

Máster en Cooperación Internacional y Educación Emancipadora

**Hegoa**

Instituto de Estudios sobre Desarrollo y Cooperación Internacional  
Nazioarteko Lankidetzeta eta Garapenari buruzko Ikasketa Institutua

Trabajo Fin de Máster

# Complejidad y bioeconomía

El paradigma de un necesario cambio

**Unai Gondra Hidalgo**

(Curso 2019/2020)



Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea

Tutor/a

Elena María Martínez Tola

---

Hegoa. Trabajos Fin de Máster, n.º 60

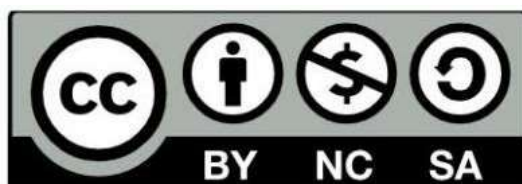
---

Hegoa  
[www.hegoa.ehu.es](http://www.hegoa.ehu.es)  
✉ [hegoa@ehu.es](mailto:hegoa@ehu.es)

UPV/EHU. Edificio Zubiria Etxea  
Avenida Lehendakari Agirre, 81  
48015 Bilbao  
Tel.: (34) 94 601 70 91 --- Fax.: (34) 94 601 70 40

UPV/EHU. Biblioteca del Campus de Álava.  
Nieves Cano, 33  
01006 Vitoria-Gasteiz  
Tfno. / Fax: (34) 945 01 42 87

UPV/EHU. Centro Carlos Santamaría.  
Plaza Elhuyar, 2  
20018 Donostia-San Sebastián  
Tfno.: (34) 943 01 74 64



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-Compartirigual 3.0 Unported](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

## SUMARIO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Exposición</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Organización del texto</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Criterio y necesidad</b>	<b>6</b>
<b>2. UN NUEVO PARADIGMA: COMPLEJIDAD</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Una Revolución Khunista</b>	<b>7</b>
<b>2.2. La Complejidad de la Complejidad</b>	<b>14</b>
<u>2.2.1. Complejidad Restringida</u>	15
<u>2.2.2. Complejidad general</u>	15
<b>2.3. La Complejidad en síntesis</b>	<b>19</b>
<b>3. BIOECONOMÍA</b>	<b>26</b>
<b>3.1. Crítica al paradigma (neo)clásico de la economía</b>	<b>26</b>
<b>3.2. Bioeconomía: Una propuesta interdisciplinar compleja</b>	<b>30</b>
<u>3.2.1. Un salto cualitativo</u>	31
<u>3.2.2. La naturaleza del proceso económico</u>	33
<u>3.2.3. Eco-Diálogos</u>	37
<b>4. COROLARIO</b>	<b>38</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>41</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Exposición

*El universo es en mí y yo soy parte de él siéndolo.*

¿Debe el pensamiento humano ser teleológico?, ¿lo son las leyes del universo? A lo largo de la historia el ser humano ha conseguido descubrir, reconocer y representar en la realidad que lo rodea ciertas sustancias, ciertas estructuras y ciertos patrones; ha desarrollado lenguajes y ha construido ciencias. Es, sin embargo, la propia reflexión hacia esas sustancias, estructuras, patrones, lenguajes y ciencias la que genera este documento: El pensamiento del pensamiento, la naturaleza de la naturaleza, la verdad sobre el concepto de la verdad. Todas las cosas son porque nosotros somos; arrojados a las cosas únicamente para ser y dar sentido. El ser humano vive y, al mismo tiempo, contempla la vida; el ser humano es y, al mismo tiempo, otorga esa condición de ser. Un universo sin vida es frío, un universo sin conciencia es oscuro.

¿Quién de nosotrxs no se ha visto aludido en algún momento por el universo?, como si fuésemos el resultado necesario de un relato escrito por el azar, expuestos ante los fenómenos para realizar una función interpretativa. Somos la manifestación del tiempo y de la complejidad, el universo es en mí y yo soy parte de él siéndolo; solo de esta manera entendería una teleología en el universo; solo de esta manera comprendería su intencionalidad; solo, en fin, de esta manera admitiría la emergencia de la autorreflexividad consciente. Desde la física más tradicional hasta la moderna teoría de campos legislan el universo presuponiendo un tejido específico, unas interacciones universales, leyes de conservación y simetrías. Sin embargo, el universo requiere una composición determinada de materia para que esas interacciones se manifiesten y poder ser estudiadas e interpretadas. Con lo cual, dado que la conciencia se ha dado en el universo como propiedad emergente, ¿era la conciencia una emergencia potencial? ¿De la misma manera que la legislación universal lo es para una virtual composición de la materia, podemos concluir que la conciencia también era un fenómeno potencial? ¿Teleología?

Somos la emergencia de la vida, y la vida es la emergencia de la materia, complejidad superpuesta. Sin embargo, perecemos, la vida se disuelve y la materia se degrada y decae, la entropía haciendo de las suyas. Vivimos rodeados, por lo visto de una doble flecha *temporal*, una que viaja hacia un mayor grado de complejidad, y la otra actúa para conseguir la paz y la homogeneidad que solo el máximo nivel de entropía es capaz de lograr. Como si el universo fuese un mero espectador haciéndose adulto, viendo como la complejidad se desarrolla a través de la materia, a través de la vida, a través de nosotrxs, o ellxs, cumple su ciclo y finalmente perece en lo

que quizá sea uno de los eventos más hermosos del cosmos; el final de la consciencia reflexiva del propio universo. Cuando abro los ojos es la infinitud del espacio la que observa, cuando pienso una idea es el tiempo el que piensa por mí.

Con la idea en mano sobre el lienzo que soy; abstracción estética, acción ética.

## **1.2. Organización del documento**

*Necesitamos un comienzo porque de lo contrario no sabríamos por dónde empezar.*

La tradición de instalar límites a la realidad, al objeto de estudio, es la que mayores problemas de base acarrea. Si bien la genealogía científica (innovaciones tecnológicas, expansión de conocimiento, precisión en la medición, predicción, ...) muestra una creciente eficacia en este proceder, se encuentra con su propia paradoja: existen límites en la realidad que nos rodea que restringen la actividad y capacidad de análisis basada en la discreción e instalación de límites. La tradición descriptiva de la ciencia, que a través de la marea del conglomerado de valores occidentales, ha llegado hasta nuestros días desde sus comienzos en la Grecia clásica debe evolucionar. La descripción necesita sistemas cerrados de conocimiento y estos a su vez, apoyados en un supuesto fundamento lógico consistente, generan disciplinas –disciplinas que debido precisamente a la irremediable continuidad de la realidad se han visto forzadas a atomizarse o a fusionarse en diferentes momentos de la historia para dar respuesta a las necesidades del momento—. Esta es la reflexión sobre la que comienza este documento: reconociendo y defendiendo un necesario cambio de paradigma en la ciencia que poco a poco va consiguiendo cada vez más adeptxs. El apartado titulado “**Un nuevo paradigma: Complejidad**”, si bien es, como he mencionado, una defensa y un reconocimiento explícito a un necesario cambio, es también una declaración de intenciones por mi parte, además de ser una triple necesidad en este documento. La manera en la que el/la observador(a) percibe la realidad tiene, como se verá más adelante, un impacto sobre el objeto observado; una proposición que se subsume a sí misma en este documento y el motivo por el que considero necesario matizar mi propio ver/sentir sobre y con el presente objeto de estudio: La bioeconomía; que a su vez necesita de este nuevo paradigma por su propuesta interdisciplinar y evolucionista. Este apartado consta de tres partes que podrían resumirse en tres conceptos: **Evolución (2.1. Una revolución khunista)**, **Red (2.2. La complejidad de la complejidad)** y **Síntesis (2.3. La complejidad en síntesis)**. La **evolución** de un sistema cualquiera (en este caso un paradigma) muestra un proceso histórico que permite establecer, mediante la flecha del tiempo, un contexto a su vez cambiante; qué componentes (nueva información, nuevas

disciplinas, nuevas teorías) ha sido capaz de introducir en el sistema y cómo ha reorganizado su propia composición para dotar de coherencia al conjunto. En el caso expuesto, el paradigma de la complejidad emerge a raíz de imposibilidades y límites en el anterior paradigma reduccionista, produciéndose gradualmente un necesario cambio de paradigma. La estructura en **red** es a su vez uno de los conceptos clave de la complejidad y del pensamiento sistémico. Consecuentemente, la red es una metáfora ideal para la representación de las diferentes corrientes dentro del paradigma de la complejidad, plural y heterogéneo. Finalmente, la **síntesis** entre las partes, que a la luz de lo presentado en el documento es lo que otorga identidad y forma a un sistema. De esta manera el tercer subapartado permite entender las ideas clave producto de su evolución y que aúna su red.

He de mencionar que el documento presente se centra en la forma de la complejidad como paradigma y en su efecto sobre una disciplina social como es la economía. Es importante, no obstante, remarcar que es a la forma a la que se atenderá en las siguientes páginas. Una de mis prioridades es realizar una introducción a este emergente paradigma, su potencial y su aplicación; y no tanto desarrollar su contenido más técnico.

“**Bioeconomía**” es el nombre que he propuesto tanto para el título del documento como para el apartado número 3. Aunque este término esté hoy en día en desuso, y la bioeconomía haya desarrollado su propuesta hasta concluir en el término “economía ecológica” más comúnmente empleado me he decantado por la primera por dos razones principales: la primera, hacer mención a los orígenes de una propuesta trasdisciplinar y afín a la complejidad como es la bioeconomía; segundo, por una simple cuestión estética y la preferencia personal del nombre de bioeconomía sobre economía ecológica, quizás por la novedad del término, quizás porque no sea partidario de la taxonomización por apellidos. En definitiva, aunque si bien es verdad que la economía ecológica a día de hoy abarca un marco fenomenológico mayor que la bioeconomía en este documento se emplearán como sinónimos. Guardándome de decisiones estéticas, en este apartado, primero bosquejo las principales críticas proyectadas sobre la ortodoxia económica (**3.1. Crítica al paradigma (neo)clásico de la economía**) con el fin de ver cuáles son sus principales carencias y cómo, para en un segundo punto (**3.2. Bioeconomía: Una propuesta interdisciplinar compleja**) desarrollar las ideas y propuestas principales en este campo, tanto desde el origen con la obra “La ley de la entropía y el proceso económico” (una de las obras fundacionales más importantes de la economía ecológica y del pensamiento económico heterodoxo y trasdisciplinar) como recientes reelaboraciones y proposiciones desde diferentes concepciones de un mismo hilo conductor, generando una imagen global y dinámica al mismo tiempo. De esta manera, el texto, que consta de dos objetos de estudio, adquiere una coherencia basada en la emergencia: Desde un paradigma que

atiende a la estructura subyacente de la realidad, hasta su aplicación en la concreción de esa misma realidad en el proceso económico. Finalmente, el documento cerrará con unas conclusiones (**4. Corolario**) desarrolladas a partir del texto en su conjunto.

### **1.3. Criterio y necesidad**

*Dime cuándo y dónde estás y te diré lo que piensas.*

Este documento está presentado el día 15 de noviembre del año 2020. Un año que, sin duda, se recogerá en los libros de historia por la pandemia global de la enfermedad Covid-19. Una crisis que ha puesto de relieve las grandes carencias de un sistema liberal y artificial, en el que la vida se encuentra en un segundo plano y el capital y el comercio priman ante todo. Crisis que ha acentuado aún más, sin cabe, las crisis globales que ya padecíamos: Crisis ecológica, social, económica y política.

La huella del ser humano sobre nuestro planeta es evidente; 4 de los 9 límites planetarios que estudia el Stockholm Resilience Centre han sido rebasados por encima de lo “Seguro” (*safe*). Como sociedad no estamos dando una respuesta conjunta a este problema aunque creo, está habiendo una evolución hacia una mayor concienciación del problema. No obstante, las relaciones sociales, agravadas todavía más por la crisis sanitaria actual, están diluyéndose y haciéndose más frágiles. La digitalización y la especialización más directas asumen la mayor parte de nuestros esfuerzos por formar parte de un sistema que no nos cuida; la posmodernidad generalizada en occidente no es una propuesta alternativa al gran relato capitalista, sino una profundización de sus más oscuros propósitos; una ilusoria mayor pluralidad está siendo consumida por una fuerza aún mayor que actúa sobre los valores humanos y homogeneiza la perspectiva del individuo construyendo una cultura metódica, calculadora, individualista, apática y gris. El gran milagro capitalista no acaba de llegar (y jamás llegará), y las desigualdades económicas y sociales son progresivamente mayores, la *lex mercatoria* y el monopolismo de los mercados todo lo impregnan y lo subordinan. Los estados no han entendido cuál es la época en la que viven, y si la gestión política es la última de las “funciones sociales” en darse cuenta del necesario cambio, o bien es una carencia que dificulta toda evolución hacia una visión más sostenible, o bien en la esfera política interesa el actual *statu quo*. Los populismos anti-vida recorren todo el globo y toman puestos de poder, interpelan a las mayorías sociales por medio del miedo, la inseguridad, y el sentimiento de pertenencia. Prácticas nocivas que ponen en riesgo el potencial humano creativo.

En este sentido, el documento presente pretende ser transformador en su propósito. Desde su defensa de un necesario cambio epistemológico y de paradigma en la ciencia, y la aplicación de ese paradigma en la economía. Las siguientes líneas apelan a un nuevo sujeto pensador (extensible a colectivo); un sujeto pensador complejo, interdisciplinar, interrelacionado, eco-pensante, cooperativo, comunicativo, creador, transformador y crítico. La emergencia de una nueva manera de senti-pensar el mundo llama a nuestra puerta.

## **2. UN NUEVO PARADIGMA: COMPLEJIDAD**

### **2.1. Una Revolución Khunista<sup>1</sup>**

*Solamente importa cuándo se emancipa un nuevo pensamiento si se conoce el momento de la historia que lo acompaña.*

Aunque el germen de una postura holística ya podía sentirse en la Grecia y Roma clásicas con las ideas de Parménides, pese a que concibiera la realidad como un todo sin cambios; en la postura de Anaximandro y su defensa de la falta de origen y la causa incausada; o en las paradojas de Zenón sobre la continuidad de la realidad. En el espíritu romántico de la Inglaterra y Alemania, con voces como la del poeta William Blake acometiendo contra el simplismo de las ideas mecanicistas de Newton<sup>2</sup>, Goethe apelando al todo organizado de las criaturas vivientes, o Kant alegando que la ciencia sería incompleta a menos que se añadiese el propio propósito de la naturaleza y la comprensión de la vida (Capra, 1996; p. 19), fueron ejemplos de las posturas naturalistas en las que predominaba la visión organicista de la vida, aunque con el desarrollo del microscopio las explicaciones físico-químicas en la biología redoblaron su fuerza: Un nuevo triunfo para el mecanicismo (Capra, 1996; p. 21). Sería, sin embargo, en la primera mitad del siglo XIX, en plena revolución industrial, cuando un joven Carnot sentó las bases de lo que posteriormente se conocería como Termodinámica. El desarrollo de la termodinámica no supuso por sí sola una ruptura epistemológica con la predominante física newtoniana<sup>3</sup>; no obstante, aparecieron en escena

---

1 Aunque a lo largo de la historia haya habido, y siga habiendo, cosmovisiones holistas y sistémicas en otras culturas, la evolución histórica expuesta en este apartado solamente tendrá en cuenta el proceso que se ha dado desde la cosmovisión occidental científica. El autor es consciente que esta manera de proceder forma parte de una práctica reduccionista y por eso lo menciona en este pie de página. La dialéctica histórica entre mecanicismo y evolucionismo, reduccionismo y holismo enriquece y profundiza la propuesta, a la vez que ejerce una oposición contra el *stablishment* científico.

2 *May God us keep / from single vision and Newton's sleep.* Poema de W. Blake de 1802 (Ibid.).

3 Aunque en otras disciplinas la visión holista o proto-holista estuviese presente, sobre todo en las ciencias de la vida; en palabras de Descartes: *Toda la filosofía es como un árbol. Las raíces son la metafísica, el tronco la física y las ramas las demás ciencias.* De la física es, por lo tanto, de donde emanan las demás ciencias (Capra, 1996; p. 16). Es por ello remarcable el cambio de pensamiento que se dio precisamente en este campo.



cuestiones y preguntas que el paradigma mecanicista no supo resolver. La mecánica clásica, que aparentemente gobernaba el universo presupone que todo proceso es reversible y que las mismas leyes que predicen el estado (posición, velocidad, ...) de un objeto en un momento determinado ( $t_0$ ) tienen el mismo esquema predictivo en todo el marco temporal en el que se desarrolla dicha acción. Es decir, aplicando la ecuación que representa la trayectoria de un cuerpo en caída libre en un momento cualquiera de la trayectoria ( $t_1$ ) y su velocidad en ese momento [ $v(t_1)$ ] se podría realizar un mapa global del estado del cuerpo desde que comienza su caída hasta el impacto contra el suelo<sup>4</sup>. En cambio el universo tenía un acontecer diferente en realidad. Con la llegada de la mencionada termodinámica de Carnot, que a lo largo del siglo XIX continuó su evolución y expansión<sup>5</sup>, la mecánica clásica empezó a compartir escenario con la mecánica estadística de Boltzmann. Esta nueva herramienta permitió hacer frente a uno de los quebraderos de cabeza más importantes que acompañaban a los procesos termodinámicos: La unidireccionalidad de la transmisión del calor; a saber, de los cuerpos más calientes a los de menor temperatura. La reversibilidad con la que la mecánica clásica operaba topó con su propio límite; un punto de inflexión ontológico para la ciencia.

La mecánica estadística y la unidireccionalidad de ciertos procesos naturales: el aumento de la **entropía**<sup>6</sup>, puso en jaque la visión clásica de las ciencias físicas. De hecho, no transcurriría mucho tiempo hasta que un segundo torbellino sacudiera su estructura epistemológica. El primer tercio del siglo XX estuvo marcado, en la física, por el comienzo de dos grandes revoluciones: Por un lado, la relatividad especial y general de Einstein que propuso la flexibilidad del propio tiempo y su unión con el espacio creando lo que hoy día se conoce como espacio-tiempo; y segundo, la revolución de la mecánica cuántica, que en la posterior y más aceptada interpretación de Copenhague emplea terminología fuera de toda lógica sensible a la hora de describir la propia naturaleza de la realidad, como superposición de estados, incertidumbre, partículas como

4 Aunque el ejemplo empleado sea elemental, es una muestra de la generalizada fe en la mecánica que guardaban los científicos del momento.

5 A través de numerosas aportaciones: Rankine, Clausius, Lord Kelvin, Joule, Maxwell, Boltzmann, Planck, Van der Waals, etc.

6 Dado que el término “Entropía” va a ser repetidamente empleado en este documento, una breve definición: la entropía es una magnitud física que mide la cantidad de microestados compatibles con un macroestado en equilibrio en un sistema cerrado. Es decir, mide el número de combinaciones posibles para con el estado de equilibrio homogéneo. El universo tiende a la máxima entropía, esto es, tiende a homogeneizar a nivel informativo su sistema. Ejemplo: Una habitación cerrada que contiene un gas homogéneamente dispersado está en su máximo de entropía; sin embargo, la misma habitación cerrada con el gas contenido en una esquina es una entropía menor. De ahí que la baja entropía se relacione con la energía disponible o libre del sistema (ya que el gas contenido tiende a llenar todo el volumen de la habitación, en ese proceso libera energía; sin embargo, de una habitación homogéneamente presurizada con un gas determinado no se puede extraer su energía, de ahí que la máxima entropía se identifique con la energía no disponible o disipada).

manifestaciones probabilísticas, interferencias sujeto-objeto, virtualidad, etc. Concepciones tan arraigadas como la reversibilidad de los procesos o la noción de causalidad empezaron a ser cuestionadas en el campo de la física, que por aquel entonces, era la ciencia timón de las demás ciencias.

De esta manera, se podría hablar de un cambio de paradigma (científico), tal y como Thomas Samuel Khun (1971; p. 26) lo describió en su obra *La estructura de la revoluciones científicas*: “(...) lo que desde entonces he dado en llamar paradigmas. Considero que estos son logros científicos universalmente aceptados que durante algún tiempo suministran modelos de problemas y soluciones a una comunidad de profesionales”, que en lo expuesto, sería la mecánica newtoniana tradicionalmente aceptada desde el siglo XVII. La mencionada mecánica estadística y las contribuciones de Maxwell en el campo del electromagnetismo, supusieron los primeros síntomas de las **anomalías** (el reconocimiento de que la naturaleza no opera según el paradigma que prevalece) que preceden a la **crisis** de un paradigma, y la posterior **revolución** (Briceño, 2009). Fritjof Capra (1996; p.11), por otro lado, va más allá cuando afirma que esta revolución científica del primer tercio del siglo XX estuvo acompañada por lo que él denominó el cambio de paradigma social, definido como: “Una constelación de conceptos, valores, percepciones y prácticas compartidas por una comunidad, que conforman una particular visión de la realidad que, a su vez, es la base del modo en que dicha comunidad se organiza”.

Paralelamente, aunque en el campo de la biología, como se ha mencionado, también se operaba desde un punto de vista del método analítico, sobre todo desde la aparición de equipo técnico más preciso y potente; era la disciplina de las ciencias naturales que mayor oposición albergaba para con el paradigma mecanicista. Con los avances en microbiología, biología celular y embriología, las limitaciones de la visión clásica eran cada vez más acuciantes; y aunque los procesos físico-químicos permitían esclarecer ciertas dinámicas internas en las células, eran incapaces de otorgar una explicación a la organización celular, a la estructura multinivel de los organismos vivos, o al fenómeno de la vida en su conjunto. Fue a principios del siglo XX, cuando a raíz de estas limitaciones, la biología presencié un debate entre el viejo paradigma reduccionista y la nueva corriente vitalista. Y pese a que esta nueva concepción de los procesos biológicos contuviese la semilla del posterior organicismo, de corte sistémico, y compartiese las mismas críticas contra el mecanicismo, los vitalistas defendían la necesidad de añadir un ente no físico, una fuerza superior, para explicar la vida<sup>7</sup>; no iban más allá del paradigma cartesiano, eran empleadas la misma concepción de causalidad y las mismas imágenes y metáforas (Capra, 1996; pp. 22-23).

7 El embriólogo alemán Driesch, denominó a esta fuerza superior: Entelequia; como una entidad que actúa sobre el ser mismo sin formar parte de él (Ibid.).

El alumbramiento de una nueva corriente de pensamiento era un hecho. La decimonónica termodinámica y la mecánica estadística estaban evidenciando la dirección evolutiva del universo hacia una mayor entropía: una propuesta alternativa del papel del tiempo; la relatividad especial y general otorgaban al tiempo un nuevo estatus y su conexión con el espacio creando un tejido estructural flexible en el universo; la mecánica cuántica desafiaba toda lógica a nivel subatómico, incorporando una visión sistémica en la que las interacciones, interconexiones, el contexto y la probabilidad eran generadoras de realidad; lxs biólogxs organicistas defendían una postura holista a base de pautas, patrones, **emergencia**<sup>8</sup>, organización, el concepto de red, estructura, ... de la que se podía explicar el fenómeno de la vida; la ecología que emergería de la corriente organicista principalmente, acuñaba términos como biosfera, ecosistema, entorno ecológico, todos ellos con una estructura en red que será la vanguardia de la propia disciplina; la escuela de la *gestalt* con un importante impacto en el campo de la psicología, postulaba que la mente percibe un todo interconectado y no de manera analítica, de esta manera, la mente crea patrones de conjuntos organizados de significado<sup>9</sup> y consecuentemente representa su realidad (Capra, 1996; pp. 23-30). Una revolución khunista en la que la asimilación del todo suple a las partes analíticas.

Las décadas de 1930 y 1940 estuvieron marcadas, primero por las aportaciones del biólogo Ludwig von Bertalanffy en su Teoría general de Sistemas y más tarde por la corriente de la cibernética<sup>10</sup>. Bertalanffy acudió a la termodinámica y en concreto a su segunda ley, la ley de la entropía, para advertir que si bien la entropía tiende a aumentar en los sistemas que se encuentran aislados de su entorno: sistemas cerrados; no ocurre lo mismo en los organismos vivos, sistemas abiertos, los cuales mediante dinámicas internas, metabolismo y autorregulación, consiguen hacer frente a la degradación entrópica y se mantienen en un estado estable fuera del equilibrio de máxima entropía. Una trascendental idea que daba una explicación parcial al fenómeno de la vida y su organización a diferentes niveles. Por otro lado, la cibernética se consagraba como un

---

8 “Emergencia” es un término muy empleado por el paradigma de la complejidad, y por consiguiente, en este texto. La noción de emergencia define la creación de nuevas propiedades que no se pueden entender a partir de los elementos del sistema; como las propiedades del agua no se deducen de las propiedades del oxígeno y el hidrógeno (Véase 2.3. La complejidad en síntesis para una mayor profundización).

9 Un buen ejemplo con el que poder entender mejor este concepto es el de la música. Un(a) oyente reconoce una canción aunque esta se reproduzca o se interprete en diferentes tonos porque la mente otorga una mayor importancia a los intervalos entre notas que al propio fenómeno de la nota aislada

10 Al autor de este documento le parece imprescindible hacer mención a Alexander Bogdanov, médico, físico, filósofo y economista ruso. Bogdanov desarrolló un teoría que él mismo denominaría como **tectología** (década de 1910), como una teoría unificadora de la organización y sobre la estructura subyacente de los procesos tanto físicos, biológicos como sociales. Una obra adelantada a su tiempo que incluye ideas y formulaciones muy similares a las que posteriormente expondría Bertalanffy y los cibernéticos. Una obra con un corto recorrido fuera de su rusia natal debido a la censura desde los poderes soviéticos (Ibid.).

movimiento intelectual en auge con una tradición científica diferente a los organicistas y ecólogos; la mayoría provenían del campo de las matemáticas, ingeniería, neurociencias y ciencias sociales; sería la disciplina punta de lanza de la visión sistémica durante la segunda guerra mundial y las siguientes décadas. Entre las nociones más importantes y que más contribuyeron al posterior paradigma de la complejidad desde la cibernética<sup>11</sup> se encuentran la **retroalimentación** (positiva: autorreforzante, expansiva; y negativa: autorreguladora) y su vinculación con la homeostasis que mantienen una estrecha relación con las dinámicas sociales y la evolución de ecosistemas; y la teoría de la información de Shannon como generalización del concepto de entropía (Capra, 1996; pp. 37-53).

Mientras la cibernética y la biología, con el reciente desarrollo de la biología molecular por parte del hallazgo de la estructura física del ADN, acudían cada vez más a un lenguaje cartesiano y reduccionista, el último tercio del siglo XX fue la era, quizás, más prolífica en el pensamiento sistémico, a la vez que sufría los ataques más duros por parte del mecanicismo clásico. Dos grandes avances que emergían en el escenario fueron los protagonistas del revivir triunfal del paradigma de la complejidad: El concepto de **autoorganización** y las matemáticas de la complejidad. La primera noción fue impulsada principalmente por el campo de la cibernética aunque fueron los trabajos de Illya Prigogine, Hermann Haken, Manfred Eigel, James Lovelock, Lynn Margulis, Humberto Maturana y Francisco Varela los que dotaron a la autoorganización el contenido necesario para que fuese un patrón reconocible en nuestro universo. El trabajo de **Prigogine** se fundamentaba en las previas ideas de Bertalanffy, las que presentaban a los organismos vivos como sistemas alejados del equilibrio en estado estable. Prigogine desarrolló una visión de la termodinámica más completa y aplicada a las dinámicas vitales, en las que los organismos son **sistemas disipativos** los cuales a base de incrementar la energía desde el entorno (**neguentropía**) consiguen mayor orden interno, incluso saltos cualitativos de forma (morfogénesis) dando lugar a una mayor complejidad (retroalimentación positiva/expansiva) desde los cuales se autoestructura (Nieto de Alba, 1998), dando un sentido al concepto de evolución. **Haken**, en el campo de la física, advirtió que el fenómeno del Láser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) actuaba de una manera similar al esquema planteado por Prigogine; es decir, un sistema que mediante la utilización

---

11 La cibernética fue una disciplina altamente prolífica (teoría de la información, informática, modelos cognoscitivos, modelos neuronales, ...), sin embargo en este apartado solo interesa las aportaciones al paradigma sistémico, bandera de la cibernética en sus comienzos. Con el tiempo, las tendencias mecanicistas y el paradigma cartesiano fue recobrando fuerza en este campo. Una disciplina estrechamente influenciada por la tecnología militar que acabó por malograrse (en cuanto a su cambio de visión). El enfoque holista fue desarrollado, no obstante, durante el auge de la cibernética, teniendo incluso repercusión en algunos campos de las ciencias sociales de la mano de Bateson y Margaret Mead por citar algunos (Ibid.). La obra de Fritjof Capra, varias veces mencionada en este apartado, es un buen testimonio de las luces y sombras de la cibernética.

de la energía del entorno alcanza un punto crítico de desequilibrio en las que el propio sistema genera estructuras ordenadas y una coherencia conjunta del fenómeno, como ocurre con las ondas que se coordinan en el láser ampliando la emisión de radiación. **Eigal**, animó el debate desde la teoría de la abiogénesis, la formación de la vida desde la composición de la materia inerte. Propuso la idea de que la vida pudiese generarse a partir de sustancias catalizadoras autorreplicantes (una propiedad de los organismos vivos) que formarían bucles cerrados mediante un continuo flujo de energía, que él llamó **hyperciclos**; y con capacidad para evolucionar alcanzando inestabilidades morfogenerativas. **Maturana** y **Varela** denominaron **autopoiesis** a la característica que define a la vida y a sus procesos. El término hace referencia a la propiedad de un sistema para crearse a sí mismo, en el que los componentes, dispuestos en red y con un proceder circular, participa en la producción o transformación de los demás componentes de la trama. La autopoiesis actúa asimismo dentro de una unidad circular, con lo que Maturana y Varela pudieron establecer un límite entre un organismo vivo y la materia inerte (límite que se situó en un gris dialéctico confuso tras los descubrimientos de Eigal). El químico atmosférico **Lovelock** y la microbióloga **Margulis**, elaboraron lo que posteriormente se conocería por **Teoría Gaia** o **Hipótesis Gaia**. Estudiando las diferencias de composición entre la atmósfera de Marte y la de la Tierra, Lovelock reparó en que la combinación de gases en Marte estaban en perfecto equilibrio químico mientras que el planeta azul contenía grandes cantidades de oxígeno y metano; dos gases muy capaces de reaccionar entre sí: La atmósfera terrestre era un sistema abierto lejos del equilibrio. El químico propuso la idea de que la Tierra en sí misma fuese un sistema autorregulador. El *cómo* lo proporcionó Lynn Margulis, que por aquel entonces investigaba la producción y eliminación de gases por parte de diversos organismos. La Teoría Gaia expuso una **simbiosis planetaria** entre la materia viva y no-viva con propósitos autorreguladores (Capra, 1996; pp. 53-77).

El segundo gran avance fue el propio lenguaje que necesitaba el paradigma de la complejidad: **Las matemáticas de la complejidad**. Estas, a su vez, estarían compuestas principalmente por dos campos, con sendos vínculos y relaciones entre ellos, **sistemas dinámicos no-lineales** y **geometría fractal**. En el siglo XIX, el matemático francés Henri Poincaré resolvió el problema de los tres cuerpos, problema aparentemente sencillo en su premisa: Describir el movimiento de tres cuerpos por la acción de la fuerza gravitatoria partiendo de las ecuaciones de Newton. Poincaré había dado así con la primera representación caótica. El patrón de movimiento de esos tres cuerpos eran de una complejidad tan sorprendente que ni siquiera Poincaré intentó dibujar. Salvando la conferencia de París de 1900 liderada por Hilbert, con la llegada de la mencionada revolución en la física durante el primer tercio del siglo XX, la disciplina matemática se apresuró a

arrimar el hombro en ese momento histórico, y el proto-caos de Poincaré se sumergió en ruido histórico. La aparición en escena de potentes procesadores informáticos, durante el último tercio del siglo XX, facilitaron el desarrollo de esta rama de las matemáticas; el lenguaje del pensamiento sistémico. La capacidad procesal de estos permitió representar la realidad de manera numérica, es decir, logrando los valores de distintas variables de un proceso, computándolos e iterando (ensayo y error). Las dinámicas estudiadas, aunque de una complejidad nunca antes vista, configuraban patrones reconocibles en el **espacio-fase**<sup>12</sup>, patrones hacia los que la dinámica, independiente de su complejidad y de sus condiciones iniciales, se ve atraída; de ahí el nombre de **atractor**<sup>13</sup>. Los atractores pueden estudiarse topológicamente y tienden, además, a tener una dimensionalidad muy baja aunque el espacio-fase contenga numerables variables, lo que facilita su análisis; entes matemáticos que simplifican el estudio de sistemas caóticos, ya que muchas de las propiedades del sistema a representar son inherentes al atractor (patrón). Un cambio en la rama de las matemáticas de lo cuantitativo (substancia) a lo cualitativo (forma). La geometría fractal, por otro lado, creada por el matemático francés **Benoît Mandelbrot** en las décadas de 1960 y 1970, dotaba de una mayor comprensión a las formas de la naturaleza como la forma de las nubes, el contorno de las montañas, la línea de la costa, la ramificación de un árbol, etc. La geometría que se puede encontrar en estos casos es caótica y aparentemente carente de una posible representación; sin embargo, contienen una estructura susceptible de medición, son **autosemejantes**<sup>14</sup>. Una nueva matemática capaz de explorar estéticas más complejas, ateniéndose a la cualidad de la forma y a su dimensionalidad, entendiéndola desde su *holos*. Tiempo después se estableció una relación entre los atractores y la geometría fractal, se descubrió que los atractores extraños eran objetos fractales, con lo que, ya se disponía de herramientas para profundizar en ellos (Capra, 1996; Nieto de Alba, 1998).

La base científica que sustenta el andamiaje del paradigma de la complejidad en el siglo XXI es la que precede a estas líneas; sin embargo (Véase nota al pie 1), todo paradigma requiere un fundamento epistemológico y numerosxs autorxs han contribuido para llevarlo a cabo, como **Bachelard, Jean Piaget, Edgar Morín**, padre del **pensamiento complejo** (Véase 2.3. La

---

12 El espacio-fase es un espacio matemático abstracto que se construye asociando cada variable del proceso a una coordenada; así, es posible representar un péndulo simple en condiciones de vacío en un espacio-fase vinculando la variable velocidad (positiva o negativa dependiendo de la dirección del péndulo) a una de las coordenadas mientras la otra se vincula al ángulo creado con respecto a la vertical. En el espacio-fase aparecería una forma elíptica que periódicamente se repetiría (Ibid.; Nieto de Alba, 1998) .

13 Los atractores pueden ser **puntuales, periódicos o extraños**, y son precisamente estos últimos los que representan las dinámicas caóticas. Existen una gran cantidad de atractores extraños registrados y representados de una complejidad y belleza increíbles (Ibid.).

14 La autosimilitud o autosemejanza es una característica de los objetos fractales en la que la forma del todo es semejante y se repite a niveles inferiores. Por ejemplo: Cortando un todo de un romanesco, se obtiene un pequeño romanesco, y así sucesivamente. (Ibid.)

complejidad de la complejidad), **Maldonado, Von Foerster**, etc. La organización de sociedades, el pensamiento intersubjetivo en los últimos veinte años contiene unos fuertes vínculos con el paradigma de la complejidad: Internet, la IA (Inteligencia Artificial/Machine learning), financiarización de la economía, digitalización de la producción, la muerte de los grandes relatos, post-estructuralismo, etc. En el año 2000, en una entrevista para San Jose Mercury News el físico Stephen Hawking dijo: “El siguiente siglo [XXI] será el siglo de la complejidad” (Gorban y Yablonski, 2013).

## **2.2. La Complejidad de la Complejidad**

*Sed, porque mientras seáis, la belleza no hallará desenlace.*

La evolución histórica del paradigma de la complejidad otorga un contexto y genera una red en torno a una manera determinada de pensar, de ver el mundo. Sin embargo, en lo expuesto, solamente se ha hecho referencia al entramado de ideas vinculadas al avance de la comprensión *científica* del paradigma y no del paradigma en sí mismo. El proceso desde la termodinámica de Carnot hasta los sistemas disipativos de Prigogine ayudan a comprender dónde y cuándo están los límites del método analítico. El análisis, por ende, debe complementarse con la síntesis y necesita comprender la naturaleza dialéctica de la realidad; debe trascender disciplinas, y dejar de lado la unicidad del efecto; abrazar la pluralidad y dar salida en el imaginario colectivo a las necesarias emergencias y creatividad del universo.

Existe entre la literatura sobre complejidad voces que diferencian corrientes, dentro del propio paradigma de la complejidad, con algunas discrepancias entre ellas (Luengo, 2018). Las diferencias más sustanciales entre estas corrientes radica en el tratamiento sobre la realidad compleja, en su epistemología, la crítica a los métodos reduccionistas, etc. Esto, no obstante, no quiere decir que sean excluyentes o complementarias (formando un conjunto por partes), sino que refuerzan algún aspecto concreto dentro de lo que se entiende por complejidad y extienden ese aspecto. Luengo (2018) en su libro *Las vertientes de la complejidad*, distingue cinco corrientes diferentes: Pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas. El documento presente expone unas pinceladas generales de cada corriente para apoyar la comprensión; sin embargo, estas se introducirán en dos principales corrientes, a saber, **Complejidad restringida** y **Complejidad general** (Byrne y Callaghan, 2013). Dos grupos propuestos por Edgar Morín, siendo la primera de ellas una perspectiva metodológica-procedimental basado en un lenguaje formal y modelos simulados; y la segunda una propuesta de

pensamiento con unos principios generativos del conocimiento promoviendo un cambio epistemológico, ontológico y metodológico (Luengo, 2018).

### 2.2.1. Complejidad restringida

**Pensamiento sistémico:** El mencionado Ludwig von Bertalanffy y la cibernética fueron las precursoras de esta visión sistémica. El pensamiento sistémico, teoría general de sistemas, análisis de sistemas, y una gran variedad de nombres, todos referidos al concepto de sistema; trata las conexiones, componentes y el contexto en el que se encuentra un sistema determinado. Como sistema se entiende, tal y como lo define Rolando García (2006; p. 21):

“Un sistema complejo es un recorte de esa realidad [compleja], conceptualizado como una totalidad organizada, en la cual los elementos no son ‘separables’ y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente”.

El pensamiento sistémico aísla el sistema en su conjunto y estudia la **interdefinibilidad** de los componentes de la cual emerge el comportamiento del sistema en su conjunto. La teoría de sistemas es aplicable, y se aplica, a un gran abanico de disciplinas, desde la biología, información y comunicación, computación, hasta las ciencias sociales (Luengo, 2018; pp. 44-55).

**Ciencias de la complejidad:** Con el desarrollo de las matemáticas de la complejidad, la ciencia, en su forma institucional, pudo hacer gala de ellas y las ciencias de la complejidad la utiliza para elaborar modelos y simulaciones de sistemas complejos. Se utiliza “ciencias” en plural ya que el concepto no se encuentra acotado a una sola disciplina; de hecho, la inter-, tras- y multidisciplinaria es uno de los elementos clave de esta corriente. Las ciencias de la complejidad se enfocan en el problema y asumen su realidad compleja. La termodinámica del no-equilibrio de Prigogine, la teoría del caos, la geometría fractal y las lógicas no clásicas son algunas de las bases que aplican estas ciencias (Luengo, 2018; pp. 55-64)

### 2.2.2. Complejidad general

**Pensamiento complejo:** Como se ha mencionado, la complejidad general, que en las ideas de Morín es sinónimo de pensamiento complejo, atiende a los principios generativos del conocimiento; atraviesa e intenta comprender la estructura subyacente de la realidad. Estos principios son representaciones patrónicas del Todo complejo.

- Principio sistémico: Cualquier sistema debe entenderse como organización, lo que define al sistema no son sus componentes sino las relaciones entre estos. Las



diferentes disposiciones organizativas generan diferentes unidades sistémicas. Principio que nace del pensamiento sistémico.

- Principio hologramático: En un holograma cada una de las partes contiene información acerca del todo proyectado. Generalizando, este principio dicta que en cualquiera de los componentes de un sistema puede encontrarse parte de la información de todo el sistema, siendo más o menos apto para regenerarlo. El principio hologramático es un concepto clave para la comprensión de la organización socio-económica, los procesos cerebrales, sistemas vivos, etc. El impacto de la organización socio-económica en un(a) individuo a la hora de estudiar la propia organización y su papel como conceptualizador(a) es un ejemplo claro de este principio.
- Principio dialógico: Una superación de la dialéctica hegeliana. El reduccionismo tradicional descarta una de las proposiciones contradictorias en caso de hallar una contradicción en un sistema dado. El principio dialógico ignora el principio del tercero no incluido y permite mantener en una misma disposición organizativa dos opuestos, ya que entiende que si bien pueden ser excluyentes, aplicando el propio principio, son capaces de generar una relación complementaria. Ejemplos del principio dialógico es el pensamiento *glocal* (global-local), pluralidad-unicidad, sujeto-objeto, etc.
- Principio de recursividad organizacional: Idea clave de la cibernética. Uno de los patrones más recurrentes en sistemas [disipativos] complejos es la de bucle, y mediante bucles el sistema mantiene su existencia y forma. Muchas nociones de la vida real recaen en patrones cíclicos; vida-muerte-vida, práctica-teoría, la rueda de la violencia, etc.
- Principio de auto-eco-organización: La autoorganización previamente explicada, es una noción base en las dinámicas de los sistemas. El presente principio incluye el entorno que acoge al sistema asumiendo en intercambio de energía, materia e información necesarios.
- Principio del movimiento de lo real: Reconocer la constante evolución de los sistemas complejos mediante la emergencia.

- Principio de causalidad compleja: Este principio trata de expandir el concepto de causalidad, sumando a la causalidad clásica lineal (causa-efecto), la causalidad cíclica y dialógica. Una nueva lógica de relaciones basadas en la retroacción.
- Principio de reincorporación del conocedor en todo conocimiento: El proceso de adquirir conocimiento acerca de la realidad implica al (la) observador(a) ya que la realidad construye a sí mismo al (la) individux.
- Principio de incertidumbre: La verdad es relativa y temporal. El error conduce a nuevos conocimientos, la incertidumbre permite formularse nuevas preguntas.
- Principio de incompletitud: Ligado con el anterior, el pensamiento complejo reconoce la imposibilidad de un conocimiento completo. El conocimiento evoluciona y se extiende pues esa es su naturaleza.
- Principio de racionalidad: Es importante remarcar la diferencia entre racionalidad y racionalización. El pensamiento complejo, aunque asumiendo la incertidumbre y la incompletitud, mantiene una racionalidad; tiene que ser capaz de rectificar, y corregir sus errores, de hacerse nuevas preguntas y buscar respuestas. Sin embargo, no pretende racionalizar el conocimiento, no aplica la razón, entendida como el tradicional sistema cerrado de conocimiento basado en un método impermeable.
- Principio de comprensión: La comprensión y asimilación de la relatividad de toda realidad social, entendida como una construcción histórica y cultural. Este principio apela a la comunicación, intersubjetividad y empatía.
- Principio de diálogo entre conocimientos especializados: Defensa de la práctica inter-, tras- y multidisciplinar. La articulación entre las diferentes disciplinas especializadas es urgente y necesaria para abordar los problemas complejos de la realidad.
- Principio de diálogo con otros conocimientos: Salvar las diferencias tradicionales entre ciencia y filosofía, ciencia y arte, ciencia y religión, ciencia y cosmovisiones ancestrales. Los saberes más allá de los creados a partir del método científico son genésicos y generativos de dinámicas sociales particulares. Heterogeneidad estética (Luengo, 2018; pp. 64-77).

**Paradigma ecológico**: La ecología, propuesta formalmente como disciplina científica por Haeckel y Tansley, muestra a nivel planetario una organización simbiótica, interrelación, autoorganización, coevolución entre los **elementos biotrópicos** (clima, composición geológica,

particularidades geográficas y físicas, dinámicas y ciclos de diferentes sustancias, ...) y **biocenóticos** (animales, plantas, hongos, bacterias, organismos unicelulares) de un ecosistema dado (extensible a la biosfera en su conjunto) reflejado en última instancia en la ya mencionada hipótesis Gaia de Lovelock y Margulis. No obstante, como parte de la complejidad general, el paradigma ecológico no es únicamente el conjunto de aportaciones científicas sobre los seres vivos, sino una manera determinada de estar, vivir, actuar, pensar el mundo. El ecologismo ha evolucionado también como movimiento social y giro epistemológico, atendiendo a las relaciones entre cultura y naturaleza; entre ser humano y Tierra. De este modo es posible hablar de **economía ecológica**, **bioeconomía** o **ecología política** como una determinada gestión de esas relaciones desde una práctica tras- y multidisciplinar (Luengo, 2018; pp. 77-86).

El paradigma ecológico defiende la diversidad tanto cultural como biológica como una propiedad necesaria para la equilibrada evolución del sistema planetario, una diversidad que es entendida desde su complejidad y su capacidad para generar emergencias que contribuyan a mantener y profundizar en esa pluralidad.

**Enfoques holistas:** Tal y como lo expone Enrique Luengo (2018; pp. 86-103), los enfoques holistas sería la corriente más abarcadora de la complejidad general. La concepción holista de la realidad asume la imposibilidad del completo conocimiento a través de las metodologías científicas tradicionales rechazando la presunta racionalidad y mensurabilidad de la realidad. Es por ello que estiman necesario recurrir a cosmovisiones, filosofía y espirituales, tanto premodernas como posmodernas. Defienden la necesidad de construir otro nivel de pensamiento alejado del reduccionismo; una visión holista del universo en el que el ser humano se ve inmerso integraría, en el propio modo de conocer y pensar, la complejidad y continuidad del mundo; construyendo una relación armoniosa entre conciencia-existencia. Los autores más citados y que presentan una propuesta holista como **David Bohm**, **Teilhard de Chardin**, **Pániker** o **Leonardo Boff**, esgrimen el imperativo de la asunción de la totalidad del universo, un cambio en nuestra comunicación y lenguaje (nuevas estéticas relacionales), la asimilación de los procesos evolutivos hacia una mayor complejidad; y conceptos como **noosfera** (capa mental), espiritualidad, misticismo, misterio, armonía universal se encuentran en sus textos.

## 2.4. La Complejidad en síntesis

*El universo al desnudo; descuidando su estructura subyacente.*

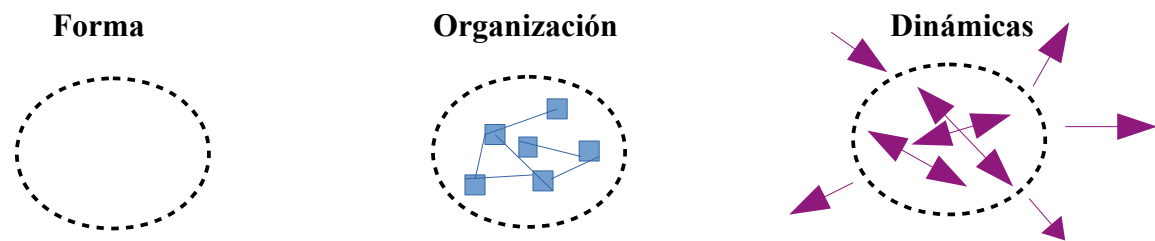
Se ha visto como a lo largo de los dos anteriores siglos la ciencia normal se ha encontrado desprotegida ante la complejidad de la realidad. Las nuevas teorías, hipótesis, herramientas, pensamientos, fueron preparando el terreno para una nueva episteme en ciernes. Unas líneas del físico Fritjof Capra (1996; p.25) de su libro *La trama de la vida* son ahora más esclarecedoras:

“El gran *shock* para la ciencia del siglo XX ha sido la constatación de que los sistemas no pueden ser comprendidos por medio del análisis. Las propiedades de las partes no son propiedades intrínsecas, sino que sólo pueden ser comprendidas en el contexto de un conjunto mayor. En consecuencia, la relación entre las partes y el todo ha quedado invertida. En el planteamiento sistémico las propiedades de las partes sólo se pueden comprender desde la organización del conjunto, por lo tanto, el pensamiento sistémico no se concentra en los componentes básicos, sino en los principios esenciales de organización”.

El esquema presentado de las diferentes corrientes de la complejidad mostraban dos niveles diferentes en cuanto a profundización y marco epistémico (Complejidad restringida y complejidad general). Si bien es cierto que la complejidad general incluye a la restringida, en el sentido fenomenológico y ontológico; ambas están construidas a partir de ciertos elementos que sintetizan la propuesta. Estas naturalezas del paradigma de la complejidad son, asimismo, o bien una extensión, o bien una oposición de los elementos que constituyen el paradigma reduccionista. Diversas obras han desarrollado y enumerado las propiedades del paradigma emergente (Luengo, 2018; pp. 27-43; Morin, 2004; Morin, 2007; Capra, 1996; Nieto de Alba, 1998; García, 2006), y si bien es cierto que existen numerosas coincidencias y un relativo común acuerdo, se encuentran por su parte pequeñas diferencias, ausencias o añadidos. En este documento se ha tratado de concentrar esos elementos en 3 conceptos para sintetizar las ideas reflejadas en esas obras y añadir puntos de vista propios: **1. Forma** (sistema complejo abierto), **2. Organización** (Estructura) y **3. Dinámicas** (fuerzas, movimiento, cambio, evolución)<sup>15</sup>.

---

15 Las siguientes líneas están sintetizadas por el autor partiendo de diversos trabajos publicados (mencionados en el párrafo). Por esta razón al final de la exposición no aparecerá ninguna cita (salvo en casos muy concretos, de información específica). El autor pretende de esta manera que el texto se componga de la manera más divulgativa posible. Las categorías **forma**, **Estructura** y **Nexo** son obra del autor.

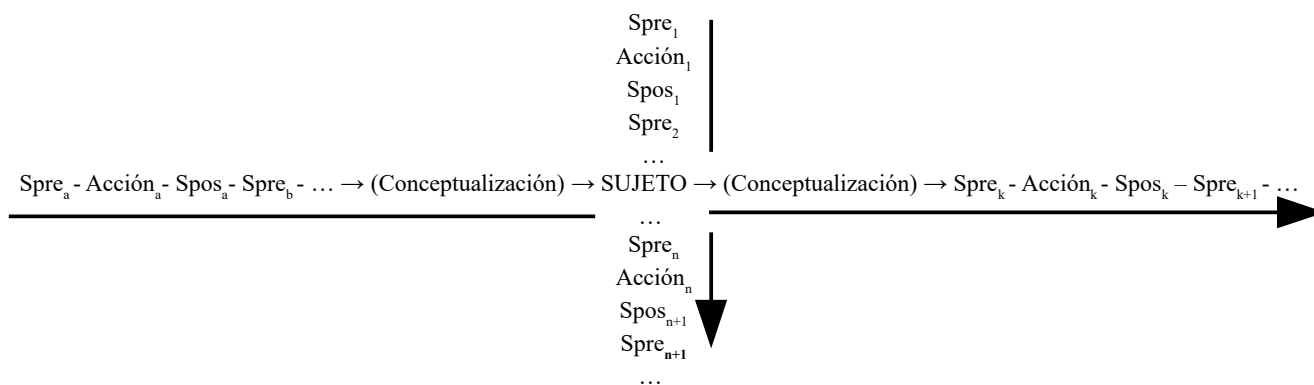


1. La **Forma** de la complejidad alude a su capacidad de síntesis y potencial integrativo. Tanto hacia su objeto de estudio: los sistemas complejos; como hacia sí misma, como un pensamiento derivado de la autorreferencia, convirtiendo al propio paradigma en un sistema abierto. La tradición reduccionista, desde la publicación del método científico cartesiano, ha considerado la realidad como un ente atomizado provisto de partes de las que es posible extraer información del conjunto a través del comportamiento particular. Aplicando esta discreción, la información que proviene de la interacción entre elementos se pierde; pensar desde una perspectiva sintética transforma la discreción en continuidad y la información perdida en patrones organizativos (en el caso de la complejidad organizada). Para la complejidad el todo es más que la suma de las partes ya que de la relación entre las partes emergen propiedades, de la misma manera que la suma de individuos no hace una sociedad; y asimismo, el todo también es menos que la suma de las partes, pues alguna de las propiedades de la parte puede ser inhibida por la organización del todo, al igual que una sociedad no refleja las particularidades de cada uno de sus integrantes. Así, las percepciones y la terminología cobran una importancia mayúscula; el cartesianismo distingue entre evento y objeto/cuerpo, y de esta manera genera una sintaxis concreta del tipo Sistema previo ( $Spre_k$ )-acción-(reacción)-Sistema posterior ( $Spos_k$ ), siendo una configuración estática, sin atender al origen de la forma. La complejidad atribuye eventualidad a los cuerpos dotando a la sintaxis reduccionista una circularidad histórica del tipo  $Spre_1$ -acción-(reacción)- $Spos_1 = Spre_2$ -acción-(reacción)- $Spos_2 = Spre_3...$  Ni la conquista de Galia puede explicarse mediante los procesos físico-químicos del cerebro del César, ni el triunfo del capitalismo es eficiencia.

Por consiguiente, si el objeto de estudio es un continuo, está interrelacionado y se compone de cuerpo-eventos históricos; así lo será el sujeto. Observador(a) es un término obsoleto en el sentido de que un proceso observado puede recibir el impacto de la propia observación, y que el sujeto también está dotado de una historicidad implícita; el paradigma hace al sujeto y este al objeto. El/la conceptualizador(a) es, a la vez, un producto conceptualizado (principio hologramático), generando una sintaxis aún más compleja<sup>16</sup> (Recordemos que si bien los procesos

<sup>16</sup> Esquema propuesto por el autor.

son evolutivos, no quiere decir que no puedan ser circulares y reflexivos; es decir, las flechas pueden plegarse sobre si mismas generando bucles):



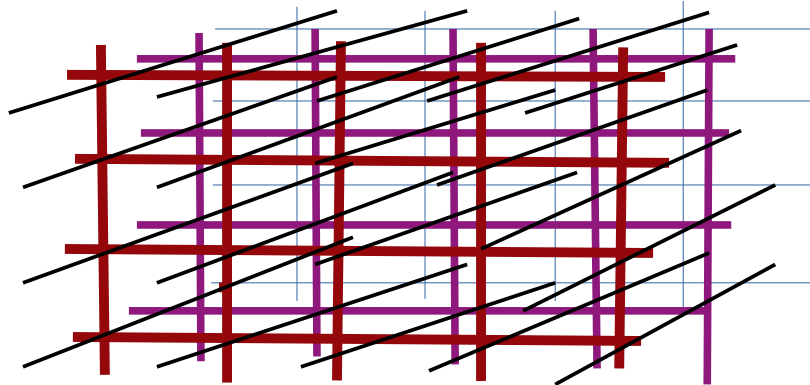
La imagen presentada muestra una *unidad* dentro de la matriz bidimensional que se generaría de la complejidad real y de la interrelación Conceptualizador(a) – Objeto. Un entramado mostrando la forma de una parte de la totalidad; el plexo de la complejidad .

No obstante la forma de la complejidad no acaba ahí. La aplicación atomista del reduccionismo se extiende más allá del objeto y el sujeto configurando la disciplinas como espacios intelectuales cerrados, con fuertes resistencias a la articulación de los diferentes campos. Así, la complejidad defiende la necesidad de tejer alianzas multi-, inter- y trasdisciplinares. Se entiende **multidisciplina** el abordaje de un problema desde diferentes ángulos disciplinares, con sus diferentes metodologías, fenomenología y epistemología para luego ensamblar resultados en un único estudio. La **interdisciplina** va más allá, aunando los puntos de vista sobre el estudio de un único problema desde un enfoque integrador mediante una colaboración multinivel y constante. Y por último, proceder de manera **trasdisciplinar** supone añadir una orientación transformadora al estudio intentando, en la medida de lo posible, construir un nuevo saber conjunto; en la práctica trasdisciplinar existe una relación entre disciplinas, actores sociales, saberes populares, etc. (Luengo, 2018; pp. 30-32; García, 2006; pp. 33-34). Mas el paradigma de la complejidad es partidaria, como previamente se ha mencionado, del dialogo con otros conocimientos. Entiende que las diferentes formas de conocimiento no-científico también poseen un efecto en el ejercicio activo-pasivo de comprensión de la realidad, y que, por ende, modifica el paradigma. La imagen mostrada a continuación<sup>17</sup> (En el recordatorio anterior, se apuntaba la posibilidad de que el tejido se plegase sobre si mismo; con los medios de diseño disponibles, tal figura es una tarea imposible) es, por consiguiente, un esquema de la forma de la complejidad, en el que a cada matriz bidimensional sujeto-objeto es atravesado por las diferentes concepciones. De esta manera cada nodo del tejido es

17 Imagen propuesta por el autor

un **evento conceptualizado y conceptualizador relativo (incierto, incompleto)**. Una matriz tridimensional dinámica y evolutiva (Temporal) , flexible y frágil (Autorreconstituyente).

### La forma de la complejidad



2. La **Organización**, por otro lado, es uno de los fundamentos principales de los sistemas complejos y a su vez del paradigma de la complejidad. La visión clásica de la ciencia, sobre todo las ciencias naturales, ha tratado la estructura de los sistemas como entes estáticos (modelo *input-output*), además con el fin de facilitar el estudio, las herramientas y los modelos empleados trataban con sistemas, por lo general, cerrados. En el paradigma de la complejidad la organización determina el sistema, es lo que diferencia una neurona aislada, de una red neuronal simple como el de un anfibio o del cerebro humano. La organización de un sistema se define como el conjunto de relaciones entre las partes y la relación entre las partes y el todo. De esta manera, los componentes de un sistema son interdefinibles, no son independientes, sino que se determinan mutuamente, basándose en la naturaleza del conjunto (García, 2006; pp. 49-55). Por ejemplo: Piénsese una obra de teatro; como elementos, contiene personajes, atrezzo, ambientación (época, lugar). En su condición estática (una imposibilidad si tomamos en cuenta la propiedad de eventualidad de los componentes desarrollado en “la forma”), es prácticamente imposible hacerse una idea de cuál es la esencia de la obra. Al añadir organización, en este caso una narrativa (que no puede ser tomado como elemento ya que contiene una dinámica interna por naturaleza y porque alberga los demás elementos. En conclusión se trata de la estructura de la obra), los elementos tienen una significación para con ellos, entre ellos y con respecto a la narrativa. Conociendo la narrativa, la relación entre dos personajes determinados (léase: mendigo y vendedora de zapatos) se establece de una manera concreta.

Imperiosamente, **heterogeneidad** y **antinomia** son dos conceptos que deben ser introducidos cuando se habla de estructura. Los sistemas complejos están compuestos por elementos generalmente heterogéneos entre sí, de ahí la práctica necesaria de la interdisciplina para

el estudio de una composición de naturaleza plural. En el procedimiento reduccionista, como su propio nombre indica, los sistemas son reducidos a la máxima expresión de homogeneidad<sup>18</sup>. No es, empero, la heterogeneidad de un sistema lo que define tal sistema, tal y como se ha mencionado, son la disposición y flujos de las relaciones las que sostienen su determinación como sistema; mas la heterogeneidad de su composición muestra un rasgo importante de los sistemas complejos: Su apertura. Cuanta mayor apertura, mayor proclividad a tener relaciones con su entorno, lo que estimula las dinámicas complejas, la circularidad, procesos reflexivos, en definitiva, el estímulo de nuevas emergencias; heterogeneidad se traduce en apertura (y viceversa) y esta a su vez en capacidad creativa. Por otro lado, la antinomia, una idea similar a la de pluralidad, se ha visto reflejada en el principio dialógico (Véase 2.2.2. La complejidad general). El pensamiento complejo asimila la antinomia y no aplica la lógica clásica de descarté entre los opuestos (principio del tercero no incluido); la dialéctica es una manifestación de la realidad, y solo si pelagra la integridad del sistema debe ser revisada (como ocurre con las dinámicas sociales de dominación jerárquica: Masculino – femenino, lucha de clases, imperialismo/colonialismo, ... ). Los sistemas complejos abiertos contienen antinomias, y deben ser consideradas en su conjunto, ya que la antinomia es una relación definitoria del sistema. No se podría entender el sistema actual sin tener en cuenta la antinomia cultura – naturaleza.

La estructura es decisiva para el aspecto metodológico del estudio de sistemas complejos. Como se ha mencionado previamente (Véase 1.4. Definición, límite y disciplina), los límites y la definición de un sistema (complejo y abierto) no es tarea fácil. La apertura de un sistema lleva implícito un proceso de creación de sistemas aún más inclusivos que los precedentes que concluye irremediabilmente en la **totalidad**. Sin embargo, los sistemas complejos deben ser estudiados como recortes de esa totalidad, sin olvidar su capacidad comunicativa y de apertura. Dada la dificultad a la hora de definir el sistema y sus límites, su estructura es capaz de facilitar proceso. La naturaleza de los enlaces entre los elementos (*subsistemas*; pudiendo ser también complejos), es importante determinar la significatividad de las relaciones entre ellos; el nivel de análisis en el que se trabaje define “significativo” en este caso (en un diferentes nivel de estudio, los *subsistemas* pasarán a ser sistemas, y las anteriores relaciones entre *subsistemas* determinarán ahora las características del límite del nuevo sistema). No obstante, los criterios de selección no se especifican únicamente en

---

18 En esta afirmación “homogéneo” hace referencia a la ausencia de estudio multinivel. Los sistemas analizados en la praxis habitual del reduccionismo pueden contener elementos dispares, pero son clasificados en un mismo nivel de análisis; el homólogo de estos sistemas en un análisis complejo sería *subsistema* (García, 2006). Por ejemplo, en el análisis económico, el proceso de producción está compuesto de varios elementos (capital y trabajo en los modelos más elementales) y todos pertenecen al mismo nivel de análisis; el proceso económico, para la economía ortodoxa, no tiene ningún tipo de interacción con su entorno, no incorpora elementos procedentes de otros *subsistemas* como el entorno inmediato, flujo de energía, degradación material, las dinámicas psico-sociales de lxs trabajadorxs, ...



base a la estructura, puesto que la estructura “coherente”, susceptible al estudio, está determinada por las estabilidades y inestabilidades del propio sistema, que forma parte de su dinámica (siguiente punto). Estructura y dinámica del sistema son interdefinibles: una estructura determinada genera dinámicas propias, y estas dinámicas a su vez reestructuran el sistema manteniendo su esencia elemental.

3. Por último, con un vínculo consustancial a las estructuras, se encuentran las **Dinámicas** del sistema complejo. Los sistemas complejos son sistemas abiertos, y por ende se suceden intercambios entre el sistema y el exterior; son susceptibles de relacionarse con su entorno mediante flujos de energía y materia; en definitiva, información. Es precisamente a través de estos flujos cuando las dinámicas del sistema se manifiestan. Los sistemas *mononivel* y cerrados con los que trata el paradigma reduccionista, son capaces de integrar, conceptualmente, el estado de equilibrio puesto que no se relacionan con su entorno y no permiten el acceso de flujos informativos. De esta manera, los sistemas cerrados, son incapaces de evolucionar, de cambiar cualitativamente. Aparentemente, un organismo vivo, siendo un sistema abierto en constante relación con su entorno, se halla en un estado de equilibrio; nada más lejos de la realidad. Los sistemas vivos, como todo sistema abierto, en un aparente estado de equilibrio, se sitúa realmente en un **estado estacionario**; en otras palabras, un sistema abierto en estado estacionario, hace uso del flujo de información para activar las relaciones entre sus componentes (entre sus *subsistemas*), mas sin romper la estructura esencial, las propiedades del contorno del sistema. De esta manera, un ser humano asimila el flujo de información, y lo emplea para metabolizar, catalizar, sintetizar, activar, segregar, ... dentro del contorno corporal sin modificar su estructura y mantenerse alejado del equilibrio termodinámico-entrópico). Esta última es, concretamente la propiedad más importante de los **sistemas disipativos abiertos** de Ilya Prigogine. Las fluctuaciones del interior del sistema son progresivos ciclos de estabilidad e inestabilidad, desestructuración y estructuración dentro de unos ciertos parámetros que, como se ha dicho, no modifican la estructura de contorno y mantienen un estado estacionario; ahora bien, debido a que el entorno es, a su vez, una composición sistémica, las perturbaciones internas (endógenas) del entorno pueden no ser asumibles para el sistema en cuestión (exógenas) (que en relación con su entorno se halla en situación de *subsistema*), el sistema se torna inestable y ocurre una disrupción de su estructura (García, 2006). Y viceversa, las perturbaciones insostenibles de un subsistema desordena su estructura y afecta al sistema en el que está inmerso, con el que este último debe hacer frente a una perturbación interna. Este, a su vez, si es incapaz de “amortiguar” la inestabilidad (alejado del equilibrio) interna acude a reorganizarse y a veces añade mayor complejidad a su sistema creando emergencias (Capra, 1996; p. 61 y p.124). En estos casos, el

sistema se reorganiza para adquirir un nuevo estado estacionario (alejado o no del equilibrio entrópico) y modifica su estructura: **Evoluciona**, se produce un cambio cualitativo estructural; una característica de los sistemas complejos abiertos. Dicho esto, la evolución, es el resultado de una necesaria **imbricación multinivel**: un sistema compuesto de subsistemas complejos produce una perturbación endógena que un subsistema es incapaz de absorber con lo que es incapaz de mantener su estructura y se produce una modificación estructural; la heterogeneidad es necesaria para que la evolución suceda. De esta forma el paradigma de la complejidad parte del estudio del continuo cambio y de la creatividad, que a su vez, son productos de la incertidumbre, dada la imbricación compleja.

Desde el estudio de las dinámicas, la no-linealidad y las carencias de la causalidad aristotélica son concluyentes. La observación de las dinámicas multinivel muestran que la relación causa-efecto (si es que hablar de causa efecto tiene algún sentido ontológico) traspasa fronteras disciplinares y que los efectos pueden ser productos de una sucesión de causas, o de una espontánea multicausa. Conforme a las relaciones dialógicas, y la heterogeneidad de la composición de los sistemas complejos, las relaciones reflexivas, retroactivas, circulares y divergentes son la norma en estos sistemas, y las relaciones causales lineales son solo un patrón determinado de relación entre muchos otros. La capacidad autoorganizativa de los sistemas complejos forma una red causal y una red de efectos simultáneos.

Metodológicamente, las dinámicas y las estructuras se determinan mutuamente en los sistemas complejos, como ya se ha mencionado. La coherencia sistémica a la que se hacía referencia, en el momento del estudio, se evidencia de esta mutua interdefinibilidad. El sistema tiende a mantener un estado estacionario conservando su estructura, y se fija la *unidad* del sistema en el contorno en el que suceden las interacciones que posibilitan ese mantenimiento. Por ejemplo, es posible tomar como unidad, un cuerpo humano en su conjunto ya que las dinámicas internas de este sistema definen su estructura y la preservan; sin embargo, sigue siendo igual de obvio que un cuerpo humano determinado forma parte de un sistema aún mayor (Léase comunidad; pueblo, asociación, región, religión, ... ) en el que él se torna subsistema; y al mismo tiempo, el mismo cuerpo humano se compone de sistemas complejos como puede ser el sistema nervioso que a su vez contiene sus propios subsistemas. Es de esta manera como, aún teniendo en cuenta la apertura de los sistemas complejos, es viable hablar de *unidades* adecuadas para el estudio, sin restringir la disciplina o el campo.

Epistemológicamente hablando, el paradigma de la complejidad se ve a sí mismo como un sistema abierto que contiene otros subsistemas de pensamiento, y sin pretensiones de índole alguna,

dado que comulga con el principio de incompletitud y por ende asume la incapacidad del concepto de la totalidad; reconoce el imperativo de evolucionar conforme las estructuras que lo integran modifiquen de alguna manera su forma. Es de la misma manera evidente, que si los sistemas de pensamiento en el acervo de las ideas estructuradas modifican, como lo hacen, la totalidad del pensamiento intersubjetivo global, estas, irremediablemente deben ser tenidas en cuenta por el paradigma que las subsume. Así el diálogo entre ciencia y arte, ciencia y religión, religión y arte, lenguajes estéticos y lenguajes formales, lógica y sentimiento, es una condición *sine qua non* para la construcción de un complejo sistema de pensamiento integrador, siempre y cuando no ponga en riesgo la base integrativo del mismo.

### 3. BIOECONOMÍA

#### 3.1. Crítica al paradigma (neo)clásico de la economía

*“Es cierto que el espíritu doctrinario con el que se han enfocado algunas cuestiones fundamentales ha perjudicado el progreso de nuestra ciencia”* Georgescu-Roegen.

¿Cuál es la función de la ciencia económica?, y ¿cuál es su objeto de estudio? Desde los comienzos de la ciencia económica, con los autores clásicos, Adam Smith, Ricardo o Malthus, las preguntas y respuestas se enfocaban a descubrir el origen de la riqueza basado en simplistas ideas de los factores productivos (tierra, trabajo/población y capital), la tasa de ganancia, desde una perspectiva macroeconómica. Estos autores publicarían sus obras en la triunfal era de la mecánica newtoniana y el método cartesiano (siglo XVIII y principios del XIX). Un pensamiento que nace precisamente de una puesta en escena de la ciencia sin precedentes y un ambiente industrial generalizado<sup>19</sup> (en gran parte de Europa), concibe, como era improbable que ocurriese de distinta manera, el proceso económico como un sistema cerrado, autónomo, autorregulado y determinista (Nieto de Alba, 1998; pp. 203-204). Algunos decenios más tarde, la concepción de la economía y el sistema social como una gran máquina de precisión alcanzó por fin el andamiaje formal que requería para que fuese tomado en consideración entre el cientificismo de finales del siglo XIX, por parte de autores como Jevons, Walras o Edgeworth. Conocida es la sugerencia de Jevons de implementar “una mecánica de la utilidad y el interés propio”, de la que se desprende un reduccionismo categórico. A partir de este momento y hasta hoy día, la ciencia económica ortodoxa basa la rigurosidad de las nuevas aportaciones teóricas en su formalización matemática. La gran contribución, no obstante, de la revolución marginalista fue la figura del *homo economicus* como el

---

<sup>19</sup> La época en la que el pensamiento económico clásico predomina es contemporáneo al trabajo de Sadi Carnot sobre la eficiencia de los procesos caloríficos.

componente elemental del proceso económico. El *homo economicus* es juez de sí mismo y es capaz de proceder con un racionalismo sin fisuras; experimentado sujeto en tareas de maximización de la utilidad (en caso del consumo) o de beneficio (en el caso de la producción), donde el resultado es un equilibrio basados en la básica ley de la palanca física; como pronunciase el propio Georgescu-Roegen: no es más que un ejercicio de maximización y restricción clásicos de la matemática simple. Estx individux consta de una **función de utilidad y una restricción presupuestaria** como patrones de comportamiento para el consumo y, combinaciones de factores de producción (trabajo, capital)<sup>20</sup>, los precios de esos factores en un mercado de competencia perfecta, y una restricción presupuestaria son los patrones para el proceso productivo de la economía. Esta práctica nace a finales del siglo XIX pero sigue teniendo una vigencia manifiesta en la enseñanza de la ciencia económica más de cien años después. El legado de la revolución marginalista es patente en las ideas neoclásicas hegemónicas del momento actual: El mismo lenguaje formal, el mismo sujeto racional y los mismos equilibrios (Carpintero, 2006; pp. 42-45). La teoría económica *mainstream* ha empleado tradicionalmente el lenguaje formal y el mecanicismo en la manera que más convenía, falseando del todo el aspecto real del proceso económico; cuando lo propio sería observar la realidad para generar a partir de ella modelos, tanto con lenguaje formal, institucional, tanto modelos simples, como más complejos; pero nunca a la inversa.

Desde la disciplina económica heterodoxa la mayoría de las críticas vertidas sobre la ortodoxia, la economía neoclásica, tienen una apariencia y un fondo similar a las críticas que hace el paradigma de la complejidad al reduccionismo y mecanicismo clásicos. La pluralidad de la heterodoxia económica (economía feminista, economía marxista, bioeconomía, economía circular, economía social y solidaria, ...) resulta en la pluralidad de sus críticas (y viceversa), por lo que, este trabajo no centrará su atención en las particularidades de las mismas; expondrá las críticas generales a la epistemología neoclásica, probablemente fuente de juicios más específicos. Las carencias de la ciencia económica ortodoxa, son producto de la aplicación del paradigma reduccionista, un amplio abanico de hipótesis, teorías y propuestas que carecen de valor real a la hora de una sostenible gestión del proceso económico. Podría decirse que la exigüidad de la perspectiva economicista deriva de la herencia y se mantiene por conveniencia.

Recogiendo de nuevo el lenguaje de los sistemas (para la bioeconomía, así como para la mayoría de las corrientes económicas heterodoxas el proceso económico es un sistema abierto), el reduccionismo con el que opera la ortodoxia neoclásica presupone la existencia del sujeto (el mencionado *homo economicus*) aislada de su entorno, es aséptico a los condicionamientos sociales

20 En los modelos marginalistas el factor productivo tierra es constante por lo que no se refleja como factor productivo.

y políticos (Nieto de Alba, 1998), el **elemento-sujeto**, unidad mínima funcional, forma parte del proceso económico sin relación alguna con otros elementos, salvo por adición en el caso del conjunto de las acciones individuales para producir variables macroeconómicas. Adicionalmente, el propio sujeto, que es fácilmente susceptible de ser tomado como un sistema complejo en sí mismo, fue reducido a la simplicidad más materialista; a saber, su bienestar de este solamente depende del consumo de bienes, además de ser capaz de proporcionar una racional elección entre la gran variedad de alternativas, mediante una función de preferencias temporalmente invariables<sup>21</sup>. Utilizar la variable abstracta “utilidad” como *sustancia común*, atributo del valor de las cosas, obvia por completo, además de otras propuestas a lo largo de la historia (el valor-trabajo marxista, por ejemplo), la propia realidad (Carpintero, 2006; pp. 71-77): Por ejemplo, las necesidades deben ser implementadas en el modelo como elemento irreductible totalmente desligado de las dinámicas preferenciales (Georgescu-Roegen, 1996).

Otro de los componentes clave de la epistemología reduccionista es su **linealidad causal y determinismo**. Si un proceso es determinista se espera que dadas unas condiciones el resultado sea siempre el mismo dadas las mismas condiciones en diferentes momentos; esto es, a nivel fenomenológico, una imposibilidad dentro de las dinámicas humanas. Pues es precisamente de esta manera como se presupone que actúa toda unidad del proceso económico en la teoría neoclásica (Carpintero, 2006; pp. 77-78). Aunque los recientes modelos microeconómicos más cercanos a la realidad del paradigma neoclásico asumen la necesidad de incluir el riesgo y la incertidumbre en el proceso de elección del (la) consumidor(a)/productor(a), lo hacen desde la misma perspectiva mecanicista y de la complejidad desorganizada, sin incorporar la historicidad de ese riesgo o incertidumbre. Y dando relevancia a esta última propiedad, **la capacidad de cambio y evolución brilla por su ausencia** en el conjunto de teorías económicas ortodoxas. El visible **estatismo** de los elementos que componen el proceso económico es una clara incoherencia con la experiencia humana, las causalidades reflexivas, la irreversibilidad de los fenómenos y aprendizajes individuales, y las emergencias son fenómenos que deben ser tomados en cuenta en el estudio económico (Carpintero, 2006; p. 79). Asimismo, se pueden encontrar entre los modelos macroeconómicos más sofisticados, modelos dinámicos (macroeconomía dinámica) intergeneracionales, que contienen de dinámico únicamente el nombre. Es la misma aplicación determinista, sobre generaciones (denomínese  $t_n$ ) superpuestas, ni asunción de irreversibilidad, ni

---

21 Propiedad que recalca la utilización del lenguaje formal como un fin y no como un medio, ya que la función de utilidad está diseñada de manera que esta pueda ser continua y derivable, sin ninguna relación con la realidad (Ibid.).

cambio cualitativo, ni noción de emergencia; el idéntico reduccionismo con pretensiones de dinamismo.

Se ha mencionado previamente que las dinámicas internas de un sistema, y en su inseparable relación con la estructura, dotan al (la) observadora de herramientas útiles para fijar los límites de una unidad compleja. De esta manera, ¿es posible concebir el proceso económico como un sistema unitario (que no cerrado)? La respuesta tendrá que ser necesariamente: Depende. Depende de cuáles sean las preguntas a las que se quiera dar una solución. Por ejemplo, es posible generar un modelo estadístico capaz de estimar el número de ventas en un mes concreto de un establecimiento, incluso de un gremio concreto en una región determinada; sin ser un sistema cerrado este podría contener información desorganizada susceptible de ser organizada mediante estadística. Ahora bien, si se asciende el nivel de complejidad, es metodológicamente inviable arrojar un diagnóstico sobre los niveles de pobreza de una región definida habiendo sido estudiado como un sistema cerrado y como resultado, únicamente, del proceso económico.

Resulta obvio que el proceso económico es un proceso de cambio y evolución debido a su apertura como sistema en constante reorganización, la tendencia sinusoidal creciente de la economía es una manifestación de ello. El escaso éxito de la ciencia económica para predecir dinámicas futuras radica principalmente en la omisión de la tendencia evolutiva inherente de las sociedades (Georgescu-Roegen, 1996). Sin embargo la ciencia económica continúa en su empeño mecanicista de modelizar movimientos pendulares, como el famoso esquema del “universo” económico en el que se representa el flujo de bienes y servicios desde el consumo a la producción y viceversa. En el que ningún proceso previo deja mella en el procedimiento presente ni futuro, y como si de una goma elástica se tratara las curvas de la oferta y de la demanda recuperan su estado en equilibrio (Carpintero, 2006; pp. 114-119).

El acervo de críticas contra la ortodoxia económica es muy heterogéneo y extenso pero todas derivan en esencia del reduccionismo aplicado: La negativa de incorporar en sus modelos una economía reproductiva sustento de la productiva que tradicionalmente ha sido un trabajo realizado por mujeres es una conclusión de aislar lo máximo posible el proceso productivo para que este sea susceptible de ser matematizado y así adquirir una rigurosidad engañosa (economía feminista); la negativa de introducir los conceptos de plusvalía y valor-trabajo (economía marxista); las derivas poco éticas y anti-vida producto del capitalismo no son cuestiones que preocupen a la teoría económica (economía social y solidaria); etc. Los aportes desde la heterodoxia son imprescindibles para ejercer una fuerza de descompresión dentro del *mainstream* teórico. Exiguos e insuficientes arreglos son introducidos en los modelos económicas más recientes, resultado de esas presiones.

Quizás lo más inteligente sea fortalecer una independencia para con la teoría ortodoxa y que esta decaiga en un abstraccionismo matemático aislado, como si de una economía mágica se tratase.

### **3.2. Bioeconomía: Una propuesta compleja del proceso económico**

*El universo deberá concluir su existencia en un infinito y bello espacio homogéneo de máxima entropía.*

Habiendo leído “La ley de la entropía y el proceso económico” de Nicholas Georgescu-Roegen, unx se da cuenta de que la palabra *complejidad* no aparece en ninguna página del libro. Y es comprensible ya que, publicado en el año 1971, la obra de Georgescu-Roegen vio la luz en una época en la que el paradigma de la complejidad (como pensamiento unitario y ampliamente extendido) era una idea en ciernes. La geometría fractal de Mandelbrot estaba aún caliente y las matemáticas de la complejidad a partir de ese momento no tardarían en empezar a ocupar las mentes de lxs academicxs; Edgar Morin publicaría el primer tomo de “El método” en esa misma década, lo que no quiere decir que el padre del pensamiento complejo no diera a conocer su trabajo antes. No obstante, en el trabajo del economista rumano, se mencionan los trabajos de von Bertalanffy, la cibernética e Ilya Prigogine, con lo que el pensamiento sistémico lo tuvo muy presente; y además es manifiestamente patente ese pensamiento en sus propuestas. La bioeconomía es una de las hijas del pensamiento sistémico y de la complejidad. Algo que nadie podrá poner en duda hoy en día, con la economía ecológica, sucesora de la bioeconomía; la cual incorpora el nombre “ecológica”, un paradigma holista y complejo (Véase 2.2.2. Complejidad general) que concibe la tierra como un gran sistema organizado (hipótesis Gaia).

La figura de Georgescu-Roegen es un canon poco frecuente. Matemático especializado en estadística, se vio atraído por la ciencia económica ortodoxa debido a la influencia que ejerció sobre él el gran economista austriaco Joseph Schumpeter (un personaje que marcaría metodológicamente a Georgescu-Roegen) y, gracias a sus habilidades en el campo de las matemáticas aplicadas volcó sus esfuerzos por mejorar las herramientas matemáticas disponibles. Entre sus primeros trabajos al respecto se encuentran revisiones al trabajo de Pareto (economista y sociólogo italiano consagrado defensor y formalizador del lenguaje matemático en la ciencia económica), mejoras a las propuestas marginalistas e importantes contribuciones al modelo teórico de la elección del consumidor con una nueva perspectiva de la función de utilidad. Antes de comenzar la Segunda Guerra Mundial Georgescu-Roegen decidió regresar a su Rumanía natal y permanecería allí hasta 1947 cuando la

situación se tornó insostenible<sup>22</sup>. Habiendo ocupado altos cargos en la gestión económica y de representación de su país (una nación mayormente agrícola con una minoría propietaria y golpeada por la recesión de la década de 1930), retornó a Estados Unidos totalmente experimentado tras su paso por su tierra natal, pero al mismo tiempo desencantado con la teoría económica y frustrado por conocer los propios límites de aplicación de una ciencia, que al fin y al cabo, debería gestionar adecuadamente el bienestar de la población. Sería en esta última etapa de su vida (1947-1976) cuando desarrollaría más agudas críticas a la teoría predominante (irreductibilidad de las necesidades humanas, la imperfecta elección del (la) consumidor(a), la introducción de la noción de historicidad, la llamada al institucionalismo, estudios sobre población, etc) y escribiría su famosa obra “La ley de la entropía y el proceso económico” junto con numerosos artículos de naturaleza similar (Carpintero, 2006).

La exposición de las proposiciones e ideas de la bioeconomía en este documento se ha orientado de acuerdo con una coherencia de emergencias. Desde un cambio epistemológico de base: **Un salto cualitativo**; transitando a través de la noción del proceso económico desde su concepción sistémica, como un sistema abierto disipativo: **La naturaleza del proceso económico**; y por último, la necesidad de forjar relaciones entre disciplinas y con nuestro planeta: **Eco-Diálogos**.

### 3.2.1. Un salto cualitativo

En los primeros ocho capítulos de la obra de Georgescu-Roegen “La ley de la entropía y el proceso económico” trata de exponer un nuevo marco epistemológico para la economía que el pretendía modificar, incorporando reflexiones científicas y filosóficas, tanto desde el ámbito de la lógica, matemática, física, biología, historia y por último economía<sup>23</sup>. Uno de los términos más frecuentes empleado por el economista rumano es el de *aritmomorfismo* que conserva una gran relevancia y relación con la concepción de la realidad desde el paradigma de la complejidad. La ciencia positivista siempre ha renegado de aquellas nociones de la realidad que no están discretamente diferenciadas, de esta manera, conceptos como bondad, amor, democracia, utilidad, son elementos que dentro de su gama de determinaciones finales se encuentra una **penumbra**

---

22 Después de la guerra Rumanía cayó en manos de la esfera soviética, lo que endureció la situación de caras conocidas de la disidencia, entre ellas la de Georgescu-Roegen. Amenazado de muerte varias veces, consiguió eludir ese destino hasta su huida gracias a las importantes contribuciones a la nación y por el hecho de ser un activo valioso y poco frecuente (Ibid.; pp. 49-67).

23 Si bien es cierto que la obra de Georgescu-Roegen fue pionera en su empeño trasdisciplinar desde la doctrina económica, Otrxs ya antes que él circularon por esa senda como P. Geddes, S. Podolinsky o F.Soddy (Ibid.)



**dialéctica**<sup>24</sup> en la que el término no es *lógicamente definible* (Carpintero, 2006; Georgescu-Roegen, 1996). En términos complejos se diría que estos principios (aritmomorfismo y dialéctica, tal como las emplea Georgescu-Roegen) son en realidad sistemas más o menos complejos, más o menos susceptibles de ser definidos como unidad compleja relativa y temporal.

Sin embargo, la contraposición entre discreción-continuidad, aritmomorfismo lógico-dialéctica, y la sobreabundancia de los segundos sobre los primeros en la realidad; es fuente de una imposibilidad que la doctrina económica lleva a cabo, a saber, la mayoría de los factores involucrados en el proceso económico tienen una naturaleza dialéctica indefinible desde la discreción y la formalidad lineal. Conceptos como el desarrollo económico (que no crecimiento económico) son evoluciones **cuantitativas** de naturaleza compleja incapaces de verse atrapadas en variables simples (Carpintero, 2006). Desde el positivismo lógico, un cambio cualitativo puede representarse, dice Bertrand Russell, como la relación entre una variable de tiempo y el verdadero valor de un conjunto de proposiciones “relativas a la misma entidad”. No obstante, esto plantea dos problemas: Primero, puede encontrarse entre las proposiciones relativas a la misma entidad una proposición no-numérica con lo que el proceso debería repetirse hasta poder encontrar una proposición numéricamente discreta y mensurable, si esto no ocurre no es posible definir el cambio cualitativo (Georgescu-Roegen, 1996); y segundo, bien sea la condición de continuidad una percepción, bien sea una propiedad elemental de la realidad, dicha continuidad pierde su esencia cuando se la atomiza, por lo que, si al final se consigue representar ese cambio cualitativo, quizás, ya no se esté representando fielmente. Georgescu recalca, a lo largo de su obra, la importancia de la *innovación por combinación* como el fundamento del cambio cualitativo en economía; el paradigma de la complejidad ya conoce, empero, este principio como el principio de emergencia (Carpintero, 2006; pp 112-113), en el que una nueva propiedad del sistema aparece definiéndolo a causa de que la superposición de complejidad a diferentes niveles genere emergencia, generando a su vez diferentes metodologías y resultados. En las ciencias sociales, el principio de emergencia parece no haber hecho mella puesto que siguen basándose principalmente en el paradigma de un individualismo metodológico. Sin embargo, las crisis que experimentamos hoy día son consecuencia de las propiedades agregadas (Bonaiuti, 2011). Por ejemplo, la llegada de Internet al panorama mundial, se trata de un cambio cualitativo, una “inestabilidad o superposición de complejidad” que crea nuevas formas de producción y venta, emergencia de esta inestabilidad, el

---

24 El concepto de penumbra dialéctica (por oposición al concepto de aritmomorfismo) lo utiliza Georgescu-Roegen (1996) en *La ley de la entropía y el proceso económico* (1971) para referirse a la superposición de ciertos conceptos incapaces de clasificar discretamente.

sistema debe reorganizarse y la ciencia económica deberá estudiar esos cambios y los patrones emergentes.

Como ya se ha mencionado en las críticas al paradigma neoclásico, este último asume la naturaleza mecánica del proceso económico como si de un movimiento pendular o la dinámica de un tiovivo se tratase. En palabras de Carpintero (2006; p.117):

“La proliferación y afianzamiento de este enfoque condujo a una concepción del proceso económico como un sistema aislado o un flujo circular donde todo lo producido es consumido y viceversa: un movimiento que no altera los fundamentos del entorno, ‘*perpetum mobile*’ autosuficiente y totalmente reversible en el espacio y el tiempo”.

Como consecuencia de la preferencia cuantitativa y el mecanicismo predominante la ciencia económica no toma en consideración alguna la naturaleza cualitativa de bienes y servicios que, por ejemplo, engloban diferentes indicadores económicos (valor numérico de una determinada disposición de estado(s), como por ejemplo el Producto Interior Bruto) o de los procesos de innovación y nuevas tecnologías, que solamente adquieren un valor en una variable. Georgescu apreció, como tantos otros en el pasado en sus respectivas disciplinas, que la ciencia termodinámica y la mecánica estadística (Véase 2.1. Una revolución khunista) eran capaces desde la perspectiva de la complejidad desorganizada de realizar un modelo de los procesos irreversibles y cualitativos<sup>25</sup> (Carpintero, 2006; pp. 119-121; Georgescu-Roegen, 1996). Es en este punto donde la economía debe establecer una relación con otras disciplinas que contienen como objeto de estudio el sistema que subsume a su vez, en su interior, el proceso económico, tales como la física y la biología.

### 3.2.2. La naturaleza del proceso económico

Dadas las explicaciones sobre la naturaleza de los sistemas complejos (se incluirá el atributo de disipativo más adelante): Relación con el entorno, evolutivo, autoorganizativo, etc; es fácilmente deducible que el proceso económico, en su conjunto, es un sistema complejo. Georgescu-Roegen concluyó que la economía tenía el imperativo de expandir sus límites y rebajar el reduccionismo a los análisis más específicos y de una esencia menos heterogénea. Es exactamente esta conclusión la que genera la idea más llamativa del bioeconomista y que tiene por título su obra: El proceso económico es un proceso entrópico. La primera ley de la termodinámica establece la conservación

---

25 El autor desconoce si Georgescu-Roegen tuvo contacto o llegó a conocer la dinámicas caóticas y la matemática compleja desarrollada en profundidad con la llegada de potentes procesadores informáticos. Hubiese sido interesante ver cómo desarrollaba su teoría bioeconómica desde la complejidad organizada.

de la energía (ni se crea, ni se destruye; se transforma) y la segunda ley de la termodinámica determina el sentido evolutivo del universo, esto es, el aumento de la entropía; y una mayor entropía entraña menor energía disponible para ser empleada (Véase nota al pie n.º 6); en palabras de Georgescu-Roegen (1996):

“La energía química contenida en un trozo de carbón es energía libre, puesto que el humano puede convertirla en calor; o, si así lo desea, en trabajo mecánico. (...) Cuando un trozo de carbón se quema la energía contenida ni disminuye ni aumenta; pero la energía libre inicial se ha disipado tanto en forma de calor, humo y cenizas, que el humano ya no puede utilizarla. Se ha degradado al estado de energía no disponible. Energía libre significa que muestra un nivel diferencial; la energía ligada (no libre/no disponible) es, por el contrario, una energía disipada caóticamente”;

en definitiva: Toda actividad productiva conlleva una irreversible degradación de cada vez mayores cantidades de energía (y en ciertas condiciones de materia); con dos patentes consecuencias: 1) Las limitaciones planetarias como sistema cerrado (no del todo cierto ya que la Tierra tiene un flujo de energía proveniente del Sol, se volverá a esta cuestión más adelante) establece un limitado crecimiento de producción y consumo basados en recursos no-renovables y; 2) es manifiesta la necesidad de atribuir al proceso económico la característica de la apertura (Bonaiuti, 2011).

Entonces, si el proceso económico es un sistema abierto con respecto a su entorno, la Tierra, debe haber necesariamente un flujo de materia y energía desde la Tierra hacia el proceso económico y viceversa. De esta manera el proceso entrópico económico introduce *inputs* (materia, energía: recursos terrestres) de baja entropía (energía disponible) y produce *outputs* (productos y residuos) de alta entropía (energía disipada). Georgescu-Roegen, además de proponer un cambio epistemológico, en “La ley de la entropía y el proceso económico” ofrecía un modelo analítico (modelo flujo-fondo) del proceso económico contando con las limitaciones terrestres y el factor tiempo (utilizando *funcionales*<sup>26</sup> en lugar de *funciones punto* como en los modelos neoclásicos). He, una vez más, la necesidad de un cambio metodológico para modelizar un proceso económico que consta de un principal cambio cualitativo, ya que y en consecuencia de la primera ley de la termodinámica los *inputs* y los *outputs* tienen que ser por ley de conservación, idénticos cuantitativamente hablando; una vez más complejidad desorganizada, mecánica estadística. Y dado que el proceso entrópico es irreversible e irrevocable, los *outputs* de alta entropía jamás podrán ser empleados indefinidamente en un nuevo proceso productivo (de manera que el reciclaje tiene una

---

26 Un funcional se define como una función que toma funciones como argumento. Una función de funciones en resumidas cuentas. De esta manera Georgescu trazo para cada elemento del proceso económico una función con respecto al tiempo, y el conjunto de estas funciones se integraban en un funcional (Georgescu-Roegen, 1996)

secuencia de uso limitada). Esto quiere decir que el proceso económico se traduce en escasez de recursos de baja entropía con lo que es posible establecer una relación baja entropía-valor (Carpintero, 2006; pp. 125-132).

En tal caso, ¿en qué radica la diferencia entre el proceso entrópico natural y el proceso entrópico del proceso económico? La naturaleza (o en su defecto el universo en su conjunto) realiza el proceso entrópico de manera automática; en cambio en las sociedades es la emergencia de una organización de la complejidad aún más sofisticada. Los organismos vivos, incluidos los seres humanos, transcurren por la flecha del tiempo de la complejidad evolutiva de una manera endosomática, es decir, mediante pequeñas variaciones mutacionales orgánicas que, de acuerdo con la propuesta neodarwinista, buscan tener mayor presencia en el acervo génico y con limitaciones en el sistema terrestre en su conjunto (Hipótesis Gaia); no obstante, las sociedades formadas por seres humanos a un nivel consciente, han evolucionado mediante un proceso exosomático, órganos funcionales fuera de su cuerpo (herramientas, tecnología, conocimiento, técnica, etc); una vía más rápida (tanto de evolución como de agotamiento) y más inestable de generar complejidad, y la emergencia de un proceso económico entrópico exosomático (Georgescu-Roegen, 1996). A pesar de lo dicho, dice el científico rumano, el propósito final del proceso económico no es producir desechos de alta entropía, sino el flujo de un intangible: **el placer de vivir** (lo que incluso introdujo en su modelo flujo fondo como una especie de fuerza negativa que se ejerce desde el trabajo). Una respuesta impulsada por el firme convencimiento de esa verdad, o una respuesta impulsada por no mostrarse tan negativo ante un público entregado a un sistema que confía en el progreso. Se debe decir, no obstante, que el propósito real del proceso económico es la acumulación de poder y el enriquecimiento de unos pocos; si el propósito del proceso económico fuese el disfrute de la vida, la fabricación de armamento, aditivos que generan dependencia, la obsolescencia programada, los daños ambientales, no formarían parte del mismo<sup>27</sup> (Carpintero, 2006).

Las ideas de Georgescu supusieron un antes y un después en la ciencia económica para numerosos autorxs. La propuesta no-lineal, la incorporación de la Tierra al modelo, la metodología cualitativa-dialéctica, la diferenciación fondo/*stock*, etc; fueron la base de un modelo revolucionario en la doctrina económica, y aunque con rasgos característicos de la complejidad, la propuesta analítica del economista rumano carecía del enfoque holista necesario. Ese salto lo realizaría en parte el economista francés René Passet que sugirió el diálogo entre economía, ecología y biología (Barbosa et al., 2017).

---

27 Estas palabras sobre la equivocada, a su juicio, respuesta del economista rumano son una sugerencia de José Manuel Naredo, brillante economista ecológico, a Óscar Carpintero (Ibid.). Y que el autor de este documento suscribe.

Tomando al proceso económico como un ente biológico: Todo sistema abierto que se mantiene, o con pretensiones de mantenerse, en un estado estacionario mas, alejado del equilibrio entrópico, es un sistema disipativo (Véase 2.1. Una revolución khunista o 2.3. La complejidad en síntesis). Los equilibrios a los que alude la teoría neoclásica no es el equilibrio sistémico, sino una herramienta matemática para la teorización de una configuración “automática” de un precio por la demanda y la oferta agregadas, que a su vez son el resultado de otros equilibrios por parte de las dinámicas del (la) consumidor(a) y del (la) productor(a). El proceso económico es un proceso alejado del equilibrio entrópico, de esta manera, introduce *información* (materia, energía, tecnología, ...) al proceso y este, o bien conserva su estructura, o bien adquiere mayores niveles de complejidad (convertir el trabajo en un bien subsumido en la oferta y la demanda, la emergencia de un capitalismo monopolístico, transnacionalización, ...), o bien se destruye. Desde la revolución industrial hasta nuestros días, el proceso económico capitalista occidental se ha definido como un sistema de relaciones *feedback* positivas<sup>28</sup>, es decir de aut crecimiento y tendencia exponencial, que se caracteriza por una dinámica expansiva y esta, a su vez, estimula la competencia entre sistemas (Al contrario de las dinámicas no expansivas que se caracterizan por una mayor cooperación frente a la competición). No obstante, el crecimiento ilimitado es insostenible, por lo que los procesos de crecimiento exponencial (relación retroactiva positiva) tienen que enfrentarse a inestabilidades externas e internas que intentan paliar ese crecimiento desde el *supersistema* que los subsume; o bien el sistema, llegado a un punto comienza a retrotraerse, en una relación de *feedback* negativa hasta alcanzar la homeostasis y el estado estacionario dentro del *supersistema* o, se da un proceso llamado *overshooting* que al fin y al cabo sería la paulatina destrucción y absorción de los sistemas que cohabitan con él para poder mantener ese crecimiento, hasta generar una ruptura entre sistema y *supersistema* lo que acabaría con la relación con el entorno y el final del sistema en sí mismo. (Bonaiuti, 2011).

De este modo, el agotamiento de los recursos naturales conllevará irremediamente un proceso de relaciones *feedback* negativas con el que el crecimiento irá amortiguándose hasta acabar con el proceso de acumulación. Acabando en un sistémico monopolio o una innovación continua de nuevos mercados y nuevos bienes. Nuestra mayor esperanza es la máxima demora de lo que parece ser un final seguro en este sistema Extractivo, acumulativo, expansivo, derrochador y contaminante.

---

28 Existen entre los sistemas biológicos 3 tipos de relaciones retroactivas o de *feedback*: 1) Positivas (autocrecimiento y tendencia exponencial), como la que presenta una plaga a raíz de la introducción de una especie no autóctona; 2) Negativas (Debilitamiento y autocorrectora), al igual que una especie vegetal caducifolia en otoño y; 3) Homeostática (Estado estacionario), propiedad que consiste en la capacidad del organismo para mantener su condición externa estable compensando los cambios externos, como el de un ecosistema sano (Ibid.).

### 3.2.3. Eco-diálogos

En su condición de sistema abierto, el proceso económico, y por extensión, la doctrina económica, está íntimamente relacionada con su entorno, tanto natural como el espacio de las ideas y las disciplinas científicas. Debe mantener una estrecha relación con aquellos campos que puedan generar conocimiento sobre los medios y los elementos que componen el proceso económico, que son, prácticamente, y por extensión de la complejidad, todo el abanico fenomenológico. La práctica inter- y trasdisciplinar es una necesidad para estimular los principios generativos de conocimiento (Véase 2.2.2 Complejidad general) con el fin de poder construir sistemas económicos, políticos, sociales, equilibrados con el entorno y con ellos mismos. La perspectiva desde las ciencias naturales como la física o la biología pueden permitir a la ciencia económica tener herramientas hacia la comprensión de los patrones organizativos del cosmos y de la vida que precedieron al ser humano como sistema de información; y las ciencias sociales, a través de relaciones creadoras de conocimiento deben a su vez, construir nuevos patrones, sin destruir los que otorgaron al ser humano la capacidad de existir. Quizás lo más inteligente sea construir poco a poco un paradigma complejo de lo social y a partir de ella una única cosmovisión concerniente a lo social aunando las actuales ciencias sociales y otros lenguajes estéticos originadores de ideas.

El *zeitgeist* de la época actual, el postmodernismo, no aparece para romper con el modernismo, sino más bien para ser una revolución interna del mismo. La tecnología y capitalismo actuales están focalizados en maneras de reforzar el relato individual, aparentemente como una consecución del gran relato moderno de la individualización, el fenómeno *self-made* y demás propaganda; pero esta nueva variante contiene un rasgo más nihilista porque las superestructuras narrativas del modernismo han desaparecido. Si bien los grandes relatos modernistas (estado, capitalismo, religión, familia, comunismo, ... ) eran una herramienta para la gestión y el monopolio del poder, eran, en última instancia, elementos cohesivos. El postmodernismo carece de grandes elementos cohesivos, diluye las relaciones sociales, genera una liquidez (concepto de Bauman) y esta a su vez fragmenta el imaginario colectivo, y lo torna polimórfico, sin una intersubjetividad consistente común (una de las diferencias más notorias entre los sistemas sociales y los sistemas biológicos es la capacidad de representar el universo que los contiene. Semiótica) la acción común también desaparece, lo que explicaría por qué las sociedades en su conjunto no han sido capaces de reaccionar ante las multi-crisis actuales, causa y efecto de la pérdida de resiliencia como sociedad y de bienestar (Bonaiuti, 2011). Algunx autorxs, empero, hablan de la **transmodernidad** (Cubillo, A.P. y Hidalgo, A.L., 2015), como una construcción alternativa al postmodernismo con elementos

cohesivos basados en el biocentrismo, la circularidad y el consenso; una propuesta plural, y comunicativa. Una idea muy similar al pensamiento complejo.

Mantener un constante diálogo con nuestro planeta es tan necesario como vital. Todo el peso de la historia ha conducido al ser humano irremediamente hasta aquí, la creciente complejidad sistémica de las sociedades y pequeñas variaciones de las condiciones iniciales han concluido en el sistema actual, que no se ve a sí mismo como un sistema biológico ni humano, sino como una fuerza crítica que ignora el criterio de homeostasis planetaria y devora los sistemas que lo sostienen. Por esta razón la bioeconomía forma parte de pluriversos ideológicos como el decrecimiento (y muchos otros discursos del post-desarrollo) en su defensa de una necesaria reducción de los niveles de consumo y producción en el norte global, así como una justicia ambiental, democracia directa y un fuerte componente biocentrista. El activismo en pos de un relato conjunto, de una acción común por valorar la belleza en la que nos hallamos.

#### **4. COROLARIO**

*En verbo nací y en verbo pereceré pues ese es precisamente el elemento de mi ser; la razón de mi existencia.*

Desde las primeras anomalías en el paradigma reduccionista-mecanicista con la llegada de la entropía, interponiendo unidireccionalidad e irreversibilidad en la realidad; la relatividad general, dotando al espacio-tiempo de un tejido estructural flexible; la indeterminación de la mecánica cuántica; los sistemas abiertos de Bertalanffy; el desarrollo de conceptos como “relaciones retroactivas” en la cibernética; la búsqueda de patrones y emergencias entre el organicismo; sistemas disipativos; bioeconomía; la belleza de la geometría fractal, una nueva estética; teoría del caos; hipótesis Gaia; ... los límites metodológicos del análisis comenzaron a ser patentes. El paradigma de la complejidad amplía el territorio del análisis y lo subsume en la búsqueda de las relaciones estructurales de la realidad, la búsqueda de la estructura subyacente de toda experiencia. Desaparece el elemento discreto y aislado, es una abstracción; en su lugar: sistemas complejos, entes definidos por su organización interna. La complejidad se establece como un paradigma que implementa la globalidad en lugar de la localidad; la inestabilidad y las dinámicas alejadas del equilibrio en lugar de la estabilidad y el estatismo; evolución, cambio cualitativo e irreversibilidad donde antes había una invariancia y reversibilidad asépticas. El paradigma de la complejidad parte de cualidades humanas como la creatividad para entablar un diálogo con el universo reconociendo en él un patrón que hasta hace poco era únicamente nuestro.

La aplicación de la complejidad en diferentes disciplinas ha sido capaz de dar respuestas donde antes solo había silencio. La bioeconomía, fundamentada en su primera aparición formal por el economista rumano Georgescu-Roegen, aunque en sus orígenes no tuviese un ADN de la complejidad, tuvo la influencia de organicistas y cibernéticos, así como referentes en el campo de la física como Erwin Schrödinger que se adentró más allá de los lindes de su disciplina publicando la obra titulada “¿Qué es la vida?”, una obra que sin duda influenció a Georgescu en su aventura trasdisciplinar. El proceso económico tiene que ser revisado y enjuiciado por un paradigma que entiende que la interrelación entre sistemas es generadora de conocimiento y de emergencias, en un bucle de creciente complejidad; y que el sistema más importante de todos, si es que de alguna manera se puede establecer una jerarquía de importancia, es nuestro planeta. El ser humano en su conjunto, con su desarrollo exosomático, está teniendo el mismo comportamiento biológico que una plaga además de un impacto geológico (antropoceno) y la entropía juega en nuestra contra. El agotamiento de recursos fósiles y la superación de los límites planetarios hará que los precios de recursos se disparen en un mundo cada vez más biocida, generando una situación extrema y con los actuales niveles de monopolio del poder no sería de extrañar que fuesen tiempos de tiranía global.

¿Cuál debería ser entonces el criterio de los sistemas humanos?

No parece una tarea sencilla saber cuál es el criterio del universo, una línea evolutiva apunta a la formación de cada vez mayores grados de complejidad mientras que la línea antagónica es la que apunta hacia un estado de máxima entropía; heterogeneidad frente a homogeneización. Mientras tanto, la vida, emergencia de la materia inerte (abiogénesis), es la viva imagen de una oposición a la degradación entrópica. Totalmente alejada de un devenir y equilibrio termodinámicos se mantiene en un estado homeostático manteniendo una relación con el entorno con el que realiza intercambios de materia y energía. Elabora criterios más complejos que la materia inerte, emergencias de su propia existencia: longevidad, fidelidad en la copia, cuota de presencia en el acervo de organismos; y dinámicas hasta ese momento nunca vistas: metabolismo, competencia compleja, cooperación compleja, muerte. Pareciera que llegado un grado de complejidad determinado el sistema se volviese reflexivo, sea capaz de verse a él mismo, desde el anterior estadio (la materia inerte), como un nuevo generador de criterios, aunque siempre sometido al estadio que lo precedió. En un nuevo estadio de complejidad, la conciencia emerge de la vida como un elemento generador de criterios, raciocinio y sentimientos; y nuevos elementos como la imaginación, la percepción cognoscitiva de sí mismo, el ego, etc. Ergo, ¿cuáles son estos nuevos criterios humanos, si damos por hecho que son una emergencia con cada salto de reflexividad? Quizás no existan estos criterios, puesto que de la complejidad de la autocognoscencia se desprende



la idea de la libertad inherente a cada individuo y por ende la propia creación sobre su persona; o bien podrían ser los que propuso Richard Dawkins en su obra “El gen egoísta” en el que comparaba el acervo génico (de la unidad de información de un organismo) con el acervo que él mismo llamó *mémico*, de *meme* que serían las unidades mínimas de información de la idea y que formarían sus propias dinámicas. Una idea original pero demasiado reduccionista. Lo que sí está claro es que si el nuevo estadio de la complejidad no puede bajo ningún concepto ignorar los anteriores (el ser humano muere, al ser consciente le afecta la gravedad) y bajo este pretexto es una obviedad que bajo el continuo saqueo de recursos, en el futuro no tendremos ni para cubrir nuestras necesidades fisiológicas siquiera. Con lo que sea cual sea el criterio la tierra debe seguir siendo el sistema que es; de seguir de este modo, su esencia y existencia como sistema morirán.

No rompamos lo que une a cada unx de nosotrxs con cada unx de nosotrxs, no rompamos la comunidad y tampoco destruyamos la relación que guardamos con nuestro hogar y a la vez hermana. La Tierra necesita de un pensamiento colectivo que cohesione a la comunidad humana y se vea a sí misma partícipe de algo más hermoso y complejo que ella misma. Un pensamiento que sea capaz de **resignificar**: reflexionar acerca de lo que significa vivir, de lo que significa bienestar, la felicidad humana y la sensación de completitud. Un pensamiento que sea capaz de **reorganizar**: la concepción de nosotrxs mismxs entre nosotrxs mismxs, con relación a la Tierra, de idea a idea, una epistemología que no persiga el hecho concreto, que no encuentre límites allí donde el relato es una inagotable continuidad. Creo que el pensamiento complejo podría ser un aspirante a ese tipo de pensamiento; la verdad, en este momento crítico de la historia universal, este tipo de cuestiones son cruciales, pero no les damos la importancia que merece porque reducimos la realidad unicamente a lo que queremos ver.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

- Barbosa, P. E, Gómez, R. D., y Leuro, G. J. (2017): “Ecología y Bioeconomía. El dialogo de saberes”. *Clio América*, 11(21), 108 - 119. Santa Marta, Colombia.
- Bonaiuti, M. (2011): *From Bioeconomics to Degrowth: Georgescu-Roegen's “new economics” in eight essays*. New York, EE.UU. Routledge studies in ecological economics. Routledge.
- Briceño, T. (2009): *El paradigma científico y su fundamento en la obra de Thomas Khun*. Caracas, Venezuela. Centro de Investigaciones Históricas, Instituto Pedagógico de Caracas.
- Byrne, D. y Callaghan, G. (2013): *Complexity theory and the social sciences. The state of the art*. Nueva York, EE.UU. Routledge.
- Capra, F. (1996): *La trama de la vida: Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona, España. Anagrama. (Título de la edición original: *The web of life*. Anchor Books. NewYork, 1996).
- Carpintero, O. (2006): *La bioeconomía de Georgescu-Roegen*. España. Ediciones de Intervención Cultural.
- Cubillo, A.P. y Hidalgo, A.L. (2015): “El trans-desarrollo como manifestación de la trans-modernidad: más allá de la subsistencia, el desarrollo y el post-desarrollo”. *Revista de Economía Mundial* (41) pp. 127-158, mayo de 2015.
- Garcia, R. (2006): *Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación epistemológica*. Barcelona, España. Gedisa Editorial.
- Georgescu- Roegen, N. (1996): *La ley de la entropía y el proceso económico*. Fundación Argentaria. (Título de la edición original: *The entropy law and the economic process*. Harvard University Press, 1971).
- Georgescu-Roegen, N.; Carpintero, O (Ed.)(2007): *Ensayos bioeconómicos*. Clásicos del pensamiento crítico, 15. Los Libros de la Catarata.
- Gorban, A.N. y Yablonski, G.S. (2013): “Gransping Complexity”. *Computers and mathematics with applications* 65 (10): 1421-1426.
- Khun, T. S. (1971): *La estructura de las revoluciones científicas*. México D.F, México. Fondo de Cultura Económica. (Título de la edición original: *The structure of scientific revolutions*. Chicago University. Chicago, Illinois, 1962).

- Luengo, E.M. (2018): *Las vertientes de la complejidad: Pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas*. México. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, ITESO. Universidad Jesuita de Guadalajara.
- Morin, E. (2004): “Epistemología de la complejidad”. *Gazeta de Antropología n°20, febrero 2004*. *Gazeta de Antropología*
- Morin, E. (2007). “Complejidad restringida, complejidad general”. *Sostenible? Mayo 2007, núm. 9, pp. 23-49*.
- Nieto de Alba, U. (1998): *La historia del tiempo en economía: Predicción, caos y complejidad*. Madrid, España. McGraw-Hill Interamericana de España S.A.U.