abarca las partículas subatómicas que componen la materia, como electrones, protones, neutrones y sus partículas fundamentales (quarks, gluones, etc.), así como las partículas más elementales que interactúan según las leyes de la física cuántica. También incluye los bosones como el fotón (partículas de luz) y el bosón de Higgs, que da masa a otras partículas.
- **Macrosistema macroscópico:** Este macrosistema comienza donde los átomos se combinan para formar moléculas y estructuras más grandes. También abarca los organismos no biológicos (materiales inertes), las estructuras geológicas (planetas, montañas). Se extiende hasta las escalas planetarias y galácticas, abarcando desde la materia que compone los objetos cotidianos, las formaciones terrestres, los sistemas planetarios, hasta las galaxias y cúmulos galácticos.
- **Macrosistema biológico:** Este macrosistema empieza a nivel celular, con las primeras formas de vida basadas en células procariotas o eucariotas y abarca la bioquímica esencial para la vida (ADN, proteínas, metabolismo). Aquí se incluyen los organismos unicelulares y multicelulares. Se extiende hasta ecosistemas globales, con interacciones biológicas que van desde la interacción celular hasta el comportamiento de comunidades y ecosistemas enteros, incluyendo a los animales no humanos y humanos y todas sus producciones.

Los tres macrosistemas -micropartículas, macroscópico y biológico- representan diferentes niveles de complejidad, cada uno con su propio conjunto de características que organizan la realidad de manera particular.<sup>31</sup> Por tanto, los macrosistemas no son entidades

---

<sup>31</sup> Esta clasificación es desarrollada con más detalle en el capítulo seis.

independientes, sino resultados emergentes de un proceso continuo y multiescalar, donde las dinámicas entre estabilidad, sincronización y desequilibrio progresivo generan la diversidad y la complejidad observadas en el universo.

El macrosistema de micropartículas se caracteriza por una complejidad cuántica, donde las interacciones energéticas son no deterministas y probabilísticas, regidas por fenómenos como la superposición y el entrelazamiento cuántico. A este nivel, las partículas no tienen una morfología estructural fija y sus comportamientos son estocásticos y altamente impredecibles, lo que las convierte en el nivel más abstracto y dinámico de complejidad, en interacción permanente con los otros macrosistemas.

En el macrosistema macroscópico, la complejidad supone una excepción de las leyes de la física clásica y emerge cuando estos sistemas se autoorganizan y generan comportamientos complejos y no predecibles como en la formación de galaxias, fenómenos atmosféricos o combinación de elementos químicos.

En el macrosistema biológico, la complejidad está centrada en la adaptación y la evolución -siempre estratégica y por ello novedosa- de organismos vivos. Los flujos de energía metabólica permiten a los organismos mantenerse vivos, crecer y reproducirse administrando sus posibilidades de supervivencia en la construcción de distintas interacciones entre los flujos de energía, las morfologías estructurales y la conectividad temporal.

Cada macrosistema tiene, además, un evento fundante. En el caso del macrosistema de micropartículas, este evento es la inflación cósmica, un proceso de expansión rápida y multiversal que dio lugar a las partículas elementales y las condiciones necesarias para la formación de la realidad observable. Más que un punto inicial absoluto, el universo emerge como parte de una dinámica más amplia de fluctuaciones cuánticas y expansión energética. El macrosistema macroscópico está marcado por la formación de estrellas y galaxias,

estructuras que moldearon el universo tal como lo observamos hoy. Por su parte, el macrosistema biológico se inicia con el surgimiento de la réplica celular y la vida. Marca la aparición de sistemas biológicos capaces de evolucionar y adaptarse, lo que lleva a niveles de organización y complejidad aún mayores en el universo. Cada uno de estos eventos representa hitos cruciales en la progresión de la complejidad en el universo, desde las partículas más pequeñas hasta la vida misma.

Ahora bien, consideramos que entre estos macrosistemas los límites no son estrictos y que se observan áreas de solapamiento y transición entre ellos, con límites difusos y fenómenos influenciados por múltiples niveles de complejidad. En otras palabras, existe un triple solapamiento bidireccional dinámico entre los tres macrosistemas lo que los hace mucho más complejos e interconectados. Por ello, el estudio de un nivel de complejidad, a menudo, requiere comprensión y herramientas de otro.<sup>32</sup>

Sin perjuicio de ello, debemos decir que, en general ha sido el macrosistema macroscópico (lo físico más lo químico sin incluir lo biológico) el que ha centralizado la desagregación de descriptores de complejidad, a nuestro juicio, producto del desarrollo lógico de la ciencia y de los instrumentos de observación y medición. Por esto, más allá de la existencia de descriptores compartidos, a raíz del solapamiento e interconexión aludidos anteriormente, proponemos descriptores propios de cada macrosistema que se ajustan a la naturaleza de cada uno de éstos.

Como veremos más adelante, el SSC propone descriptores energéticos, espaciales y temporales para describir la complejidad en cada macrosistema. En tal sentido, se presentan descriptores específicos como los vinculados al entrelazamiento, la superposición

---

<sup>32</sup> Consideramos que a los tres macrosistemas generales les corresponde un tipo de complejidad que le es propia: macrosistema micropartículas y Cuanticomplejidad; macrosistema macroscópico y Macrocomplejidad; macrosistema biológico y Biocomplejidad.

y la decoherencia en el macrosistema micropartículas. Por su parte, en el macrosistema biológico la complejidad, como veremos, está atravesada por funciones de autonomía, metabólicas, reproductivas, cognitivas (conciencia) y de aprendizaje (cómputo, mapeo y cronometraje). Desde esta mirada, se advierte la imposibilidad de una definición única de la complejidad, se trata de modalidades predominantes de energía y estructura diferentes. En otras palabras, sólo es posible mensurar niveles de complejidad al interior de cada macrosistema.

Desde nuestra perspectiva, es factible abordar la realidad utilizando y combinando los sistemas mencionados, tanto dentro de cada macrosistema como a nivel inter-macrosistema. Esta aproximación se basa en la premisa de que la complejidad es inherentemente combinatoria e interdependiente. Tal metodología facilita una comprensión más fluida de la naturaleza de los numerosos sistemas complejos existentes y fomenta la adopción de enfoques interdisciplinarios. Además, la integración de diversos sistemas proporciona un marco innovador esencial para enfrentar los desafíos globales actuales, aprovechando la experiencia de distintas disciplinas.

En el cuarto principio, vamos a mostrar como a la complejidad propia de cada una de estos macrosistemas, se le debe agregar un nuevo nivel de complejidad, la “supercomplejidad”.

**CUARTO PRINCIPIO: La supercomplejidad añade nuevos niveles a la complejidad mediante el solapamiento de macrosistemas y la modificación activa, reconfigurada tanto cognitiva como tecnológicamente por el observador-desarrollador humano.**

Otro grupo de causas que concurre a la formación de un nuevo nivel de complejidad, que nosotros llamaremos “supercomplejidad”, es el hecho de que los macrosistemas se encuentran solapados, con



espacios de superposición e influyéndose constantemente; asimismo, las intervenciones de los investigadores en aras de modificar, explicar o intervenir sistemas por medio de mapas dinámicos de supercomplejidad (MDS) y algoritmos, también concurre en la formación final de esta “supercomplejidad”.

Para el Saber Supercomplejo (SSC) hay tres modalidades de complejidad y dos de supercomplejidad.

Tres modalidades de Complejidad:

1. **Microcomplejidad:** Este es el nivel cuántico, donde la complejidad emerge a partir de interacciones entre partículas subatómicas. Los fenómenos como la superposición y el entrelazamiento cuántico son ejemplos de cómo las interacciones en este nivel son probabilísticas y no deterministas, gobernadas por las leyes de la mecánica cuántica.
2. **Macrocomplejidad:** Este nivel incluye los sistemas a gran escala, como planetas, estrellas y galaxias. Los procesos físicos clásicos como la gravedad y las leyes newtonianas de la física son los principales factores que regulan las interacciones en este nivel. Ejemplos de complejidad macroscópica incluyen el clima, la dinámica de fluidos y la autoorganización de sistemas físicos como las estrellas.
3. **Biocomplejidad:** A nivel biológico, la complejidad se manifiesta a través de las interacciones entre los organismos vivos y sus sistemas de contacto. La adaptación, la evolución, el metabolismo y la reproducción son algunos de los comportamientos clave en este nivel, impulsados por la energía metabólica y las interacciones con otros seres vivos y demás sistemas.

## Dos Niveles de Supercomplejidad:

### Primer Nivel de Supercomplejidad: El Triple Solapamiento.

En este nivel, se produce el solapamiento entre los tres macrosistemas: micropartículas, macroscópico y biológico. Aquí, las propiedades emergentes surgen de la interacción entre sistemas. Por



ejemplo, cómo los procesos cuánticos influyen en los sistemas biológicos o cómo los factores macroscópicos (como el clima) afectan la vida en la Tierra. Este solapamiento genera comportamientos nuevos que no pueden preverse simplemente al estudiar cada sistema por separado. La interacción entre los sistemas complejos lleva a fenómenos emergentes más allá de las propiedades individuales de cada macrosistema.

### **Segundo Nivel de Supercomplejidad: Sumatoria entre el triple solapamiento + el funcionamiento cognitivo del cerebro + Tecnología (Sistemas Tecnoingenieriles y Ciberanalógicos) en especial Deep Learning e Inteligencia Artificial:**

Este nivel añade una dimensión adicional con la participación del cerebro humano y la tecnología avanzada. El cerebro no solo observa, sino que modifica los sistemas complejos con los que interactúa. Por un lado, el cerebro humano actúa como un agente que retroalimenta y reconfigura los sistemas, lo que introduce una nueva capa de complejidad cognitiva. Es que el cerebro humano tiene la capacidad de reconfigurar sus propios "cableados" a medida que interactúa con sistemas complejos. Este proceso de neuroplasticidad permite que el ser humano no solo observe la realidad, sino que también cambie su percepción y las herramientas que utiliza para interactuar con ella.<sup>33</sup>

Por otro lado, la tecnología avanzada, como los sistemas ciberanalógicos y las infraestructuras tecnoingenieriles, intervienen en la interacción de los sistemas complejos. Estos sistemas combinan

---

<sup>33</sup> La construcción, predicción y modificación de sistemas supercomplejos exige un sujeto observador y desarrollador que abrace y desarrolle su propia supercomplejidad. En este sentido, el sujeto debe ser consciente de su propia naturaleza compleja y de su papel como un ser multifacético que interactúa con diversos niveles de realidad. Debe reconocer que su identidad, conocimiento y acciones están profundamente interconectados e interdependientes con los macrosistemas que lo rodean. Además, debe aceptar que su realidad es dinámica y en constante transformación, lo que implica la necesidad de adaptarse y ser flexible en sus enfoques y estrategias.

la complejidad tecnológica y la biológica, permitiendo la gestión y modificación de sistemas biológicos, físicos y sociales a través de la tecnología. Un ejemplo serían las redes neuronales artificiales (deep learning), que tienen un impacto directo en sistemas biológicos y tecnológicos, ayudando a procesar grandes volúmenes de datos y modificar comportamientos sistémicos en tiempo real.

Además, los sistemas de IA introducen una nueva modalidad de emergencia cibernética, donde los algoritmos de aprendizaje automático interactúan con sistemas biológicos y físicos para generar nuevas soluciones, predicciones y modelos de interacción que los seres humanos no podrían crear por sí mismos. Aquí, la tecnología y la inteligencia artificial permiten nuevas formas de interacción y modificación de sistemas. Los sistemas tecnoingenieriles y ciberanalógicos permiten que los sistemas complejos se adapten y autogestionen, agregando una dimensión dinámica de control y evolución a los sistemas biológicos y físicos, una dimensión de supercomplejidad.

El SSC redefine la supercomplejidad como un proceso dinámico, expansivo y multidimensional, que no se limita a la observación de los sistemas complejos, sino que incorpora la modificación activa y reconfiguración cognitiva y tecnológica. Esto habilita la visualización -y eventual modificación- de nuevos eventos, nuevas combinaciones y nuevas circularidades en el universo, la vida y el cerebro humano. Esto lo diferencia de los enfoques tradicionales sobre la complejidad al introducir la interacción bidireccional y evolutiva entre el cerebro humano, los macrosistemas y las herramientas tecnológicas avanzadas, creando un paradigma expansivo que abre nuevas posibilidades de descripción, predicción y transformación de los sistemas. Es por eso que el SSC se construye como una alternativa integradora a la vez que superadora de la concepción de la ciencia clásica, del Saber Complejo (Morín) y de las Ciencias de la Complejidad (SFI).

Ante la ciencia clásica, el SSC argumenta que los fenómenos complejos no siempre pueden ser reducidos a leyes universales constantes. Muchos comportamientos del universo son estocásticos y no deterministas y requieren de mapas dinámicos (MDS), no de patrones fijos. En lugar de buscar constantes, el SSC busca entender las interrelaciones y cómo los sistemas evolucionan en función de sus interacciones y considera que las constantes físicas no son absolutas, sino aproximaciones funcionales que dependen del contexto de medición y del nivel de interacción entre sistemas. La introducción de ruido, asimetrías y no linealidad en sistemas reales revela que estas constantes están sujetas a variaciones.<sup>34</sup>

Mientras que la ciencia clásica confía en leyes y patrones fijos (como la ley de la gravedad o las constantes cuánticas), el SSC cuestiona la permanencia de estas constantes bajo condiciones extremas o en escalas no exploradas. Además, propone mapas que ilustran la evolución y el comportamiento emergente de sistemas complejos, superando la rigidez de los modelos deterministas de la ciencia clásica.<sup>35</sup>

Morin plantea una visión más filosófica de la complejidad, el SSC, en cambio, propone que los sistemas pueden ser intervenidos y modificados mediante herramientas tecnológicas avanzadas. La capacidad de intervenir activamente en los sistemas complejos,

---

<sup>34</sup> La idea de que las constantes físicas pueden depender del contexto no es nueva. Los trabajos de Barrow, Webb, Uzan y Magueijo para respaldar la idea desde la física teórica y observacional. Además, las ideas de Dirac o Kaluza-Klein podrían ampliar la discusión.

<sup>35</sup> A modo de ejemplo, los movimientos de la Tierra no son causados por un único factor, sino por una interacción entre sistemas internos (como la dinámica del núcleo terrestre) y externos (gravitación solar, lunar y de otros planetas). Esto refleja la naturaleza sistémica e interdependiente de los fenómenos. Los fenómenos como la precesión, la nutación o el bamboleo de Chandler son dinámicos y dependen de variables que cambian con el tiempo, como la redistribución de masas en la Tierra o las variaciones gravitacionales externas. Esto es coherente con la postura del SSC de que las "constantes" son en realidad relativas y temporales. Por último, los sistemas implicados (la Tierra, la Luna, el Sol, otros planetas) no actúan de manera aislada, sino que sus efectos se combinan y solapan, generando complejidad. Este paradigma combinatorio refleja el núcleo del SSC: entender los sistemas como redes interactivas y dinámicas.

utilizando IA y tecnología, otorga al SSC una aplicabilidad científica y tecnológica que el Pensamiento Complejo no contempla plenamente.

Por último, el SSC expande las Ciencias de la Complejidad al incorporar una visión relacional e intersistémica y se despega de las mismas por su dependencia excesiva a la sensibilidad a las condiciones iniciales y la formación de patrones. El SSC cuestiona la aplicabilidad universal de esta premisa, indicando que muchos sistemas complejos no responden a la sensibilidad inicial de manera determinista. Además, sostiene que los mal llamados patrones sólo se producen en ocasiones específicas y no deben ser considerados un descriptor central de todos los sistemas. Se valoran de las Ciencias de la Complejidad sus modelizaciones matemáticas pero el SSC propone, además, que la inteligencia artificial, la ciencia de datos, las neurociencias y los sistemas tecnoingenieriles intervengan en la modificación y optimización de los sistemas complejos en tiempo real.

**QUINTO PRINCIPIO. El constructivismo complejo multiescalar es la base epistemológica y la multicausalidad probabilística es el punto de partida de una nueva concepción de la ciencia.**

El Saber Supercomplejo (SSC) se fundamenta en un constructivismo complejo multiescalar, entendido como un modelo que integra un constructivismo moderado o "cotejado con los hechos", con la actividad del cerebro humano y el uso de tecnologías avanzadas para modelar y transformar sistemas complejos.

Este constructivismo reconoce que nuestra comprensión y descripción de la realidad se construyen a partir de nuestras experiencias, interacciones, capacidades cognitivas y herramientas tecnológicas. Aunque esta construcción está inevitablemente condicionada por nuestras limitaciones como observadores, es posible identificar comportamientos consistentes y fenómenos recurrentes que sugieren la existencia de un marco relacional que

trasciende nuestras percepciones individuales. Sin embargo, esta 'realidad objetiva' no debe entenderse como algo fijo, absoluto o independiente de nuestras interacciones, sino como un proceso dinámico, emergente y multiescalar que integra nuestras observaciones como parte del sistema que describe. No hay un orden oculto esperando ser descubierto, sino una realidad que se reconfigura. La incertidumbre epistemológica nace, entonces, de una incertidumbre ontológica.

Desde esta perspectiva, la realidad no es simplemente un objeto externo que observamos, sino una red de interacciones donde los observadores y las herramientas de observación desempeñan un papel activo en su configuración. Este paradigma reconoce que cualquier descripción está intrínsecamente ligada a los sistemas en interacción, a las herramientas y a las escalas empleadas para observar.

Al intentar modelar o representar sistemas complejos, nuestras herramientas humanas -como el lenguaje, las matemáticas, las tecnologías avanzadas y las convenciones culturales- median inevitablemente estas aproximaciones. Este proceso de mediación genera lo que el SSC denomina "formateo social", un fenómeno mediante el cual nuestras descripciones y modelos emergen del contexto histórico, educativo y cultural que compartimos.<sup>36</sup>

La “distorsión” con la que observamos la realidad implica que vemos algo ya desde nuestras experiencias previas y, en tal sentido, hacemos un recorte. En este enfoque, la percepción de la realidad no solo está filtrada por las experiencias previas y las estructuras cognitivas individuales, sino también por la red de sistemas interconectados en los que esas experiencias se inscriben. Cada

---

<sup>36</sup> La noción de "formateo social" se alinea con las ideas de la sociología del conocimiento científico, como las de Bruno Latour y David Bloor, que señalan como los factores sociales y culturales afectan la construcción de teorías científicas. Este concepto también se acerca a las ideas de Michel Foucault sobre cómo los discursos y las prácticas culturales configuran el conocimiento.

sistema de referencia aporta una capa adicional de significado, amplificando o atenuando ciertos aspectos del objeto percibido. Por ejemplo, un objeto cotidiano puede evocar significados distintos según su contexto cultural, emocional o funcional y, en consecuencia, será percibido de manera diferente por dos personas, ya que no solo registrarán distintos aspectos del objeto, sino que, además, lo vincularán con redes de sentido diversas y sistemas de referencia distintos.<sup>37</sup>

En este sentido, el constructivismo complejo multiescalar sostiene que la percepción no es lineal ni uniforme, sino que se construye a partir de interacciones sistémicas múltiples, donde cada nodo relacional contribuye a configurar lo percibido. Esta perspectiva no sólo subraya la subjetividad del observador, sino que también enfatiza el carácter dinámico y evolutivo de las percepciones. A medida que los sistemas de referencia del sujeto se amplían, las interpretaciones del objeto pueden modificarse, revelando que la realidad es una construcción activa, relacional y en constante transformación.

Desde una perspectiva multiescalar, el SSC articula las interacciones entre los diferentes niveles de complejidad –micropartículas, macroscópico y biológico–, reconociendo cómo estas dinámicas afectan tanto la estabilidad como la emergencia de los sistemas.

El constructivismo complejo multiescalar redefine estos conceptos clave como componentes inseparables de los sistemas complejos, trascendiendo las limitaciones de los paradigmas

---

<sup>37</sup> Este posicionamiento puede encontrar resistencias desde dos frentes. Primero, desde los enfoques empiristas y realistas, que podrían objetar el énfasis en la percepción subjetiva y relacional, argumentando que esto diluye la posibilidad de establecer leyes universales y mensurables. En respuesta, el constructivismo complejo multiescalar no niega la existencia de la realidad objetiva, sino que subraya que cualquier medición está mediada por redes de relaciones y sistemas interconectados que modifican lo observado. En segundo lugar, desde los complejólogos científicistas o deterministas, que podrían percibir el componente subjetivo y relacional como una fuente de incertidumbre innecesaria. No obstante, desde la perspectiva del SSC, no se trata de complejizar por complejizar, sino de reconocer que los sistemas son interdependientes y que esa interdependencia impacta en cómo se perciben, describen y modelan.



deterministas tradicionales y abriendo nuevas posibilidades para la comprensión, el modelado y la transformación en la ciencia y la tecnología. Además, este constructivismo multiescalar considera que las herramientas de descripción, como algoritmos, simulaciones y mapas tetradimensionales, no sólo representan la trama sistemática, sino que también la modifican, estableciendo una relación circular entre conocimiento, tecnología y realidad. Asimismo, reconoce la dualidad entre lo concreto y lo abstracto en la interpretación de los componentes energéticos, temporales y espaciales. En este sentido, la energía, el tiempo y el espacio son constructos abstractos que emergen de las interacciones. Estas categorías no solo organizan el pensamiento, sino que también facilitan la intervención efectiva en los sistemas, posicionando al SSC como un paradigma dinámico e innovador para abordar la complejidad.

Desde nuestra mirada, la complejidad del universo y de la vida y la construcción del propio saber, coexisten y coevolucionan en una relación retroalimentada. Por lo tanto, el conocimiento y la realidad están entrelazados de manera natural y sustancial que resulta fundamental atender para comprender la naturaleza de ambos.

Este concepto dentro del SSC implica una posición activa en la construcción del conocimiento, pero va más allá del constructivismo tradicional al incorporar la complejidad de las interacciones sistémicas. En el SSC, el conocimiento no es simplemente una construcción mental o social, sino un proceso dinámico que emerge de la interacción entre flujos de energía, morfologías estructurales y conectividad temporal. Esto da lugar a un paradigma donde el conocimiento es visto como una red interdependiente que evoluciona en función de los cambios en sus componentes fundamentales.

El sujeto complejo, observador y desarrollador de sistemas complejos es parte de esa complejidad y por lo tanto es ilusorio pensar que puede permanecer objetivo y "ver desde fuera" la supercomplejidad del universo y de la vida. El es producto de la misma



y, por lo tanto, está “enredado”, es decir, su racionalidad, sus mapeos y sus intervenciones son construcciones atravesadas por las contradicciones entre lo tecnológico, lo autoconsciente, lo socio-relacional, lo simbólico y lo biológico. El sujeto “supercomplejo” no puede separarse de los sistemas que estudia y desarrolla, ya que es parte integral de ellos. Su comprensión y análisis están inherentemente limitados y condicionados por su propia naturaleza y experiencia como ser humano. Este enredo implica que sus percepciones, teorías e intervenciones están influenciadas por su contexto tecnológico, sus capacidades de autoconciencia, sus relaciones sociales, sus símbolos culturales y su biología.

La racionalidad del sujeto complejo es una construcción dinámica que refleja la intersección de múltiples dimensiones de la existencia humana, lo que desafía la noción tradicional de objetividad y subraya la necesidad de enfoques que reconozcan y aborden estas interconexiones. Paul Cilliers, en su libro "Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems", ofrece una visión crítica sobre la aplicación y la interpretación de las teorías de la complejidad, Cilliers es escéptico respecto a las teorías que pretenden ofrecer explicaciones universales para sistemas complejos, abogando en cambio por enfoques más contextuales y situacionales que reconozcan las particularidades de cada sistema, aceptando que el conocimiento completo y totalmente objetivo es inalcanzable y que siempre hay limitaciones en nuestra comprensión de los sistemas.

Bajo esta mirada, consideramos que el observador y el sistema son inseparables; como consecuencia, el conocimiento es construido en la interacción de los individuos con los sistemas, incluidas las combinaciones que veremos más adelante. Además, debemos subrayar que vemos la realidad a través de nuestras percepciones y filtros cognitivos, que están influenciados por nuestras experiencias, historias, vivencias, creencias y emociones. Por ello, el aporte constructivo del individuo estará signado por aquellos sistemas con

mayor preponderancia en sus respectivas vidas, resultando lógico que las miradas entre distintas culturas y civilizaciones sean tan plurales.

Newton, Galileo y Laplace veían un mundo ordenado y con leyes causales y deterministas. No veían la cantidad de perturbaciones que afectan a un sistema complejo y que las mismas son diferentes en diferentes escalas. En lugar de ver al universo como un sistema regido por constantes universales, el SSC propone modelos de realidad que están en evolución dinámica, reflejando la naturaleza estocástica, emergente y cambiante de los sistemas complejos. Esta perspectiva es mucho más flexible y se adapta mejor a la diversidad y multiescalaridad de los fenómenos que se observan en distintos niveles de la realidad, desde micropartículas hasta sistemas biológicos y tecnológicos.

En lugar de descomponer los fenómenos para entender sus componentes básicos, el SSC postula que el conocimiento surge de la interrelación entre sistemas complejos. Por tanto, no busca fórmulas definitivas, sino redes de interacción y flujos de energía que den cuenta de cómo los sistemas cambian y evolucionan.<sup>38</sup>

Es por ello que el SSC no solo adopta una postura constructivista, sino que también introduce una distinción crítica que va más allá de las ideas generales de Von Foerster en la Cibernética de Segundo Orden. Para el SSC, el grado de construcción del observador varía en función del macrosistema en el que esté interactuando. Es decir, la influencia del observador no es uniforme en todos los sistemas: En el análisis de los macrosistemas, el papel del observador varía: en el macrosistema de micropartículas, el acto de observación influye directamente en el estado del sistema; en el macroscópico, su influencia es menor; y en los sistemas biológicos, la influencia

---

<sup>38</sup> Los sistemas rara vez pueden ser explicados completamente mediante enfoques lineales que solo consideran una variable independiente y una dependiente. La interacción de múltiples variables intervinientes suele ser clave para comprender, describir y predecir el comportamiento de estos sistemas. En investigaciones científicas, la combinación de variables interrelacionadas puede ofrecer una visión más rica y precisa, especialmente cuando se trata de fenómenos que no siguen comportamientos simples.

depende de la complejidad del organismo o sistema observado. Esta interacción subraya la complejidad inherente del conocimiento en relación con los sistemas que se estudian y desarrollan.<sup>39</sup>

En el SSC, la complejidad del universo y de la vida coexisten y evolucionan en una relación de retroalimentación con el proceso de construcción del conocimiento. Sostenemos una co-construcción circular, activa y progresiva entre el cerebro humano y el universo, donde el cerebro no solo interpreta la realidad, sino que también la influencia a través de sus percepciones, experiencias y pensamientos. Esta relación dinámica implica que la adquisición de conocimiento es un proceso activo que afecta tanto al sujeto cognoscente como al objeto de conocimiento. Este paradigma también explica la pluralidad de interpretaciones entre distintas culturas, ya que cada individuo ve la realidad a través de los sistemas que predominan en su vida.

Finalmente, el constructivismo complejo multiescalar propone una manera dinámica de construir el conocimiento al considerar la interacción continua de los componentes fundamentales de los sistemas complejos, lo que podría generar tanto adhesiones como críticas desde otros enfoques, como los de Kauffman o Morin.

Por otra parte, el SSC promueve una ciencia (descriptiva, prescriptiva y desarrolladora) construida sobre la multicausalidad probabilística, sin que esto niegue la posibilidad de correlaciones lineales en una primera construcción de las variables intervinientes.

---

<sup>39</sup> En el ámbito cuántico, el acto de observación puede afectar el estado del sistema de manera directa. En sistemas macroscópicos, la influencia de la observación puede ser menos directa, pero aún así significativa, principalmente en contextos de investigación científica, donde la formulación de teorías y modelos puede influir en la dirección de la investigación y la interpretación de los datos. En los sistemas biológicos complejos, la relación entre el observador y el sistema varía dependiendo del enfoque escogido. En la investigación biológica, las hipótesis del investigador pueden influir en el diseño experimental y la interpretación de los resultados. Por su parte, cuando están involucrados seres humanos, la interacción entre el observador y el sistema se complejiza aún más, incluyendo la respuesta del sistema a ser observado.

En el universo, en efecto, muchos eventos y comportamientos no se pueden reducir o describir mediante leyes deterministas o lineales, sino que dependen de principios probabilísticos, como ocurre en los fenómenos cuánticos y en la periodicidad de los cometas, donde intervienen múltiples factores y pequeñas variaciones que no permiten una predicción exacta.

En tal sentido, la complejidad y la estocasticidad (como se subraya en el SSC) implican que hay muchos más eventos que no pueden describirse mediante leyes exactas que los que sí pueden. El caos determinista, la turbulencia en fluidos y las fluctuaciones estocásticas en sistemas dinámicos complejos son ejemplos de esto. Las fluctuaciones cuánticas y las dinámicas no lineales en sistemas como los de la meteorología y la astrofísica muestran cómo, a pesar de que existen leyes generales, las predicciones detalladas son extremadamente difíciles o imposibles.

El universo parece operar en muchos niveles con comportamientos emergentes y no lineales, donde las leyes universales sólo pueden aplicarse a dominios limitados y bajo condiciones ideales. La condición probabilística de los sistemas complejos es inherente e intrínseca y no debe entenderse como resultado de una falta de conocimiento o como una etapa transitoria hacia el descubrimiento de una ley determinista subyacente. Con ello, se abandona el ideal de un conocimiento 'exacto' aplicable a toda la realidad, aceptando en cambio que, en muchos casos, el conocimiento es probabilístico y contingente. Heisenberg, Bohr, Lorenz, Prigogine, Kauffman, Maldonado, Smolin y Bohm, entre otros, coinciden en que la probabilidad no es un defecto epistemológico, sino una propiedad ontológica de los sistemas complejos.

En resumen, aunque las leyes universales nos ofrecen herramientas para comprender fenómenos regulares y predecibles, existe una amplia variedad de sistemas complejos y estocásticos cuya naturaleza no puede ser completamente capturada por estas leyes.

Este reconocimiento no disminuye la validez de las regularidades científicas, sino que subraya la necesidad de integrar enfoques probabilísticos y de aceptar la incertidumbre como elemento clave para describir y modelar la realidad en su plenitud.<sup>40</sup>

En la actualidad, comienzan a utilizarse enfoques que consideran tanto aspectos deterministas como probabilistas.<sup>41</sup> Desde esta última mirada, aparece el concepto de estocasticidad para referir a sistemas o procesos que son parcialmente impredecibles, pero también parcialmente probabilísticos.

Desde la perspectiva del SSC, la complejidad se encuentra entre lo determinístico y lo probabilístico, sin excluir el análisis de ninguno de los dos aspectos. Por ello, es necesario tener presente tanto las interacciones lineales, como las no lineales y promover una ciencia construida desde la multicausalidad probabilística, concepto que refiere a la idea de que los eventos complejos son el resultado de múltiples causas que interactúan de manera no determinista y que pueden tener diferentes probabilidades de ocurrencia. Este paradigma reconoce que los sistemas complejos están influenciados por una combinación de factores y que la ocurrencia de ciertos eventos no es predecible con certeza, sino que se puede describir mediante probabilidades. Las causas son muchas pero, a nuestro juicio, influye fuertemente la combinación de flujos de energía, junto a la dinámica circular con las morfologías estructurales, lo que impide, justamente, tener certeza absoluta respecto a los resultados esperados, pero posibilita hacer estudios probabilísticos en función de la naturaleza de los sistemas bajo estudio.

Resulta necesario aclarar que en los sistemas físico-químicos es donde predomina esta forma estocástica de expresión, ya que en los

---

<sup>40</sup> Si bien en su momento la fragmentación disciplinaria ha sido útil para profundizar en áreas específicas, ha tenido el costo de limitar la comprensión global de los sistemas complejos, donde las interacciones entre fenómenos de diversas naturalezas (físicos, químicos, biológicos, sociales) son fundamentales.

<sup>41</sup> En áreas como la estadística bayesiana o la teoría de sistemas dinámicos, ya existen modelos híbridos.

biológicos, los comportamientos se estructuran, en mayor medida, en función de comportamientos adaptativos y de supervivencia. En los diferentes sistemas biológicos hay una búsqueda combinada y tensional de supervivencia y bienestar, es decir, la búsqueda de circulación energética y la construcción de una morfología estructural -en red con su especie- que les permita una supervivencia y bienestar más duraderos. En otros términos, la estocasticidad se ve atenuada en estos sistemas, además de por dinámicas de conservación internas, por los intercambios energéticos con distintos sistemas de contacto, construyendo adaptabilidad, interconexión y evolución en donde las fluctuaciones no se conciben como perturbaciones, sino como insumos necesarios para una nueva ordenación.<sup>42</sup>

Desde el SSC, surge la pregunta de si la tecnología y los tecnólogos han superado los condicionamientos de la ciencia clásica, dado que tienen un objeto de estudio, una intencionalidad específica y una metodología que es internamente compleja. La tecnología ha obligado a la ciencia a reconocer que los fenómenos no siempre siguen trayectorias simples y que los patrones y las regularidades son solo una parte de la ecuación en sistemas dinámicos y complejos. ¿No sería más fructífera la alternativa de una 'tecnociencia', entendida como una interfaz más adecuada para la construcción de mapas y algoritmos en lugar de centrarse en la búsqueda de leyes universales?

Esta tecnociencia reconocería que los tecnólogos no solo describen la realidad, sino que también intervienen activamente en ella, guiados por propósitos o intenciones específicas. La metodología es compleja por naturaleza, al integrar múltiples variables e incorporar la adaptabilidad de los modelos frente a nuevas circunstancias. En lugar de tratar de imponer reglas fijas, se enfocaría en la creación de mapas, algoritmos y simulaciones que capturen la

---

<sup>42</sup> El Saber Supercomplejo cree que los conceptos de orden, equilibrio y homeostasis no son adecuados sino más bien reductivos para explicar la dinámica de los sistemas biológicos complejos. Desde el SSC se señala la necesidad de ir más allá de buscar estabilidad, orden y equilibrio.



riqueza de las interacciones y la contingencia de los sistemas complejos, proporcionando una comprensión más dinámica y práctica de la realidad.

Por último, un debate que no quisimos evitar es el de la relación del SSC con el estructuralismo y el funcionalismo. En tal sentido, el SSC no es ni estructuralista, ni funcionalista, sino una superación de ambos enfoques.

El estructuralismo se centra en las relaciones fijas y subyacentes entre las partes de un sistema, buscando descubrir la "estructura" que determina el funcionamiento de una totalidad. Esta visión tiende a congelar los sistemas, buscando patrones constantes y universales que, según el SSC, no son representativos de la verdadera dinámica de los sistemas complejos y enfatiza, en cambio, la fluidez y la transformación continua de las estructuras. En lugar de considerar que las relaciones entre las partes de un sistema son inmutables, el SSC plantea que las morfologías estructurales están en permanente cambio debido a los flujos de energía y las interacciones multi-escalares entre sistemas. Así, el SSC rechaza la idea de una estructura fija y propone que las estructuras emergen y evolucionan con el tiempo.

El funcionalismo, por su parte, se centra en las funciones que las partes de un sistema cumplen para mantener su estabilidad y cohesión y sigue enfocado en la idea de que los sistemas se organizan en torno a la conservación del equilibrio y la funcionalidad de las partes. El SSC supera el funcionalismo al integrar las nociones de estocasticidad, probabilismo y emergencia de funciones nuevas que no están orientadas únicamente a la estabilidad. Mientras el funcionalismo busca explicar cómo las partes de un sistema colaboran para mantener su coherencia, el SSC plantea que la inestabilidad, la fluctuación y el cambio emergente son fundamentales para la evolución de los sistemas. No todas las interacciones dentro de un sistema tienen una función clara o necesaria para su



equilibrio; algunas incluso conducen a su transformación radical o disolución.

El SSC propone que los sistemas no pueden entenderse plenamente ni desde una visión estructuralista ni desde una funcionalista, ya que ambas tienden a enfatizar la regularidad, la previsibilidad y la permanencia. En su lugar, el SSC introduce la idea de que los sistemas son procesos dinámicos, en los que la estructura y la función son resultados emergentes de interacciones energéticas y temporales. En lugar de estudiar solo las relaciones entre partes (como el estructuralismo) o las funciones que cumplen (como el funcionalismo), el SSC se centra en cómo los flujos de energía y la conectividad temporal generan cambios morfológicos. Es decir, la relación entre estructura y función es circular y estocástica. La estructura y la función se co-determinan y co-evolucionan. Los cambios en la estructura pueden llevar a nuevas funciones y las funciones emergentes pueden retroalimentar y modificar la estructura. Esta visión es compatible con la idea de que tanto la estructura como la función son configuraciones temporales emergentes en un flujo de energía y de información constante. Se trata de una visión mucho más dinámica que reconoce el papel crucial de las fluctuaciones no lineales en la transformación de los sistemas.

**SEXTO PRINCIPIO: Las modelizaciones de los sistemas complejos son multidimensionales con el objetivo de la construcción de “mapas” y algoritmos de descripción, predicción e intervención.**

El SSC estudia los sistemas en su multidimensionalidad a través de modelizaciones (reales o abstractas) matemáticas, informáticas y conceptuales (con posibilidades de ser analógicas en el caso del macrosistema biológico y sus sistemas derivados), adaptando las metodologías a las particularidades de cada macrosistema o sistema,

concluyendo con la elaboración de mapas que permitan el diseño de algoritmos de descripción, predicción e intervención.<sup>43</sup>

Desde nuestra perspectiva, es posible estudiar los sistemas en su multidimensionalidad a través de modelizaciones matemáticas, informáticas y conceptuales. La diversidad de sistemas complejos, que hemos venido señalando implica la necesidad de adaptar las metodologías de abordaje a las particularidades de cada macro-sistema, para obtener una comprensión acabada de cada modalidad de complejidad. Por ello, la utilización de distintas modelizaciones conforme al sistema a abordar, concluye en la elaboración de un mapa particular delimitado de manera discrecional y estratégica, conforme al objetivo de investigación, que permita estudiar los sistemas en interacción y, eventualmente, intervenir por medio de algoritmos.<sup>44</sup>

Desde el abordaje matemático, los sistemas complejos pueden ser descritos por medio de ecuaciones o sistemas de ecuaciones que representan las relaciones entre las diferentes variables del sistema. Estos modelos matemáticos pueden ser lineales o no lineales, discretos o continuos, determinísticos o estocásticos (o una combinación de ambos), según las características del sistema que se quiere representar. La construcción de un modelo matemático implica la

---

<sup>43</sup> Por ejemplo, el macrosistema biológico requiere de técnicas de descripción e intervención diferentes a los demás macrosistemas. La continuidad y la autonomía de lo vivo necesitan particulares metodologías de acercamiento por parte del observador-desarrollador humano, en cuanto al desarrollo de estrategias y herramientas complejas como la construcción de descripciones amplias, de mapas y algoritmos. A modo de ejemplo, podemos mencionar el trabajo llevado a cabo desde 1960, por Janet Goodall, de una tribu de chimpancés que mostró la importancia de la observación en su hábitat cotidiano y concluye que los chimpancés poseen personalidades diferentes unos de otros, con relaciones bastante complejas de amistad, de rivalidad. Y así, toda una psicología y una sociología de los chimpancés aparecieron en su complejidad. En este estudio, la construcción de descripciones amplias y detalladas de las interacciones sociales y comportamientos de los chimpancés en su hábitat natural, fue fundamental. Los investigadores deben emplear técnicas de observación prolongada y detallada para recopilar datos sobre las relaciones sociales, las jerarquías grupales, las dinámicas de juego y otros comportamientos. Además, crear mapas que representen la estructura social de la comunidad de chimpancés y las modalidades de interacción entre individuos.

<sup>44</sup> Es cierto que hay que tener una actitud estratégica para no contaminar con criterio humano las descripciones, pero hay que ser conscientes que es imposible no hacerlo en las intervenciones.

representación de relaciones numéricas y cuantitativas entre variables, utilizando ecuaciones y expresiones del orden numérico.

En cambio, la construcción de un modelo lingüístico conceptual implica la representación de conceptos abstractos y relaciones entre ellos, utilizando lenguaje natural y/o simbología conceptual. Se trata de la creación de un modelo abstracto en el que se representan las partes del sistema y sus interacciones y relaciones y que puede incluir diagramas, esquemas, mapas conceptuales, redes de flujo y otros métodos visuales para representar las partes del sistema y sus interacciones. Este tipo de modelización es útil para visualizar sistemas y suele utilizarse en disciplinas como la biología, la psicología y la sociología. Son cruciales para lograr una comprensión cabal de los sistemas en su totalidad y facilitar las interacciones interdisciplinarias.

Por otro lado, las modelizaciones informáticas se basan en el uso de simulaciones computacionales para representar el sistema y sus interacciones. Este abordaje utiliza algoritmos y programas informáticos para simular el comportamiento del sistema en función de determinadas reglas definidas a priori. En términos generales, esta modelización se utiliza para estudiar sistemas complejos en tiempo real y realizar experimentos virtuales.<sup>45</sup>

Por otra parte, es posible abordar las dimensiones de los sistemas complejos de manera analógica, metafórica o simbólica. En este sentido, la energía puede utilizarse como una metáfora o una representación simbólica para describir la dinámica y la fuerza

---

<sup>45</sup> Desde el SSC, sostenemos que el abordaje de los sistemas complejos no puede limitarse a una única metodología de descripción o medición. Reconocemos que los sistemas son interdependientes y presentan múltiples niveles de organización y emergencia, lo que requiere la integración de enfoques matemáticos, conceptuales e informáticos para capturar sus diversos aspectos. Estos métodos no sólo pueden coexistir, sino que deben aplicarse de manera estratégica, adaptándose a las particularidades de cada sistema y las necesidades descriptivas específicas en esta búsqueda de comprensión integral. La combinación de descripciones matemáticas con representaciones lingüísticas y conceptuales permite preservar la continuidad energética y su relación con las dimensiones del espacio y el tiempo, ofreciendo así una perspectiva más completa y profunda.

impulsora detrás de los sistemas complejos. Esta energía podría referirse a información o fuerzas subyacentes o influencias que guían el comportamiento y las transformaciones en el sistema. Por su parte, el espacio y el tiempo también pueden utilizarse como metáforas o representaciones simbólicas para describir aspectos de los sistemas complejos. El espacio simbólico podría referirse a dimensiones conceptuales o campos de acción, mientras que, el tiempo simbólico, a la evolución o el cambio en un sentido más abstracto.

Es necesario tener presente que existen distintos niveles de estudio: descriptivo, predictivo y de intervención. Las metodologías descriptivas se centran en la descripción y el análisis de un sistema sin interferir en él; aquí, los mapas (MDS) y algoritmos se utilizan para comprender mejor un problema o situación e identificar tendencias. El objetivo de las herramientas de predicción es anticipar futuros estados o comportamientos de un sistema complejo. Por su parte, las metodologías de intervención tienen como objetivo resolver problemas o modificar situaciones específicas. Aquí se observa una acción directa destinada a cambiar el curso de un proceso o fenómeno.

Por su parte, para lograr estrategias de descripción, predicción e intervención, es necesario la construcción de mapas y algoritmos estratégicos que se ajusten a las necesidades del investigador.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> El simple acto de lanzar una moneda expone la interconexión de múltiples sistemas y desmonta la ilusión de que un fenómeno pueda explicarse mediante constantes fijas. Lo que parece un gesto mecánico es, en realidad, el resultado de la interacción simultánea entre el sistema biológico del lanzador-con variables como su coordinación neuromotora, experiencia previa y estado físico y emocional, entre otras- y el sistema atmosférico, donde variables como la velocidad y dirección del viento, la presión y la temperatura del aire, entre otras, modelan sutilmente la trayectoria del objeto en cada instante. La caída de la moneda no es solo un efecto de la gravedad terrestre, sino también de la textura, inclinación y elasticidad de la superficie de impacto, del coeficiente de fricción y hasta de la posibilidad de rebotes o deslizamientos, entre otros. A su vez, el sistema tecnológico representado por la propia moneda introduce nuevas fluctuaciones: su masa, centro de gravedad, aerodinámica y composición material configuran respuestas dinámicas que desafían cualquier intento de predicción determinista. Y en una escala aún mayor, el sistema planetario añade influencias que, aunque imperceptibles en el día a día, siguen estando presentes: desde la rotación de la Tierra hasta interacciones electromagnéticas o gravitacionales sutiles, entre otras.

## MAPAS

Entendemos por mapas dinámicos de supercomplejidad a las representaciones visuales destinadas a exponer las interconexiones y relaciones inherentes a los elementos que conforman los sistemas complejos. Estos mapas pueden variar en su complejidad, desde formas simples hasta presentaciones más detalladas, dependiendo de la complejidad del sistema que se busca analizar. En tales mapas, cada componente se simboliza como un nodo o punto, mientras que, las relaciones entre estos elementos se exponen mediante líneas o flechas. Estas conexiones pueden manifestarse de diversas maneras, abarcando desde relaciones lineales y de influencia hasta interdependencias y retroalimentación. Asimismo, los mapas de variables o diagramas pueden ser cualitativos, cuantitativos o una combinación de ambos, dependiendo de su propósito y de la información que se desea representar.<sup>47</sup>

La idea de mapas dinámicos implica una permanente actualización de cómo vemos la realidad, un enfoque en las relaciones y no en las entidades aisladas. Los "mapas" son herramientas estratégicas diseñadas para abordar la complejidad de los sistemas sin pretender abarcar la totalidad de sus componentes. El SSC postula que, debido a la naturaleza multifacética y estocástica de los sistemas complejos, no es posible ni práctico ver ni abordar todos los sistemas ni todas las variables que los afectan simultáneamente. Por lo tanto,

---

Atrapada en esta red de interdependencias, la moneda nunca sigue un camino idéntico, desmintiendo la idea de reproducibilidad absoluta en condiciones aparentemente similares. La ciencia clásica, con su afán de fijar leyes universales, se ve incapacitada para dar cuenta de esta multiplicidad de factores y sus efectos combinatorios. El SSC, en cambio, permite la construcción de "mapas" para describir el fenómeno en su totalidad, no solo identificando variables aisladas, sino modelando su interacción espacial y la evolución temporal. Con la ayuda de sensores avanzados y algoritmos de inteligencia artificial, es posible capturar y representar la dinámica real de estos sistemas, trascendiendo la visión fragmentaria del pensamiento tradicional y comprendiendo la complejidad como un tejido vivo de conexiones en constante transformación.

<sup>47</sup> Un mapa cualitativo se enfoca en mostrar las relaciones entre las variables y sus formas de interacción, sin detallar valores numéricos específicos. Esta metodología es útil para visualizar el flujo de información sin entrar en detalles numéricos. Por otro lado, un mapa cuantitativo podría incluir valores numéricos específicos para las variables y sus relaciones, lo que proporciona una representación más precisa de datos o cálculos específicos.

los mapas en el SSC son producto de un recorte estratégico, donde se seleccionan ciertos elementos claves basados en tres criterios principales:

1. Priorizar las variables explicativas: Se eligen aquellas variables que mejor expliquen la evolución y el comportamiento del sistema complejo a lo largo del tiempo. Este enfoque permite comprender cómo los sistemas se transforman, interactúan y se adaptan, generando comportamientos emergentes.
2. Focalizar en variables de intervención: Los mapas deben identificar las variables sobre las que se pueda intervenir para potenciar el sistema. Estas variables representan puntos donde se pueden aplicar modificaciones que impacten positivamente en la evolución del sistema, optimizando su funcionamiento o adaptabilidad.
3. Ajustarse a los instrumentos y metodología: Los mapas deben considerar las variables para las cuales el observador-desarrollador (humano) cuente con las herramientas metodológicas y tecnológicas necesarias para describir, modelar e intervenir en el sistema. Esto asegura que el conocimiento generado sea efectivo y aplicable, evitando variables sobre las cuales no exista suficiente capacidad técnica para intervenir de manera precisa.

El SSC, con estos mapas, propone una visión práctica y flexible del análisis de los sistemas complejos. En lugar de buscar una explicación total, que podría ser inalcanzable, se priorizan las variables que tienen mayor impacto en la descripción, predicción y modificación del sistema. Los mapas son, entonces, una representación estratégica que guía la intervención en los sistemas complejos, haciendo énfasis en lo que se puede observar, modelar y manipular dentro de los límites y capacidades del observador.<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> Los tecnólogos, especialmente en áreas como la inteligencia artificial, el análisis de datos, la biomedicina y la ecología, utilizan estos "mapas" de interacción o redes para comprender mejor sus sistemas de estudio y desarrollar intervenciones más precisas. Por ejemplo, en inteligencia



## ALGORITMOS

Por otra parte, un algoritmo es un conjunto de instrucciones detalladas que un dispositivo puede seguir para resolver un problema específico. Los algoritmos son fundamentales al permitir el procesamiento de grandes conjuntos de datos y la generación de visualizaciones y modelos explicativos de estos sistemas. Además, permiten la representación y el análisis de sistemas complejos y proporcionan información valiosa sobre su comportamiento dinámico. Los algoritmos proporcionan las herramientas computacionales o lógicas necesarias para analizar, procesar o modelar la información contenida en los mapas. Esta relación permite extraer propiedades y comportamientos del sistema complejo descrito en el mapa, lo que, a su vez, facilita una mayor comprensión y predicción de su dinámica.<sup>49</sup>

En el intrasistema, los mapas y algoritmos pueden identificar y analizar dinámicas internas complejas, como la autoorganización o la resistencia energética, ofreciendo insights sobre cómo mejorar la eficiencia y adaptabilidad del sistema. En el entre/intersistema, los descriptores pueden ser utilizados para entender cómo diferentes sistemas interactúan y se influyen entre sí. Los mapas pueden ilustrar estas interacciones, mientras que los algoritmos pueden predecir cómo los cambios en un sistema podrían afectar a otros. Los descriptores permiten analizar cómo estas interacciones afectan la dinámica general del sistema y los algoritmos pueden sugerir maneras de optimizar estas relaciones para el beneficio del sistema. Al abarcar los tres niveles de análisis, se pueden captar tanto las propiedades internas del sistema como su relación con el exterior, lo

---

artificial y aprendizaje profundo, los modelos de redes neuronales son, en esencia, mapas dinámicos de relaciones y dependencias que representan las conexiones entre múltiples variables (nodos) y cómo estas se retroalimentan y evolucionan.

<sup>49</sup> La elaboración de mapas utilizando descriptores del SSC, permite visualizar cómo los flujos de energía, las morfologías estructurales y la conectividad temporal interactúan dentro de un sistema o en el entre/inter sistemas.



cual es esencial para una comprensión adecuada de los sistemas complejos y su comportamiento.

## **INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN**

En otro orden de ideas, desde el SSC se promueve la utilización de los nuevos saberes y tecnologías y, en consecuencia, mejores instrumentos de observación, detección y medición en el marco de la construcción de una nueva forma de entender la complejidad.

Existen tres generaciones de instrumentos de observación para la medición y análisis de variables intervinientes en sistemas. En la primera generación, cada instrumento mide exclusivamente una sola variable, proporcionando datos aislados. La segunda generación avanza al medir grupos de variables de manera simultánea, permitiendo una comprensión más rica de los sistemas pero aún limitada en su análisis de interacciones. La tercera generación, en cambio, se enfoca en medir la interacción simultánea entre múltiples variables, capturando la dinámica interdependiente de sistemas complejos.

Para el SSC, estos instrumentos de tercera generación son los más adecuados para el análisis de sistemas complejos, ya que permiten comprender cómo las variables se influyen mutuamente en un sistema interconectado. Este enfoque permite captar con mayor precisión la esencia de los sistemas complejos y supercomplejos, que se caracterizan por sus interacciones y la generación de comportamientos emergentes.

## **CIENCIAS Y DISCIPLINAS IMPLICADAS**

El SSC destaca la necesidad de apelar a las neurociencias, la Inteligencia Artificial, la Big Data y el Deep Learning, entre otras herramientas fundamentales, para desarrollar y enriquecer el SSC en su abordaje de la diversidad de espacios y tiempos en sistemas

complejos.<sup>50</sup> Este paradigma podría no solo ampliar nuestra comprensión teórica, sino también mejorar las intervenciones prácticas en una variedad de campos. Cada uno de estos campos puede aportar herramientas y perspectivas únicas que facilitan la exploración y comprensión de la supercomplejidad.

En esta línea, la utilización de las neurociencias como paradigma para abordar el fenómeno complejo, permitirá una comprensión, con mayor profundidad, de cómo los seres humanos perciben, procesan y actúan. Por su parte, la IA tiene la capacidad de modelar y simular aspectos del universo supercomplejo que exceden el entendimiento directo del cerebro humano y se ha constituido como una herramienta indispensable a la hora de desglosar y analizar una ingente cantidad de datos físicos, químicos, astronómicos y biológicos. Por medio de su capacidad de procesar información a una velocidad inimaginable años atrás, está en condiciones de identificar comportamientos y hacer correlaciones que, de otro modo, permanecerían ocultos. Estos avances tecnológicos brindan herramientas a los investigadores para explorar escenarios e interacciones complejas, ofreciendo una comprensión más acabada de procesos en los distintos niveles de análisis, difícilmente observables directamente. Estrictamente vinculado con la IA, el Deep learning puede ser utilizado para vislumbrar nuevas relaciones entre datos y, en consecuencia, alterar la comprensión actual del universo y la vida. La identificación de comportamientos complejos en un gran conjunto de datos, permite la exploración de nuevas teorías que no

---

<sup>50</sup> En nuestro equipo de desarrolladores, nos hemos preguntado si los sistemas de observación humanos no aprenderían más de la IA si esta asociara la intervención de numerosísimas variables intervinientes a sistemas de base. Somos conscientes que existen metodologías que apuntan a viabilizar esta posibilidad. El análisis de clústeres es una técnica utilizada por algoritmos de IA para agrupar variables o datos en conjuntos que son más similares entre sí que a los de otros grupos (K-means, Hierarchical Clustering, DBSCAN). En igual sentido, las redes neuronales profundas y los modelos basados en grafos pueden identificar comportamientos complejos y relaciones no lineales entre variables. Por último, existen enfoques y líneas de investigación en el campo de la IA explicable (Explainable AI o XAI) que tienen algunos puntos en común con esta idea.

eran concebidas con antelación, a raíz de la incapacidad humana de ver las correlaciones a gran escala. Por su parte, la big data permite una comprensión y análisis mucho más detallado del universo, a punto tal, que la propia comprensión de los fenómenos complejos se esclarece con la colaboración de esta herramienta. Al recopilar y analizar extensos conjuntos de datos sobre cualquier fenómeno complejo -como, por ejemplo, cambio climático o migración de especies- logramos una percepción más acabada y sustancial de estos procesos. Esta comprensión ampliada altera y enriquece nuestra percepción del universo, influenciando también nuestra percepción general de la realidad.

## **DESARROLLADORES**

Teniendo en cuenta diferentes enfoques y habilidades requeridas para manejar la complejidad en el desarrollo de sistemas, hay tres niveles de desarrolladores de sistemas complejos. En un nivel uno de desarrolladores están los científicos. En un nivel dos los tecnoingenieros y en un tercer nivel, los filósofos.

Los científicos se enfocan en el aspecto más técnico y empírico del desarrollo de sistemas complejos. Su trabajo podría incluir la investigación y aplicación de principios científicos para entender y modelar los componentes y comportamientos de los sistemas.

Los tecnoingenieros aplican conocimientos de ingeniería y tecnología para diseñar, construir y mantener sistemas complejos. Este nivel se centra en la aplicación práctica de las teorías y modelos desarrollados por los científicos, para solucionar problemas reales y optimizar el funcionamiento de estos sistemas. Se incluyen, en este nivel, los analistas de sistemas, los desarrolladores de software y hardware y en inteligencia artificial, entre otros.

Mientras los enfoques científicos tradicionales abordan el análisis intrasistémico (lo que ocurre dentro de un sistema) o intersistémico (la interacción entre sistemas próximos), la mirada

filosófica se orienta a los desplazamientos causales distales. Se trata de captar cómo decisiones locales generan efectos en sistemas alejados, cómo ciertos ajustes actuales son resultado de trayectorias evolutivas remotas, y cómo las transformaciones más profundas operan en escalas temporales y espaciales que muchas veces quedan fuera del radar técnico.