

Hacia un nuevo concepto de sostenibilidad

Ramón Jerez Mesa
Antoni Oliva Quesada

PID_00169442



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu

Índice

Introducción	5
1. Los problemas de las visiones parciales	7
2. La llegada de la complejidad	12
2.1. Segunda ley de la termodinámica y entropía	12
2.2. Principio de incertidumbre de Heisenberg	16
2.3. Teoría del caos	17
2.4. Teoría general de sistemas	20
2.5. Teoría de la complejidad	25
2.6. Ciencia normal y ciencia posnormal	27
2.7. Resumen de teorías	30
3. Una nueva visión de la sostenibilidad	32
3.1. Las implicaciones de una visión sistémica del mundo	33
3.2. El papel del conocimiento bajo la nueva perspectiva	34
4. Las corrientes actuales	39
4.1. Concretando ideas	39
4.1.1. Integración	39
4.1.2. Localización	40
4.1.3. Resiliencia	40
4.1.4. Comunidad	41
4.2. Movimientos localizadores	41
4.2.1. Permacultura	42
4.2.2. <i>Transition Towns</i> ('ciudades en transición')	44
4.2.3. <i>Slow food</i>	46
4.3. Movimientos de economía alternativa	47
4.3.1. De la economía ambiental a la economía ecológica	48
4.3.2. Economía crítica y postautismo económico	52
4.3.3. Decrecimiento	53
4.4. Movimientos integradores	55
4.4.1. La holoarquía de la sostenibilidad	55
4.4.2. Ecología profunda y ecología espiritual	61
5. La necesidad aprieta	64
Resumen	67
Glosario	69

Bibliografía.....	71
--------------------------	-----------

Introducción

En los módulos anteriores, se ha hecho un repaso de la evolución histórica de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. Se ha puesto énfasis en su articulación en un ámbito internacional, y se ha destacado el surgimiento de las nuevas corrientes que reivindican la participación social en la construcción de un nuevo paradigma.

Este tercer y último módulo profundiza en los conceptos subyacentes, los cuales proporcionan un apoyo teórico a todo lo que la sostenibilidad promueve, como resultado de un largo ejercicio de evolución del conocimiento científico.

Se reflexionará sobre los orígenes de los comportamientos actuales, fruto de un marco de conocimiento muy determinado que nace con la revolución científica del siglo XVII. Al igual que en aquel siglo, la evolución de la ciencia y el pensamiento proporciona hoy herramientas para el establecimiento de nuevos paradigmas y aporta conceptos revolucionarios en el entendimiento del mundo, que facilitan su visión como algo interrelacionado y, por lo tanto, sometido a análisis más holísticos.

Por último, podremos ver cómo estos conocimientos se concretan (con los círculos virtuosos de las relaciones ser-estar-conocer y producir-distribuir-consumir) y componen nuevas corrientes de pensamiento y de acción hacia la sostenibilidad.

1. Los problemas de las visiones parciales

Cuando en el siglo XVI René Descartes publicaba su obra filosófica, especialmente el *Discurso del método*, estaba inaugurando, seguramente sin saberlo, una época dorada en la evolución del pensamiento científico. De esta manera, el gran filósofo francés no sólo dio luz al oscurantismo ideológico reinante en la época, sino que además estableció las bases para que el aprendizaje y la investigación científica y tecnológica avanzaran a ritmos vertiginosos y en direcciones cada vez más diversificadas, gracias a la especialización.

Una de las piedras de toque de los avances que propone Descartes es el método analítico. En efecto, Descartes nos autoriza, a partir del método analítico, a romper problemas complejos en piezas pequeñas y más simples, para de esta manera poder resolverlos. De este modo, lo inabarcable se podía convertir en suma de abarcables, y discurrir sobre problemas complejos y grandes no equivalía ya a darse golpes contra un muro infranqueable.

Así pues, troceando, se consiguió profundizar más en cada una de las disciplinas científicas y se inició un proceso de especialización que todavía no se ha detenido. El proceso de especialización de la ciencia se puede ver como una consecuencia del **método cartesiano**.

Los avances científicos derivados del nuevo giro en la epistemología científica no fueron rápidos, tardaron casi un siglo. Sin embargo, una vez desplegado el potencial de la nueva visión, la carrera de avances, descubrimientos y nuevas aplicaciones fue imparable, lo que da una idea de hasta qué punto un cambio de paradigma es transformador.

Y sin embargo, la misma idea transformadora contenía la génesis de sus propias limitaciones, que con el paso de los siglos se han mostrado en toda su extensión. Es decir, el despiece de lo que hay que tratar nos daba la clave para conocer mejor lo pequeño, y de aquí los avances reales en ciencia y tecnología. No obstante, en el anverso de la moneda encontramos que del despiece del objeto de estudio se deriva una progresiva limitación del alcance de cada una de las especialidades científicas.

A medida que el aparato científico (con el complemento tecnológico) va explorando la realidad conocida, el conocimiento se especializa y se crean las principales ramas del saber. Sin embargo, llega un momento en el que el campo de conocimiento abarcado por cada una de las subdisciplinas es tan pequeño que es más relevante lo que se queda fuera que el propio objeto de estudio. Edgar Morin define perfectamente este fenómeno cuando escribe lo siguiente:

Referencia bibliográfica

René Descartes (1996). *Discurs del mètode per a ben conduir la raó i encercar la veritat a les ciències* (traducción de Pere Lluís Font). Barcelona: Edicions 62 (Textos filosòfics, 74).

"La **hiperespecialización** impide ver tanto la globalidad (porque la fragmenta en parcelas) como lo esencial (porque lo disuelve)."

Edgar Morin (2007). "Complejidad restringida, complejidad general". *Sostenible* (núm. 7, págs. 23-49). Barcelona.

Vemos, pues, que lo que conviene retener ahora de la especialización no viene dado tanto por lo que queda dentro de cada una de las disciplinas y subdisciplinas que van apareciendo, sino por lo que va quedando fuera cada vez.

Otra de las aportaciones del Renacimiento que afecta profundamente al modelo de conocimiento es la de Galileo Galilei. Este astrónomo, matemático y filósofo italiano, considerado el padre de la astronomía moderna, rompe con las ideas aristotélicas, que hasta entonces constituían la base del conocimiento del espacio.

Pues bien, la idea galileana de Universo como **infinito mecanismo de precisión** indisociable de la tajante separación entre lo gobernado y las leyes que gobiernan (y por consiguiente, en perfecta coherencia con la existencia de un creador, a pesar de que la Iglesia no lo entendiera así y condenara al matemático por herejía) da pie a la búsqueda de las leyes que, previsiblemente, debían conducir nuestro mundo.

Con estos elementos, la ciencia centra su foco de actuación en la eliminación de la incertidumbre. La supuesta existencia de este mecanismo también da por hecho la existencia de una realidad observable desde fuera, la idea de ciencia objetiva y neutral.

Newton interpreta perfectamente el nuevo espíritu y da un paso de gigante en el intento de "reducir los fenómenos de la naturaleza a leyes matemáticas". Las matemáticas de Newton y Leibniz han sido desde entonces las herramientas que han permitido desentrañar muchos de los procesos del Universo. Paralelamente este se ha convertido, a nuestros ojos, en un **mundo mecánico** caracterizado por la repetición y la capacidad de predicción, y esta visión se ha extendido más allá de los ámbitos meramente científicos.

Muchas de las ideas que hemos indicado se aprenden en la escuela y en los ciclos educativos superiores, y los principios de la ciencia clásica se prolongan, de este modo, no ya como conjunto de conocimientos adquiridos, sino más allá: como la única manera de ver el mundo, si lo que se persigue es una realidad supuestamente objetiva y existente.

Aun así, y de manera paralela, aparecen otras corrientes de conocimiento, provenientes de campos como la termodinámica y la física cuántica, que **desmontan progresivamente la idea de la ciencia clásica como único vehículo de adquisición de la realidad** e incluso la propia existencia de esta realidad objetiva. Su importancia es que ofrecen una visión alternativa más amplia y, por lo tanto, más adecuada a las necesidades del desarrollo sostenible.

La ciencia lineal es, precisamente, aquella que considera la realidad como una línea con origen y final perfectamente delimitados, y de dirección predecible según la trayectoria seguida hasta el momento. Esta concepción se refleja en nuestra manera de aprender las formas y los procesos del medio desde los primeros pasos que damos en la escuela, y de este modo se constituye prácticamente como una de las patas de los lenguajes de valoración de nuestra cultura. Esta afirmación tiene más consecuencias de lo que parece, ya que no implica sólo una manera de desarrollar el conocimiento, sino que además está presente en todas y cada una de las acciones cotidianas que podemos hacer. No nos dotan de herramientas suficientes como para percibir el mundo con un laboratorio de procesos donde nada puede ser predecible.

Los sistemas lineales son más propios de condiciones de laboratorio. La linealidad nos ha permitido registrar una dimensión de la realidad y descubrir sus límites. De esta manera, tenemos que el coche nos transporta a la velocidad deseada, que conocemos el coste de fabricar un kilo de pan o que recibimos en pocos segundos un correo electrónico enviado desde Australia.

Sin embargo, hay que situar la linealidad en el contexto de no linealidad generalizado. La realidad descrita por la ciencia clásica nos es útil, pero no es la única. Los peligros de la embriaguez de la linealidad llegan cuando se la considera la única realidad posible y se apoya esta decisión en su utilidad. El establecimiento de una relación biunívoca entre utilidad y realidad es propio de la civilización occidental actual. Los sistemas no lineales, como mínimo, ponen fin a esta relación y la sustituyen por otra que, sin olvidar la utilidad, no cierra la realidad.

En cierta manera, podemos ver la linealidad como las manos que nos permiten sujetar ciertos aspectos muy concretos y maximizar una sola variable (velocidad, ganancias, ahorro, eficiencia). Sin embargo, por debajo de la linealidad existe un continuo linealmente inalcanzable y en mutación constante.

Esta lógica proviene de la evolución histórica de la ciencia clásica, la cual se basa en ciertos planteamientos que dificultan la necesaria visión integradora en la que se debe encuadrar la acción humana. En efecto, tras las apariencias que se perciben de la naturaleza y del entorno que la rodea no hay una serie de reglas unívocas que las explican. La complejidad que las relaciones entre los objetos del mundo tienen en el transcurso de la vida del planeta es la causa de que nada sea predecible o explicable mediante planteamientos reduccionistas.

Para Edgar Morin, uno de los mayores teóricos de la complejidad y de las consecuencias de su tratamiento, hay tres principios fundamentales en virtud de los cuales se puede explicar este rechazo de la complejidad por parte de los modelos de conocimiento actual. Son los siguientes:

- **Principio del determinismo universal:** parte de la base de que el conocimiento de los acontecimientos pasados permite la predicción del futuro,

Referencia bibliográfica

Edgar Morin (2007). "Complejidad restringida, complejidad general". *Sostenible* (núm. 7, págs. 23-49). Barcelona.

mediante un apoyo teórico y matemático adecuado. Frecuentemente se conoce como "determinismo científico", es decir, la convicción de que todo es predecible después de un tiempo de observación y con las correctas herramientas tecnológicas. Esta idea es en realidad falsa, ya que nada se repite de igual manera siempre. Uno de los ejemplos más generalizados es el de la predicción del tiempo. Como veremos más adelante, la teoría del caos es uno de los principales apoyos científicos que rechazan esta idea.

- **Principio de reducción:** se trata de la convicción de que estudiar un cierto fenómeno es lo mismo que estudiar sus partes por separado. Las implicaciones de este principio son reduccionistas porque no son capaces de detectar las emergencias existentes, por el hecho de considerar los objetos en sí mismos y no sus relaciones.
- **Principio de disyunción:** consiste en la separación del conocimiento en diferentes disciplinas aisladas y con pocos mecanismos de comunicación mutua. La especialización de la que ya hemos hablado se ha basado sobre todo en este principio. Las implicaciones de esta afirmación son perniciosas para la sostenibilidad. Para ejemplificarlo en un ámbito práctico, un economista, por mejor formado que esté, no podrá integrar en su lógica la preservación medioambiental: paradójicamente, sólo entiende sobre predicciones económicas, balances o ley de la oferta y la demanda. La única vía que se le abre para integrar disciplinas consiste en traducirlas todas al lenguaje de una de las mismas. Sólo bajo esta hipótesis pueden tener sentido trabajos como la valoración económica de todos los ecosistemas terrestres.

Valoración económica

Robert Costanza, uno de los economistas ambientales con más prestigio, dirigió un estudio que tenía por objeto valorar económicamente los servicios que presentan los diferentes ecosistemas terrestres. Las conclusiones del estudio fueron incluidas en un famoso artículo en la revista *Nature*, en 1997.

R. Costanza y otros (1997). "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature* (vol. 387, 15 de mayo).

Reduccionismo económico: la economía ambiental

Las consecuencias del reduccionismo quedan bien patentes en la disciplina económica, entendida como la ciencia de la asignación de recursos escasos. La economía, en su proceso de especialización, ha conseguido generar un lenguaje propio a partir del cual ha intentado exportar su lógica a otras disciplinas.

De esta manera, **la economía ambiental** produce una serie de artefactos más o menos sofisticados que intentan explicar el desarrollo sostenible desde planteamientos únicamente económicos. El punto de partida que lleva a la economía ambiental a producir todo este conocimiento es el tratamiento del desarrollo como un problema de asignación de bienes escasos; es decir, un problema de naturaleza estrictamente económica o que, después de sucesivas transformaciones, se podrá reducir.

Con estas premisas, los principios para una economía sostenible resultan sencillos de pronunciar: en primer lugar, una escala sostenible de la economía con relación a los sistemas ecológicos de apoyo de la vida. En segundo lugar, una justa distribución de recursos y oportunidades entre generaciones presentes y futuras, así como entre los agentes de la generación actual. Y por último, una asignación de recursos eficiente, que establezca de manera adecuada el capital natural.

Los mecanismos para ponerlos en práctica son los propios de la disciplina económica. De este modo, aspectos de la actualidad mundial como la degradación ambiental y social de extensas áreas del planeta, el reparto de la riqueza o la devastación de países enteros responden a mecanismos de mercado que se intentan arreglar, pero con el convencimiento de que todo va bien si suceden y tienen una explicación económica.

El problema es que, con las condiciones socioeconómicas, las diferencias entre zonas ricas y pobres, Norte y Sur, crecen de la misma manera que crece la concentración de riqueza y beneficios y se enquistada la pobreza endémica de regiones enteras. Los impactos ambientales tampoco se reparten de manera homogénea, sino que difieren según el modo de vida y las condiciones del entorno. La presión del sistema socioeconómico sobre los ecosistemas locales ha multiplicado sus efectos. La consideración del medio ambiente como fuente de recursos y depósito de residuos se ha integrado como un parámetro más dentro de la lógica económica del sistema global. Esto le ha permitido extraer ventaja en cada caso de condiciones económicas o legales favorables para un máximo rendimiento económico, sin ninguna consideración técnica o social.

Se hace cada vez más evidente que no es posible desvincular el desarrollo sostenible de la idea de distribución de riqueza y centralización de capital, ni tampoco del respeto a la diversidad histórica, cultural y biológica.

En el caso improbable de que los mecanismos propuestos desde la economía pudieran dar respuesta a los retos enumerados, su propagación sería extraordinariamente lenta, sometida a intereses y presiones de los agentes económicos o nacionales, y resultaría en una gran pérdida de eficiencia, para utilizar el léxico económico. El intento de reducción del desarrollo sostenible a parámetros únicamente económicos (ya sea desde la economía ambiental o desde otras corrientes nacidas en el seno del pensamiento económico) es producto de una concepción de la relación hombre-naturaleza pensada desde una supuesta dominación del primero sobre el segundo.

Si la economía ha regido las relaciones entre la especie humana, cuando aparecen los primeros signos de agotamiento de la naturaleza, y para que no se detenga la relación establecida, sólo hay que integrar las variables naturales en las ecuaciones económicas.

El conocimiento lineal ha sido la base del estudio de la economía capitalista tal y como lo entendemos actualmente. Por linealidad del conocimiento entendemos el uso de estructuras de tipo "si... entonces..." para la comprensión de nuestro entorno. La sostenibilidad propone una visión holística, es decir, integradora y que tenga en cuenta que no existen relaciones individuales, sino que en estas relaciones influyen muchas más cosas y que, además, de estas surgen consecuencias a veces impredecibles. Dicho de otro modo, para distinguir qué es un proceso de desarrollo sostenible y qué no lo es se tienen que poder contemplar de manera global todas las interacciones existentes. Como se ha dicho, la no consideración de las externalidades supone relegar todo un grupo de interacciones relevantes para comprender qué nos ha llevado hasta el punto presente de insostenibilidad. Así se explica también cómo hemos elaborado nuestra percepción sobre el mundo exterior y la dificultad que esto representa cuando tenemos que imaginar nuevos modelos de desarrollo.

2. La llegada de la complejidad

La evolución de la ciencia en el último siglo ha enriquecido de manera decisiva la idea que hoy tenemos de la sostenibilidad. Durante el siglo XX han emergido pensamientos y apoyos teóricos que suscitan nuevas percepciones de la realidad, más allá de la construcción de marcos ordenados en torno a un cierto tema o cuestión (que originó la búsqueda de la teoría en cuestión).

La sostenibilidad saca partido del potencial de estas visiones para distinguir los procesos naturales subyacentes, o las relaciones entre sistemas que las lógicas de la ciencia clásica no han sabido abordar sino de manera sucinta.

La evolución del paradigma científico, en forma de incorporación progresiva de ideas innovadoras en la red del conocimiento, es en sí misma **el espíritu de la sostenibilidad**, que requiere una forma nueva y alternativa de pensamiento.

En este apartado, trataremos sobre una serie de avances de la ciencia teórica. Su importancia, más allá de su propio contenido científico, es la potencia de lo que suscita: las soluciones que procura y las nuevas preguntas que genera.

La complejidad, entendida aquí como la aceptación de una realidad poliédrica, continua y no lineal, está en la base de estas transformaciones. Trataremos a continuación seis conceptos vinculados a la historia de la complejidad, con el objetivo de comprender cómo debe esta hacer variar el aparato conceptual del que nos servimos para plasmar la realidad y tratar de mejorarla.

Los principios que repasaremos son:

- Segunda ley de la termodinámica y entropía.
- Principio de incertidumbre de Heisenberg.
- Teoría del caos.
- Teoría general de sistemas.
- Teoría de la complejidad.
- Ciencia normal y ciencia posnormal.

2.1. Segunda ley de la termodinámica y entropía

La termodinámica analiza los sistemas desde la óptica de flujos de calor y trabajo. Se trata de una rama de la fisicoquímica que estudia los cambios de las magnitudes que describen los sistemas en cuestión (generalmente presión, volumen y temperatura). Sus orígenes se justifican debido a la necesidad de un apoyo teórico y de cálculo para caracterizar y estudiar las máquinas que funcionaban mediante flujos de calor y desarrollo de fuerzas de trabajo mecánico.

Se puede decir que la tecnología capaz de aprovechar la energía proveniente de la crema de combustibles fósiles y todo el aparato productivo relacionado necesitaba de un apoyo técnico que permitiese aprovechar de la manera más eficiente unos flujos de energía considerablemente mayores que los gestionados hasta entonces. La máquina de vapor fue el primero de estos artefactos.

Existen tres leyes a partir de las cuales se desarrollan las teorías de este ámbito científico. Para comprender plenamente las aportaciones de la termodinámica, debemos interpretarlas en un contexto general de incertidumbre, es decir, **las leyes no explican una realidad predecible** o, en todo caso, no pueden operar totalmente aisladas como teorías independientes. Su relevancia radica en que dan ideas que contribuyen a enriquecer nuestro marco teórico para la sostenibilidad.

El enunciado de la primera ley de la termodinámica es el siguiente:

"Si se lleva a cabo trabajo sobre un sistema o bien aquel intercambia calor con un segundo, entonces la energía interna del sistema cambia". En realidad se trata de la ley de conservación de la energía, cuya forma más habitual es "la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma".

Este principio resulta útil para hacer balances de energía, es decir, considerar los flujos de entrada y salida de calor y trabajo de un sistema dado, pero en cambio no considera de manera cualitativa las implicaciones de que haya pérdidas de flujo calorífico, o de que no toda la energía calorífica se convierta en trabajo. Tampoco es capaz tan sólo de calcular cuál es la pérdida de energía útil en un proceso. En efecto, dado que este principio está planteado para sistemas cerrados e ideales, está claro que no resulta práctico para describir un mundo como el nuestro, que no es ideal debido a las irreversibilidades que existen y que –como veremos a continuación– explica la segunda ley de la termodinámica.

Si pensamos en un motor de combustión interna alternativo, como los de los coches, la primera ley nos permite calcular cuánto trabajo se puede extraer en el eje del motor a partir de la combustión de gasolina en los cilindros, la transmisión de potencia a los pistones y las levas, y el consiguiente giro de las ruedas del vehículo. A tal efecto, se debe tener en consideración el rendimiento del motor, las pérdidas caloríficas y otras medidas energéticas.

En efecto, la ley de conservación de la energía tiene sus limitaciones ya que, por ejemplo, no puede explicar por qué ciertos procesos no se producen en la naturaleza, aunque en los mismos se verifica el principio de que la energía se conserva. Aun así, empieza a dar ideas interesantes y explica fenómenos como por ejemplo por qué cuando algo se enfría, tiene que ser necesariamente porque otro objeto se calienta, de manera que se conserva la energía total.

Su simplicidad también se manifiesta en hechos y cuestionamientos menos experimentales, y de cariz más ideológico como:

¿Son asumibles el rendimiento o las pérdidas que este proceso supone?

¿Qué repercusiones tiene el hecho de que en cualquier acción que desarrollamos haya pérdidas de manera inevitable?

Es así como surge el segundo principio de la termodinámica, que se perfila como una aportación que completa la primera. No existe un solo enunciado de la segunda ley, debido a que las interpretaciones son múltiples. Básicamente, esta segunda ley explica que la energía se degrada en forma de calor, y que esto tiene una serie de implicaciones, principalmente en el hecho de que todo acto de transmisión de flujo calorífico supone pérdidas de energía. Es decir, es imposible transformar todo un flujo de calor en trabajo en un sistema cíclico. Esta ley no prohíbe la conversión total de calor en trabajo en un proceso no cíclico e ideal (un gas perfecto, por ejemplo). Este desperdicio de recursos primarios es causado por las **irreversibilidades** del sistema.

La magnitud que mide esta pérdida de energía útil es la **entropía**, desarrollada por Clausius a mediados del siglo XIX. Se trata de un concepto asociado al desorden que se induce en un sistema, y que está presente en cualquier proceso de manera inequívoca. Hablar de irreversibilidades supone considerar las implicaciones que el aumento de entropía induce en el sistema, ya que no permiten que este vuelva a ser el mismo. Y esta afirmación se puede aplicar a cualquier aspecto del mundo, como idea general.

La entropía ha tenido múltiples vertientes, e incluso se ha aplicado en el campo de las teorías de la información. Tal y como ya se ha explicado, hay numerosas maneras de pronunciar la segunda ley de la termodinámica, cada una asociada a una perspectiva de la entropía. En este sentido, queremos destacar tres visiones alternativas relacionadas con el concepto, de las que se desprenden hechos diferentes.

- **Entropía macroscópica:** el sentido de los procesos va hacia la maximización de la entropía (entropía macroscópica). Se dice que la entropía del universo es la suma de la variación de la entropía de un cierto sistema y su entorno, y siempre tiende a aumentar. Esta afirmación explica por qué los procesos naturales tienen un cierto sentido a la hora de producirse, y no lo contrario (es el caso de la ya mencionada barra de hielo que no se funde por un lado y se enfría por el otro, pese a tratarse de un proceso en el que se conserva la energía).
- **Entropía estadística:** los estudiosos de la entropía en un ámbito microscópico (como Ludwig Boltzmann) la explican como el conjunto de posibles microestados de un determinado sistema compuesto. La mecánica estadística habla sobre distribuciones de probabilidad de la materia, de modo

que si un cierto estado es muy improbable, su entropía es pequeña, pero si es altamente probable, entonces se trata de una situación de alta entropía. Si pensamos en una sala llena de personas, la entropía del sistema "sala" es mayor cuantas más posibilidades haya de que estas personas se ordenen por el espacio disponible. Si hay una silla para cada persona, y una regla que hace obligatorio que cada persona esté sentada, entonces la entropía de la sala es mínima y el orden es total. Digamos, pues, que la entropía es un indicador de posible caos derivado de las variadas posibilidades de equilibrio que puede haber en un sistema.

- **Desorden:** la entropía se explica trivialmente como una medida del desorden de un sistema. Es decir, si un sistema se desordena, su entropía está aumentando. El hecho es que este fenómeno es el natural. Todo aquel sistema que tiende a mantenerse ordenado está luchando contra una ley natural y aumentando la entropía del exterior. Por este motivo, fomenta que la entropía del universo aumente más de lo que lo haría normalmente.

La consideración de los enunciados anteriores nos lleva a reflexiones bastante interesantes. En primer lugar, las referidas a la misma existencia de la vida bajo esta perspectiva. Según lo que hemos explicado, se supone que el sentido natural de los procesos tiende hacia la maximización de entropía (desorden). Y sin embargo la vida propone procesos de orden, contrarios al aumento de entropía. Las funciones que la vida es capaz de desarrollar permiten, precisamente, que la forma y las funcionalidades del ser vivo sean constantes. ¿Cómo se explica esto? La respuesta es que **los seres vivos son unos disipadores de entropía**, es decir, absorben continuamente energía del entorno (universo) para que su entropía interna no aumente y mueran.

De este modo, la pervivencia humana requiere un aumento de desorden (impacto) sobre el medio. De igual manera, cualquier proceso que requiere una estabilidad en el tiempo implica un vertido de entropía al entorno, y de esta manera el universo recibe continuamente impactos por parte de los sistemas que lo formamos.

La entropía cotidiana

Aunque la entropía es un concepto abstracto y no intuitivo, existen ciertos ejemplos más cotidianos que permiten distinguir en un ámbito práctico qué fenómenos puede explicar.

Por ejemplo, si se lanza un vaso de agua al suelo, el vaso se rompe en pedazos, pero si lanzamos los pedazos, el vaso no se forma. El primer proceso es espontáneo porque aumenta la entropía (desorden), pero el segundo nunca podrá ocurrir. Se dice, por lo tanto, que la ruptura del vaso es un proceso irreversible. La única manera de revertir el proceso es mediante una inversión de energía (en este caso, de cola) en los trozos del vaso, pero este solo hecho también aumenta la entropía del entorno, debido a que es una acción artificial que requiere una inversión de trabajo.

La idea de la entropía, así como la irrupción de la idea de **irreversibilidad de los procesos reales** en contraposición a la reversibilidad en la que se basa la ciencia clásica, desmontan la visión perfecta, ordenada y determinista del mundo newtoniano. En su momento, el éxito de la termodinámica, materia-

lizado en forma de máquina de vapor, dejó de ser perfecto debido a las irreversibilidades que cualquier sistema termodinámico sufre. Simplificando, se puede decir que la entropía es la razón de que todo lo que utilizamos tenga un rendimiento, que nunca es del 100%.

La segunda ley de la termodinámica introduce dos conceptos importantes. En primer lugar, la noción de la pérdida en el proceso: cualquier proceso cíclico de transformación de energía lleva asociado una pérdida de rendimiento, lo que hace que siempre se tenga que invertir más de lo que se quiere obtener para volver al estado inicial. Por otra parte, y algo quizá más decisivo en la medida en que nos acerca a la realidad, es la irreversibilidad de los procesos. La realidad camina hacia la entropía creciente, sólo detenida por barrocos mecanismos como la vida, mientras que en el laboratorio nuestros juegos nos permiten ir atrás o adelante con el tiempo, como si fuera una variable más. La sostenibilidad tiene más que ver con la realidad que con el laboratorio, sin que esto descalifique al laboratorio como método para avanzar en la investigación básica.

2.2. Principio de incertidumbre de Heisenberg

El físico Werner Heisenberg, en el año 1927, formuló el principio de incertidumbre aplicado al campo de las partículas subatómicas. Según este principio, existen limitaciones en la precisión con la que medimos al mismo tiempo la posición y la velocidad (o momento) de una partícula. Heisenberg estaba clausurando la época dorada de la ciencia clásica.

Él mismo se dio cuenta de la importancia del principio, más allá de la disciplina de la física de partículas, cuando escribe que "lo que observamos no es la naturaleza propiamente, sino la naturaleza expuesta a nuestra manera de interrogar" (no sólo qué se pregunta, sino también cómo se pregunta). **La pérdida de objetividad afecta a todas las ciencias puras y aplicadas, desde la física cuántica de donde surgió, a la economía, la medicina o la sociología.**

El principio de incertidumbre es uno de los precursores de la mecánica cuántica, y se opone a la idea newtoniana del determinismo científico. Una vez más, el surgimiento de una teoría física establece nuevas normas que demuestran que las tendencias científicas clásicas son excesivamente simplistas. Lo que sucede es que, por el simple hecho de observar el experimento y medir, el experimentador está cambiando el objeto del estudio e introduce un error que es imposible reducir a cero. Se puede decir que esta idea es la precursora más oficialmente extendida del fin del determinismo.

Si aplicamos el principio de incertidumbre a la relación del hombre con todo lo que lo rodea, lo importante es ser consciente de que en ningún momento estaremos describiendo una realidad externa, sino al contrario, una realidad de la que el hombre forma parte activa. La sola acción de mirar ya le hace tener una actitud activa y decisiva sobre lo observado.

2.3. Teoría del caos

A la pérdida de objetividad introducida por Heisenberg, Lorenz añade poco después la impertinencia de los sistemas dinámicos no lineales. Cuando el meteorólogo norteamericano Edward Lorenz intenta predecir el tiempo atmosférico con un sistema de ecuaciones que representa la evolución de tres elementos básicos (velocidad del viento, presión del aire y temperatura) retroalimentados entre los mismos, se encuentra con una variedad infinita de resultados que, representados, se repliegan sobre sí mismos una y otra vez.

La sensibilidad del sistema a las condiciones iniciales es muy grande, y de aquí el conocido **efecto mariposa**: una mariposa mueve las alas en medio de la selva amazónica y desencadena una tormenta en Chicago; al segundo siguiente las vuelve a batir y el resultado no se repite, ahora no pasa nada.

La idea del efecto mariposa es la que explica las teorías físicas del caos, y da lugar a la definición de sistemas con unas características muy concretas, que nos llevan a denominarlos *sistemas caóticos*. Se trata de unos sistemas con los que no estamos acostumbrados a trabajar pero que representan casi todos los fenómenos que suceden en la naturaleza.

Los sistemas caóticos son un caso particular de los **sistemas no lineales**. Este tipo de sistemas se caracteriza porque existen relaciones de retroalimentación entre sus componentes. Dicho de otra manera, la evolución de ciertos subsistemas que forman el sistema general influye en la evolución de aquellos que han generado y condicionado propiamente esta evolución.

Por ejemplo, la relación entre la población humana y el ritmo de nacimientos es no lineal, ya que la magnitud de la natalidad está definida (en circunstancias normalizadas) por sus propios efectos. Imaginemos ahora una fábrica de vasos. Si no consideramos las restricciones geográficas o medioambientales, se puede decir que su producción responde a una dinámica lineal, ya que depende de una decisión en un ámbito de fábrica. El hecho de que haya más vasos no implica necesariamente que aumente la producción total, ya que los vasos no se reproducen por sí mismos.

Evidentemente, estos ejemplos son simplificaciones llevadas al extremo de la realidad, ya que en los dos casos influyen muchos más factores. En cualquier caso, el análisis sistémico de todos los procesos del mundo nos llevaría a una combinación de relaciones lineales y no lineales, pero está claro que **las características globales del sistema resultante siempre serán no lineales**.

Comparación de relaciones (a) no lineal y (b) lineal



Nacimientos

Hay la relación probable “a más población humana, más nacimientos”. La propia característica autorreproductiva humana aporta la relación no lineal.

(a)

Fabricación

No hay la relación “a más número de vasos fabricados, más se fabrican”.

(b)

Fuente: elaboración propia.

En general, se podrían distinguir tres tipos de sistemas dinámicos o no lineales, en función de su comportamiento en referencia al equilibrio.

- **Sistemas estables:** tienden a un cierto punto de equilibrio. El ejemplo más significativo es el de una sala climatizada con termostato, ya que cuando pasa el tiempo, la temperatura tiende a estabilizarse en el nivel prefijado en el dispositivo. En este caso, se diría que la temperatura es el punto atractor del sistema, debido a que se trata del punto hacia el que evoluciona la magnitud considerada.
- **Sistemas inestables:** las soluciones tienden a alejarse de los atractores del sistema. Por ejemplo, un tarro de agua en el fuego es un sistema inestable, ya que se está alejando de su punto de equilibrio o atractor, que es la temperatura ambiente. Este tipo de sistemas lejos del equilibrio fueron estudiados por Ilya Prigogine, como veremos más adelante.
- **Sistemas caóticos:** su evolución es fruto de dos tendencias complementarias. Por una parte, existe una dinámica que provoca el acercamiento del sistema a sus puntos atractores, pero por otra parte ciertas fuerzas internas tienden a impedirlo, de manera que la solución se sitúa alrededor de un cierto punto, pero nunca llega al mismo. Por sus características, estos sistemas son bastante dependientes de las condiciones iniciales. La indeterminación que los caracteriza supone que pese a partir de dos situaciones iniciales aparentemente similares, los resultados pueden ser diferentes (el mencionado efecto mariposa).

Conocer la complejidad de un sistema es un ejercicio dificultoso, ya que esta tarea está relativizada según la técnica de análisis utilizada, el observador o, incluso, el lenguaje para expresar los resultados. Algunas disciplinas se aproximan al análisis de sistemas caóticos, como la teoría de sistemas, que analizaremos más adelante. En cualquier caso, se tiene que aclarar también que un

sistema es ciertamente un modelo de la realidad, de aquello que ocurre en el mundo, y por lo tanto es una manera de interpretarla. Nunca será la realidad en sí misma.

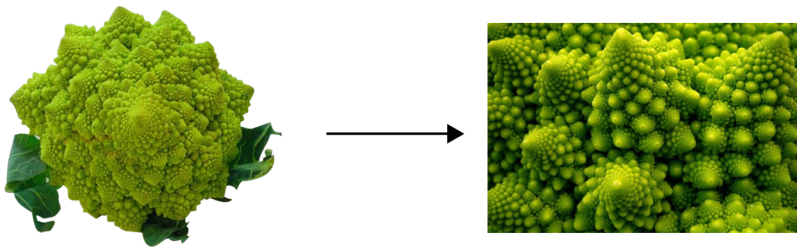
Brécoles y el helecho de Barnsley

Los fractales permiten representar gráficamente la teoría del caos. Se trata de figuras que poseen ciertas propiedades que las hacen especialmente útiles para explicar fenómenos que la geometría tradicional no puede cubrir.

El término fue propuesto por Mandelbrot en el año 1975, y los definió como "objetos semigeométricos, cuya estructura básica, fragmentada e irregular se repite a diferentes escalas". Se puede decir que los fractales tienen las características siguientes:

- Son demasiado irregulares como para describirlos en términos geométricos tradicionales.
- Poseen detalle en cualquier escala de observación.
- Son autosimilares (de manera exacta, aproximada o estadística).

Frecuentemente encontramos en la naturaleza estructuras fractales, aunque no seamos conscientes de este hecho. Por ejemplo, el brécol es una de estas. Como se puede apreciar en la imagen siguiente, el brécol tiene una determinada forma que se repite si se van separando del mismo las distintas ramas que salen del tronco. El crecimiento de las ramas de los árboles también se considera fractal y, de hecho, por este motivo Gaudí eligió este tipo de estructura orgánica para el diseño de la estructura interior de la Sagrada Familia. No en vano se trata de una geometría todavía bastante desconocida, pero que se ha demostrado que desarrolla estructuras con la mayor eficiencia natural.



La teoría del caos se refiere de alguna manera a una "definición indefinida" (en la medida en que formas muy específicas se reproducen sin límite conocido). Es decir, el paso de la solución al abanico de soluciones posibles, que son infinitas. La representación de estas soluciones da lugar a las formas fractales.

Los fractales pueden ser generados con el aparato matemático adecuado. Uno de los fractales más conocidos es el helecho de Barnsley. Si se ocultan sucesivamente todas las ramas del helecho, excepto una, nos encontraremos con las mismas formas, cada vez más pequeñas, y así de manera continua. Encontramos la indefinición de la forma en el hecho de que se extiende en el espacio de manera indefinida. Y esta es la principal característica de los sistemas caóticos: un acercamiento continuo a la solución final, sin llegar nunca.



En Internet se encuentran muchos ejemplos animados de fractales, para comprender su proceso de generación a un nivel sencillo, como estos: curva de Von Koch y triángulo de Sierpinski.

La linealidad ha permitido el desarrollo de las ciencias tal y como las entendemos hoy. Dos de los rasgos fundamentales de las leyes de Newton, y por extensión de toda la física hasta la mecánica cuántica (incluida), son su determinismo y su simetría temporal. Los sistemas no lineales no cumplen ni el primer ni el segundo rasgo: es imposible determinar el comportamiento de un sistema no lineal hasta que no ha sucedido (indeterminismo); y pasado no es igual a futuro (no simetría temporal, mientras que las ecuaciones newtonianas son invariantes en relación con la inversión del tiempo).

Los sistemas no lineales constituyen una entrada al caos, pero también la termodinámica de los **sistemas abiertos lejos del equilibrio** (estudiados principalmente por Ilya Prigogine, matemático, químico y filósofo y espíritu enciclopédico, cuyas aportaciones en campos tan distintos como la economía, la física o el mismo caos han sido decisivas) o los estudios de las transiciones de orden a caos y de caos a orden.

Los trabajos de Ilya Prigogine dan, en concreto, una explicación a la paradoja de que existen en la naturaleza sistemas que están lejos de su equilibrio, al contrario de la idea de equilibrio perpetuo de los sistemas de la ciencia tradicional. Esta existencia es posible gracias a la adaptación al entorno, lo cual favorece la autorregulación de los sistemas y, por lo tanto, su pervivencia en el tiempo. El ser humano es uno de los mejores ejemplos para esta teoría, ya que estamos en continuo cambio, expuestos a las condiciones de nuestro entorno, pero aun así podemos vivir muchos años, lo que no sería posible sin mecanismos de adaptación y una regeneración continua.

El descubrimiento de un orden que no implica (ni permite) predicción, la complejidad como aparición de orden a partir de la inestabilidad, la geometría fractal, que ocupa de manera infinita un espacio finito y dibuja formas de una belleza tan sorprendente como el helecho de Barnsley, a partir de la iteración de reglas muy sencillas asociadas al resultado del lanzamiento de una moneda... El impacto de estos hallazgos en las distintas ciencias y todavía más allá da la vuelta a las certezas en las que basamos buena parte de la relación con el mundo que nos rodea.

2.4. Teoría general de sistemas

Los estudios sobre cibernética de mediados del siglo XX dieron lugar a la teoría general de sistemas de Bertalanffy, unos años después. La **cibernética** es el estudio de sistemas de control con retroalimentaciones. Si bien este término se asocia con frecuencia a la robótica, esta es sólo una de las posibles ramas relacionadas. De hecho, la palabra ya fue utilizada por Platón en *La República* para describir la idea del "arte de manejar una nave" o también a un hombre (en relación con la manera de hacer política).

En general, podemos definir un sistema como un conjunto de agentes que interactúan entre sí con un objetivo común. Estos agentes no son objetos inertes o estáticos, sino que al mismo tiempo son por sí mismos un sistema que se encuentra acoplado dentro del general. Es decir, están formados por otros subsistemas, de manera que se conforma el sistema mayor, considerado como un conjunto de seres dinámicos que interactúan entre sí en escalas progresivamente más pequeñas. Estas interacciones son bastante importantes, porque su existencia es la que explica el comportamiento sistémico del mundo.

Podemos considerar, por ejemplo, el planeta Tierra desde el punto de vista territorial. Geográficamente, el sistema "globo" está conformado por los subsistemas oceánicos y continentales, al mismo tiempo que los continentes están formados por sus estados y, estos mismos, por las correspondientes regiones, comarcas y ciudades. Aun así, explicar la sistémica del mundo de esta manera requiere resaltar que los estados, las regiones o las comarcas no son partes del planeta Tierra, sino que son el mismo planeta. Considerar el sistema globo no es considerar que hay diferentes partes que lo conforman, sino que existen relaciones, procesos, interacciones y otras dinámicas subyacentes que lo hacen dinámico.

De este modo, la base del pensamiento sistémico se puede resumir en los tres enunciados siguientes:

- Las propiedades esenciales de un sistema son propiedades **del todo** que ninguna de las partes posee.
- La naturaleza del todo es siempre diferente de la mera suma de las partes.
- Las propiedades de las partes no son propiedades intrínsecas, sino que deben ser entendidas sólo en el contexto del todo superior.

El pensamiento sistémico se deriva de esta primera visión pronunciada por Bertalanffy, extendida al conjunto del mundo fenomenológico; una visión que permite posteriormente a Edgar Morin definir de manera tan sugestiva la naturaleza como "sistema de sistemas, en rosario, en pólipos, en matojos, en archipiélagos; y nuestro pequeño mundo organizado como archipiélago de sistemas en el océano del desorden".

Bertalanffy concibió una explicación de la vida y la naturaleza como **un sistema complejo que experimenta continuamente interacciones dinámicas**. Su potencialidad mostró muy pronto la teoría como un potente apoyo que permite, en su propósito más amplio, elaborar herramientas que capaciten a cualquier disciplina para un análisis más allá del que proporciona la ciencia clásica.

Observemos que la palabra *sistema* ha aparecido frecuentemente desde que emprendimos el viaje cuatro siglos atrás. Su reiteración nos hace pensar que debe ser un concepto importante en la nueva dimensión de la sostenibilidad. Y efectivamente, es preciso que nos detengamos ahora en el pensamiento sistémico, cuyas ideas se remontan a los mismos orígenes del pensamiento.

Sin embargo, no hay que ir tan lejos: desde mediados del siglo pasado, y al abrigo de las novedades de diferentes disciplinas de conocimiento, el pensamiento sistémico se articula como una corriente alternativa al paradigma clásico y dominante de concepción del mundo y de adquisición de conocimiento.

El pensamiento sistémico constituye la base para entender lo que nos propone la sostenibilidad hoy.

El gran cambio que propone el pensamiento sistémico no lo debemos buscar en la ampliación de su campo de estudio (entendiendo un sistema como un conjunto de objetos), sino en lo estudiado, que pasa de los objetos a las relaciones entre los mismos.

La aplicación del concepto de sistema ha resultado clave en la evolución de muchas disciplinas de conocimiento y en el nacimiento de otras: la ecología, la neurobiología o la propia ciencia del caos son algunos ejemplos de esto. Sin embargo, conviene aclarar que no todas han aceptado la radical apertura que propone el pensamiento o el análisis sistémico.

Tras las características y potencialidades de la dinámica de sistemas, se esconden ideas que permiten justificar las implicaciones que este modelo de pensamiento tiene para la sostenibilidad.

- **Isomorfismo:** se trata de una condición entre dos o más términos sin relación aparente, pero cuya estructuración no superficial los hace semejantes en ciertos aspectos. Este principio hace comparables dos elementos que en principio son independientes y desenlazados. Basémonos en conceptos ya explicados: aunque estamos discutiendo aquí sobre la perspectiva de la sostenibilidad, hemos hablado anteriormente sobre el principio de incertidumbre de Heisenberg. Sin embargo, ¿por qué nos hemos referido a algo que aparentemente no tiene nada que ver? Pues bien, se puede decir que este principio y la sostenibilidad son isomorfos, ya que los dos refutan la predictibilidad del mundo. Las teorías que hemos visto, y las que vienen a continuación, son importantes para la sostenibilidad porque son isomorfos y, por lo tanto, ayudan a explicar su lógica.
- **Holística:** es un término ya definido casi treinta siglos atrás por Aristóteles, quien afirmaba que "el todo es más que la suma de sus partes". Mediante esta afirmación, el filósofo introduce en el campo del conocimien-

Ved también

Estas características se resumen en la tabla que encontraréis al final del apartado.

to una idea que explica hechos que a veces son incomprensibles, ya que manifestaciones que pueden parecer inexplicables en realidad surgen de la interacción de distintos subsistemas. De esta manera se generan nuevas formas y dinámicas dentro de los sistemas, las cuales no son desarrolladas por los subsistemas por separado. Estos rasgos, que explicamos en el punto siguiente, se denominan *emergencias*.

- **Propiedades emergentes:** del análisis holístico de los sistemas y la comprensión de sus relaciones internas y externas descubriremos ciertos aspectos que de partida no estaban presentes, pero que han ido surgiendo de las propias interacciones del sistema. Estas nuevas dinámicas o procesos son los denominados *fenómenos emergentes*. Su detección proviene de la observación especial de los sistemas, en contra del análisis lineal o mecanicista, que considera relaciones unidireccionales y de las que no se desprende más información que la propia relación en sí. Por ejemplo, desde el punto de vista lineal, el cuerpo humano es la suma de ciertas partes anatómicamente definidas: la médula espinal, caderas, piernas, rodillas, pies y tobillos, etc. Ahora bien, estos componentes forman un sistema. La interrelación entre los mismos a través de los nervios, los fluidos intersticiales, los tendones etc. permite la emergencia de una propiedad que estas partes no poseen por separado: el movimiento. Así pues, se puede decir que la motricidad del cuerpo humano es una de sus propiedades emergentes.

Muchos investigadores han trabajado sobre la modelización de los sistemas, y han desarrollado su vertiente más analítica. Su planteamiento facilita la implementación de las reglas que rigen el funcionamiento de los sistemas en cuestión mediante un correcto apoyo matemático. En los últimos años, se ha programado *software* capaz de representar gráficamente los sistemas e, incluso, de aplicar métodos numéricos de resolución de las clásicas funciones diferenciales con las que estos sistemas se modelizaban.

El informe Meadows, también denominado *Los límites del crecimiento*, fue uno de los primeros modelos de dinámica de sistemas publicado, con una gran trascendencia para la sostenibilidad. Mediante datos contemporáneos y pasados, un equipo de científicos, con Donella Meadows al frente, evaluó la evolución de la disponibilidad de recursos naturales en los próximos años. La tarea no era intuitiva, ya que muchos factores (como el ritmo de encuentro de yacimientos, la tasa de producción de residuos o la evolución del consumo energético) no tenían una evolución fijada en el tiempo, sino que dependían a su vez de muchos otros factores. Lo mismo sucedía con ciertos factores limitantes para los correspondientes recursos. El problema, en resumen, era un auténtico reto para el análisis sistémico.

Referencia bibliográfica

D. H. Meadows y otros (1972). *Limits to growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Nueva York (EE. UU.): Universe Books.

Existe una versión revisada en español: VV. AA. (2006). *Los límites del crecimiento 30 años después*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.

De este modo, se puede decir que la dinámica de sistemas requiere una primera parte de pensamiento del problema analizado –entendiendo las relaciones entre subsistemas, las propias dinámicas internas, etc.– y una segunda parte que se correspondería con la posible modelización para extraer algunas conclusiones al respecto. Sin duda la segunda parte es accesorio, y la aportación realmente importante de la dinámica de sistemas a la sostenibilidad es el pensamiento sistémico: la nueva manera de ver los problemas.

Gaia y Daisyworld

En 1979, James Lovelock, acompañado por la bióloga Lynn Margulis, publicó una completa teoría sobre el funcionamiento de la Tierra desde un punto de vista sistémico, que bautizaron como "teoría de Gaia". En su publicación, Lovelock y Margulis definían *Gaia* como "una entidad compleja que implica a la biosfera, la atmósfera, los océanos y la tierra, de modo que constituyen un sistema cibernético o retroalimentado que busca un entorno físico y químico óptimo para la vida en el planeta"

La teoría de Gaia permite desgranar el planeta en procesos más pequeños, cuya adecuada conjunción es la que lleva a las emergencias precisas para un correcto mantenimiento de las dinámicas necesarias para la vida en el mismo. Por ejemplo, el buen funcionamiento de las dinámicas atmosféricas y oceánicas permite que las interacciones entre estas den resultado al ciclo del agua, imprescindible para el mantenimiento de las formas de vida que conocemos.

Uno de los ejemplos que originalmente se explicaron en la publicación es el caso de Daisyworld. Se trata de un planeta imaginario que gira alrededor de un sol, y que está cubierto de margaritas blancas y negras, al 50% cada especie. El modelo supone que la irradiación solar aumenta de manera progresiva, empezando desde un nivel de radiación nulo. Las margaritas negras absorben toda la radiación solar, y son más eficientes a la hora de hacer la fotosíntesis. Por el contrario, las blancas absorben menos radiación y, de hecho, devuelven una parte al espacio exterior.

Al principio, cuando la irradiación solar es muy baja y la superficie de la tierra está fría, sólo las margaritas negras pueden crecer, ya que son las más efectivas en captación de energía solar, y así se reproducen a la vez que calientan progresivamente el planeta. Llega un momento en el que, aunque la irradiación solar todavía no es muy alta, la propia temperatura de las margaritas negras aporta a las blancas el flujo energético que necesitan para vivir, y empiezan a crecer. Es así como se llega a un punto de equilibrio entre las dos especies, hasta que se llega a un nivel de irradiación solar apto para el mantenimiento de la vida.

En la segunda fase de la simulación, la irradiación continúa aumentando y, de este modo, son las margaritas blancas las que se mantienen ahora vivas, debido a que tienen más capacidad de reflexión, mientras que las negras empiezan a morir porque la temperatura de la superficie del planeta se hace demasiado alta. De este modo, durante un tiempo las margaritas blancas ocupan toda la superficie del planeta imaginario. En este momento, debido a su gran albedo, la mayor parte de la energía solar se refleja y la temperatura baja nuevamente, hasta que las margaritas blancas no pueden absorber suficiente energía solar y desaparecen. Con las negras sucede todo lo contrario.

El experimento muestra el funcionamiento dinámico, no lineal, de un sistema en forma de planeta imaginario, y considera cómo unas especies influyen en la vida de otras, cómo el propio funcionamiento de una cierta especie como sistema influye en su reproducción y en el de otras especies, cómo las condiciones exteriores son las que modifican el funcionamiento interno del sistema, etc. Como puede verse, se trata de un comportamiento alternativo, en el que la convivencia de las dos especies, así como la temperatura del planeta, oscilan según varios factores. El análisis del sistema muestra cómo el planeta es regulado por sus organismos, y al contrario.

Recientemente, el modelo inicialmente planteado por Lovelock se ha completado incorporando más especies, de modo que se ha llegado a conclusiones tan interesantes como que cuantas más especies se introducen en el modelo, cada una con su "aportación" al sistema ecológico, más constante se mantiene la temperatura de Daisyworld.

En Internet se puede encontrar una animación gráfica de Daisyworld, para su mejor comprensión.

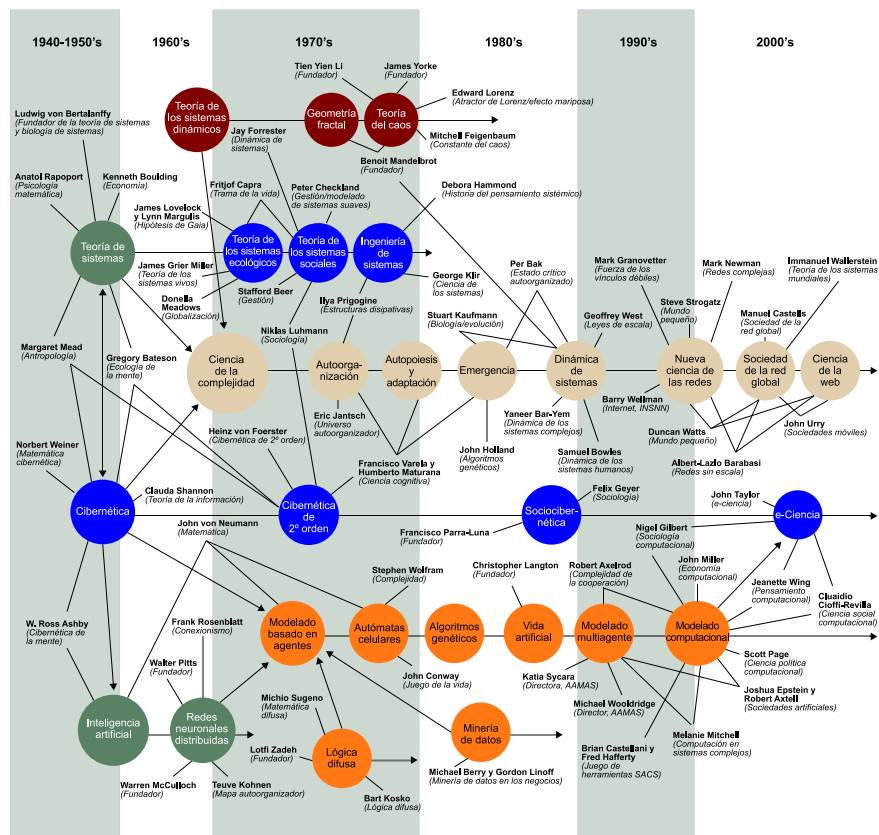
Para ampliar este tema, podéis leer J. Lovelock (2000). *Gaia, una nueva visión sobre la vida en la tierra*. Oxford: Ed. Oxford University Press.

La visión sistémica nos permite hacer modelos del mundo mucho más cerca de la realidad continua que la visión de lo estrictamente objetual. Los sistemas no son la realidad, pero incluyen mucho mejor su complejidad que los objetos. Lo que Descartes nos descubriría como sencillo vuelve a ponerse difícil. Sin embargo no hay que descartar aproximaciones, como iremos viendo. La sostenibilidad es, en este sentido, el complemento a la ciencia clásica, que aquí simplificamos (injustamente, seguro) como la visión más cartesiana.

2.5. Teoría de la complejidad

Hasta el momento, se han discutido distintos conceptos que son resultado de una evolución del conocimiento, con un carácter constructivista y que aportaban nuevas ideas a las formas científicas clásicas. La teoría de la complejidad aglutina estas nuevas ideas bajo un mismo paraguas, de manera que la potencialidad de los pensamientos teóricos aumenta debido a las emergencias que surgen de esta combinación.

Mapa conceptual de teorías relacionadas con la complejidad



Fuente: www.art-sciencefactory.com.

De hecho, la complejidad se define con frecuencia enlazándola al concepto de sistema. No en vano, los sistemas son elementos del análisis complejo. Aun así, la complejidad ha conseguido desarrollar un lenguaje propio. Abordare-

mos este punto estableciendo una diferenciación entre dos términos que frecuentemente se confunden: *complejo* y *complicado*. Si bien las dos palabras se refieren a conjuntos de distintos elementos que interaccionan entre sí y el entorno, la complejidad hace referencia a aquellos de los que se puede extraer información, mientras que el concepto de complicado hace referencia a lo que, siendo rico en relaciones, no genera información o fenómenos emergentes sostenibles, debido a que las interacciones no son de buena calidad.

Por otro lado, la complejidad expresa la condición en la que se encuentran numerosos elementos de un sistema y las formas de relación entre los mismos. Si bien la teoría de sistemas asume la existencia de las emergencias, las herramientas de las que habitualmente está dotada no permiten su identificación, mientras que la complejidad ofrece un buen terreno para soportar este tipo de análisis.

Como puede verse, la mayoría de las definiciones de la complejidad llevan a los conceptos de la dinámica de sistemas. Sin embargo, en realidad se trata de un apoyo más completo porque incorpora en su ámbito de conocimiento los principios de la teoría del caos, en la medida en que la propiedad de un sistema complejo es que su evolución no se puede predecir debido a la sensibilidad de las condiciones iniciales a las que está sujeta.

Otro de los términos que se utilizan en el marco del análisis complejo es **la autoorganización**, estudiada por muchos investigadores, entre estos el mencionado Prigogine. El fenómeno de autoorganización hace referencia a lo que ocurre cuando distintos individuos, con comportamientos sencillos, se agrupan y actúan en conjunto hacia un mismo objetivo. Los comportamientos sencillos individuales se vuelven complejos cuando interaccionan.

La autoorganización de las hormigas

Las hormigas no tienen caminos, puentes o líderes, así como tampoco lenguaje hablado. De todos modos, es habitual ver hileras de miles de estos seres avanzando hacia una fuente de alimento, o de vuelta al hormiguero. Este hecho sería especialmente trivial de no ser porque una hormiga, por sí misma, no es capaz de "volver a casa".

El comportamiento de las hormigas surge como emergencia de la interacción entre todas las mismas. No existe una hormiga líder, como tampoco hay un plan de organización establecido. Es el claro ejemplo del pequeño paso que hay desde el orden al desorden. Una hormiga por sí misma está abocada al orden, mientras que el grupo como un todo (no la simple suma de hormigas) es un sistema ordenado. Esta convivencia permanente del orden y desorden es otra manera de comprender el caos.

Una sola hormiga tiene un limitado repertorio de posibles conductas, pero con los correctos canales de comunicación se genera una conducta social que facilita la supervivencia de las hormigas y que incluso, según algunos etólogos, es lo que ha facilitado que la mayoría de los seres vivos hayan sido los supervivientes de una carrera por el encuentro de un determinado nicho ecológico.

Estas afirmaciones pueden extrapolarse al resto del mundo vivo. La conducta social puede describirse como un fenómeno biológico autoorganizado, que se produce como producto de la comunicación entre individuos, con cualquier tipo de lenguaje, y a menudo sin intención. La autoorganización es, pues, una de las posibles formas que una emergencia puede adoptar.

Recomendamos la lectura del artículo "Orden y caos en la organización social de las hormigas", en el que se explica de manera muy didáctica la relación entre caos, orden y autoorganización.

Si bien la complejidad tiene vocación de alternativa a la linealidad clásica, Morin describe un fenómeno un tanto contradictorio bajo la denominación de *complejidad restringida*, en contraposición a la complejidad general.

Según el mismo autor, podemos denominar *complejidad restringida* a la que se utiliza para completar hechos o rasgos que la ciencia clásica no puede explicar. Su aplicación es una muestra clara del fracaso de la ciencia tradicional, que demuestra no ser capaz de cubrir muchos de los aspectos de la concepción del mundo y, por lo tanto, los explica como fenómenos derivados de su complejidad. Esta complejidad es restringida porque resulta accesoria a las teorías generales, que no son en ningún momento cuestionadas. De este modo, se utiliza la palabra, pero sin su significado completo.

La sostenibilidad, sin embargo, requiere complejidad en sus planteamientos como principio director, y no como concepto supletorio de las teorías de la ciencia clásica. La consideración de la complejidad como un elemento clave de análisis es lo que Morin denomina *complejidad general*; al contrario que la restringida, es una complejidad entera, sin recortes y capaz de poner en valor todas sus potencialidades.

2.6. Ciencia normal y ciencia posnormal

Daremos ahora un enfoque epistemológico a los conceptos que se han descrito a lo largo del texto. En estos términos, el cambio de concepción del mundo desde un paradigma mecanicista hacia el de la complejidad se expresaría argumentando la necesidad del cambio de un modelo de ciencia que denominamos normal hacia la **ciencia posnormal** o compleja. Como se aprecia en la

Referencia bibliográfica

Edgar Morin (2007). "Complejidad restringida, complejidad general". *Sostenible* (núm. 7, págs. 23-49). Barcelona.

tabla que proponemos más abajo, todos aquellos valores con los que la ciencia posnormal se identifica son fruto de los principios rectores de las teorías desarrolladas a lo largo de este apartado: holismo, no linealidad, incertidumbre, etc.

La ciencia posnormal se aleja de los métodos científicos tradicionales en su mismo origen, debido a que no se practica de manera aislada en laboratorios donde se desarrollan experimentos y grandes aparatos matemáticos, sino que es fruto del trabajo conjunto de un grupo de personas que aprovechan las sinergias entre sus conocimientos y capacidades. Reconoce, de este modo, la necesidad de cooperación y el valor añadido que aportan las emergencias derivadas de la interacción de varias personas.

Comparación de las ciencias normal y posnormal

Ciencia normal	Ciencia posnormal
Construcción de teorías unipersonal	Construcción de teorías por equipos
Sistema deductivo	Teorías basadas en modelos
Objeto: partes y estructuras	Sistemas y emergencias
Concepto unificante	Concepto diversificante
Comprobación empírica	Comprobación vivencial
Cuantitativa	Cualitativa
No sensible	Sensible
Consenso y dominancia	Disentimiento - paralogía
Reduccionista	Holística
Determinista	Inclusión de lo estocástico (azar)
Neutral	Valorativa y política

Fuente: elaboración propia.

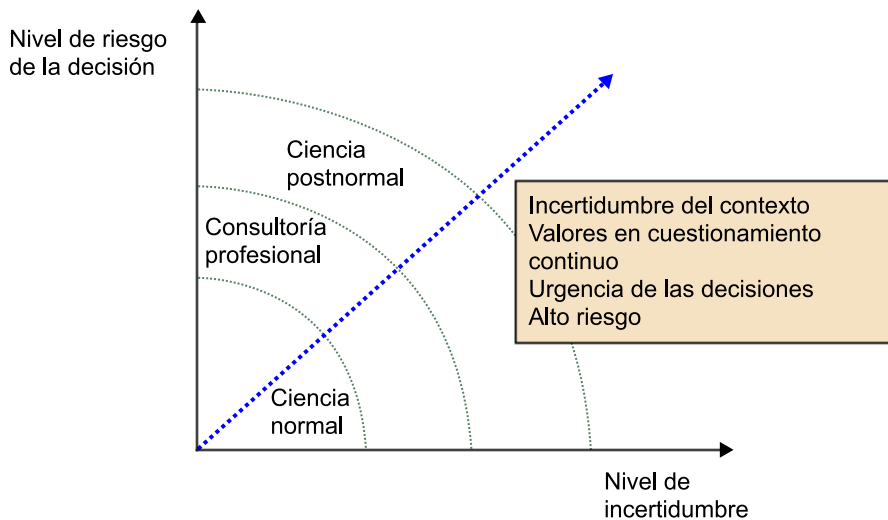
Podemos explicar la ciencia posnormal como una evolución de la normal o tradicional, en un proceso de cambio progresivo, en un gradiente de modificaciones. Tanto que, en realidad, podríamos decir que las dos formas conviven en ciertos aspectos.

Desde un punto de vista más formal, Funtowicz y Ravetz acuñaron el término *ciencia posnormal* como aquel modelo de conocimiento e investigación necesario para tomar decisiones sobre las que la incertidumbre es alta, y con altos riesgos de decisión asociados.

Referencia bibliográfica

S. Funtowicz; J. R. Ravetz (2000). *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Ed. Icària.

Representación gráfica de la ciencia posnormal



Fuente: elaboración propia a partir de S. Funtowicz; J. R. Ravetz (2000). *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente* (pág. 36). Barcelona: Ed. Icària.

La complejidad, paradigma de referencia para la sostenibilidad, está basada justamente en el **reconocimiento de la incertidumbre** y de la no predictibilidad del mundo. Por lo tanto, se basa en el alto nivel de riesgo existente en las decisiones que se toman, cuyas consecuencias son inescrutables.

La idea filosófica de **contingencia** es utilizada por Funtowicz-Ravetz para describir la necesidad de contextualización de la ciencia, oponiéndose así a las soluciones lineales, desarrolladas en condiciones de laboratorio, que demuestran a posteriori su incapacidad para resolver los problemas por los cuales se desarrollaron. Filosóficamente, la contingencia es el estado de aquellos hechos que desde un punto de vista lógico no sean ni verdaderos ni falsos (podrían haber ocurrido o no). Por lo tanto, se opone a la idea de necesidad. Desde el punto de vista de estos autores, la contingencia se aplica a la sostenibilidad mediante aquellas actuaciones que la situación y el momento en cuestión requieren. La solución a la sostenibilidad es contingente debido a que no es única, y de aquí que pudiera no haber ocurrido, ya que hay otras medidas que también son solución. De este modo, esta visión se aleja de la base de la unicidad de las soluciones, propia de la linealidad.

El concepto de **soluciones de calidad** hace referencia a la aplicación de la idea de contingencia en la toma de decisiones. En el marco de la ciencia posnormal, se dice que una solución es de calidad cuando satisface un cierto requerimiento, con la peculiaridad de que quizá no había sido creada para esta finalidad.

El enfoque de la ciencia posnormal incorpora el debate del riesgo en la toma de decisiones dentro de la epistemología actual. Es lo que algunos teóricos explican como uno de los síntomas de los cambios hacia la sociedad postindustrial. De hecho, el sociólogo alemán Ulrich Beck define la sociedad actual como la **sociedad del riesgo** fruto de la evolución del sistema productivo y de conocimiento.

Referencia bibliográfica

Ulrich Beck (1999). *La sociedad del riesgo global*. Madrid: Siglo XXI Editores.

La característica de la nueva sociedad del riesgo es que tiene tendencia a desmembrarse como consecuencia de la incapacidad de sus elementos aglutinadores clásicos (básicamente, las instituciones). En palabras de Beck: "Riesgo es el enfoque moderno de la previsión y el control de las consecuencias futuras de la acción humana, las diversas consecuencias no deseadas de la modernización radicalizada". Así es como los movimientos sociales sustituyen este vacío, creado básicamente por la idea imperante desde hace siglos de que todo es predecible. El hecho es que el riesgo, como reconocimiento de las amenazas de la sociedad industrial, hace eco en momentos de crisis como el actual y pide de alguna manera un cambio de paradigma.

El reconocimiento del riesgo que genera la incertidumbre, y la necesidad de hacer complejo (y no complicado) el conocimiento, son objetivos abordables por la sostenibilidad. Según Jiménez-Herrero, la sostenibilidad y el desarrollo sostenible son conceptos firmemente relacionados con la capacidad de los sistemas para absorber perturbaciones, evolucionar y coevolucionar con otros sistemas en interacción, con el objetivo de contribuir a la transformación de la organización social y de la actividad económica, lo que requiere ir más allá de los enfoques multidisciplinares a la visión transdisciplinaria: "Esto supone, además, abrir las puertas a un nuevo enfoque científico en un ámbito de la ciencia posnormal, con el objetivo de tener la capacidad de relacionar la ciencia con los procesos de toma de decisiones de alto riesgo en un contexto sometido a grandes dosis de incertidumbre".

El contexto de alta incertidumbre actual requiere la toma de decisiones y la elaboración de estrategias con un considerable riesgo asociado, y de esta manera la perspectiva de la ciencia posnormal cobra importancia.

2.7. Resumen de teorías

Las teorías que hemos analizado son una revolución en el conocimiento. Nos permiten pasar de una ciencia aislada en laboratorios, de desarrollos aislados, a una nueva manera de percibir el mundo, que complementa la globalidad con los conocimientos avanzados de las diferentes disciplinas, con el objetivo de ser capaces de diseñar una comunidad humana más integrada en el medio. Este es, en definitiva, el espíritu de la sostenibilidad como nuevo pensamiento para nuevas formas de ser, estar y conocer, lo que manifiesta su afán de integración.

Aportaciones de las teorías alternativas a la sostenibilidad

Teoría	Contenidos	Isomorfismos (aportaciones a la sostenibilidad)
Segundo principio de la termodinámica: entropía	La entropía de un sistema aislado tiende a aumentar en el tiempo.	Los procesos no son ideales, sino que en la realidad hay dinámicas que tienden a aumentar la entropía del mundo.

Fuente: elaboración propia.

Referencia bibliográfica

L. M. Jiménez-Herrero (2000). *Desarrollo sostenible. Transición hacia la coevolución global*. Madrid: Ed. Pirámide.

Teoría	Contenidos	Isomorfismos (aportaciones a la sostenibilidad)
Principio de indeterminación	No es posible determinar de manera simultánea la posición y la velocidad de una partícula.	No existe la objetividad científica. Fin del determinismo newtoniano.
Sistemas disipativos (alejados del equilibrio)	Los sistemas abiertos alejados del equilibrio sólo pueden vivir acoplados a su entorno.	Relevancia de las condiciones del entorno en la pervivencia de los sistemas.
Teoría general de sistemas	Enfoque de los sistemas desde sus relaciones, y consideración del holismo en el análisis científico con las consiguientes emergencias.	Los análisis sobre sostenibilidad tienen que considerar las relaciones de los sistemas y las emergencias derivadas, en contraposición a la ciencia de Descartes, que trocea los problemas en partes sencillas y, a partir de aquí, describe el problema global como suma de las mismas.
Dinámica de sistemas	Metodología de simulación de sistemas.	Apoyo de análisis, sobre todo para la creación de sistemas de medida y orientación a la toma de decisiones sobre desarrollo sostenible.
Teoría del caos	La mayoría de los sistemas de la naturaleza tienen la condición de caóticos, es decir, dependen extremadamente de sus condiciones iniciales y, por lo tanto, no son predictibles.	Desestimación de las ideas de determinismo y cambio de visión de los sistemas reales como caóticos, con el cambio consiguiente en los métodos de análisis.
Teoría de la complejidad	Conjunción de las teorías anteriores: holismo, emergencias, sistemas caóticos, análisis de sistemas etc.	Marco teórico que aglutina las ideas previas, y que puede contextualizar el análisis de sostenibilidad.

Fuente: elaboración propia.

3. Una nueva visión de la sostenibilidad

Hemos visto en el apartado anterior cómo la complejidad ha irrumpido en el debate del modelo de conocimiento y de acción humano, e incide plenamente en la relación humanidad-medio ambiente y le da una profundidad inesperada. Ahora bien, ¿cuál es la respuesta de la sostenibilidad? Para decirlo brevemente, saber que la complejidad es el lugar donde se tiene que desarrollar, pero además considerándola su aliada natural. De la comprensión de un caos portador de libertad y creatividad deben nacer las estrategias para afrontar con éxito la sostenibilidad. Y esta visión es la que desarrollaremos a lo largo de todo el texto.

Lo primero que hay que considerar es que la sostenibilidad surge de igual manera que el capitalismo, **como un intento de organización que solucione los problemas que se plantean, con unos conocimientos dados**. Si el capitalismo se genera históricamente por el crecimiento de los intercambios comerciales y la necesidad de expansión en un globo todavía infinito, la sostenibilidad surge por la necesidad de triunfar en la supervivencia de la especie humana, por la vía de una relación con el medio más lograda y plena, y en un planeta totalmente colonizado y, aún más, sobreexplotado.

Es importante considerar esta evolución natural de las cosas. No existe una voluntad detrás de los procesos históricos, pero sí una dirección concreta, generada por la interacción reiterada de los diferentes agentes que intervienen. En este sentido, la sostenibilidad hoy, como el capitalismo ayer, tiene un carácter de emergencia o contingencia, entendida esta como generación de una respuesta a partir de un problema complejo.

Con la introducción de la contingencia, nos situamos en un plano mucho más incierto e incómodo. Hemos visto cómo la objetividad científica perdía su sólida base, lo que nos obliga a repensar las políticas de toma de decisión, los métodos de análisis e incluso los paradigmas que los convocaron.

El cambio de paradigma que propone la sostenibilidad repiensa estos términos de manera radical: plegándose a su absoluta falta de objetividad científica y sin que esto la deslegitime, a menos que sea pensada en términos cerrados, de soluciones únicas y reflejo de una supuesta verdad.

Asociada a la contingencia, aparece la incertidumbre. Si no podemos abordar los problemas complejos desde la objetividad y si, además, las herramientas para el análisis son fruto del mismo sistema que convocó el problema, la solu-

ción es asumir la incertidumbre también de manera radical. Esto implica huir de pronósticos o predicciones basadas en una sola variable, y preocuparse más del estudio del conjunto y su evolución de manera integral.

En los análisis de conjunto, los indicadores, lejos de perder su utilidad, cambian su función. No se trata ya de llegar a un valor determinado en este o este otro indicador, pero sí se pueden establecer niveles de riesgo o de normalidad. El indicador cambia de objetivo prioritario a señal de control.

En el marco general que hemos presentado, la sostenibilidad en el siglo XXI crece asumiendo radicalmente la visión sistémica del mundo. Veamos a continuación las implicaciones de esta visión sistémica, y el papel que tiene que jugar el conocimiento bajo la nueva perspectiva.

3.1. Las implicaciones de una visión sistémica del mundo

El pensamiento sistémico propugna de manera ontológica una totalidad no fragmentada, un mundo con interexistencia global en el que la única realidad es esta totalidad indivisible e incognoscible. Si la realidad es un continuo impredecible, en el que observado y observador establecen una relación que en ningún caso representa la extracción de la realidad objetiva de lo observado por parte del observador, a la fuerza nos tendremos que instalar en un mundo que se sabe subjetivo de manera irremisible.

Renunciar a las pretensiones de objetividad empieza por rechazar relaciones directas causa-efecto. Utilizando las palabras del físico Neils Bohr, "nuestro trabajo no consiste en descubrir cómo es la naturaleza, sino en qué podemos decir de la misma".

No se trata, sin embargo, de una invitación a la observación pasiva, ni a la pasividad por el desconcierto de la relatividad descubierta. Tampoco la naturaleza sabe, sólo lo sabrá actuando, y el observador, observando. Por el contrario, se trata de una invitación a la acción como auténtica conexión con la realidad. Una acción asentada en la contingencia más que en el riesgo (término muy propio de la sociedad actual, que se identifica más con el miedo que con el azar o lo inescrutable).

La acción vendrá provocada por la consecución de valores que subjetivamente (ya sea de manera individual o colectiva) consideramos no admisibles, ahora o en el futuro, y que son fruto de procesos de los que intentaremos averiguar todo lo que posibilite una acción correctora. La sola consideración de que el camino tomado es aleatorio, azaroso y subjetivo debe, sin duda, condicionar nuestra forma de actuar.

La búsqueda de soluciones de este tipo nos aleja de la búsqueda de la verdad, y nos acerca a las soluciones de calidad, o verdades de compromiso que pueden dar solución contextualizada a los problemas que se planteen. De entrada, no se pueden rechazar métodos heurísticos ni ciencia simple; sencillamente, cada uno debe encajar en su lugar.

La extensión de la comunidad decisoria mediante la colaboración entre expertos locales y científicos, o la modernidad reflexiva (propugnada por el sociólogo alemán Ulrich Beck), que pide un aumento más cualitativo que cuantitativo en los procesos de toma de decisiones, son intentos que apuntan en la dirección mencionada. Los dos exigen una ciencia que aprenda a especializarse en el contexto de una forma nueva.

Del mecanismo de relojería gobernado desde fuera, formado por objetos reales y movido por leyes reales e inamovibles, se pasa a la fertilidad del azar y a la diversidad de soluciones a problemas que toman formas locales, aunque su alcance pueda ser global.

3.2. El papel del conocimiento bajo la nueva perspectiva

En un mundo sistémico como el descrito, el conocimiento se entrelaza de manera indisoluble con la estructura del ser. La cognición no representa una realidad externa, sino que especifica una a través de los procesos de organización circular del sistema nervioso. La mente pasa a verse como un proceso y no como una cosa, y la cognición, el proceso de conocer, se identifica con el propio proceso de la vida.

Estas ideas quedan recogidas en la denominada *teoría de Santiago*, de los científicos chilenos F. Varela y H. Maturana, creadores, entre otros, del término *autopoiesis*, que se entiende como la capacidad de un organismo para organizarse de manera tal que el único producto resultante es él mismo.

Conocer, ser y estar son, bajo la visión que proporciona la teoría de Santiago, un continuo sin principio ni final, en perpetua retroalimentación.

¿No es esto una defensa a ultranza de la contextualización? La inmersión en mundos (o sistemas) territoriales, de conocimiento o virtuales, significa progresivo acercamiento entre lo que se percibe (compleja mezcla entre sensaciones, conocimiento y experiencia), lo que se es y lo que se hace.

La forma y el objeto del conocimiento son trascendentales en el proceso de cambio que implica la sostenibilidad.

La nueva concepción del conocimiento lo hace heurístico y estructurado en red, en lugar de jerárquico y excluyente. La dimensión que toma aquí la sostenibilidad es la de ordenadora del conocimiento, dentro del caos de información: la sostenibilidad como herramienta estructurante y creadora de orden en

medio de la complejidad de una organización con continuas y cada vez más frecuentes interacciones. La sostenibilidad como la investigación de la mente universal, la conciencia de Gaia, el planeta Tierra.

Para un propósito como este, la sostenibilidad pide un nuevo lenguaje. Un "metalenguaje" que va mucho más allá que la simple superposición o adición que propone la multidisciplinariedad.

Si cada ciencia crea su lenguaje, en el que refleja la realidad que ve, ¿cómo se deben poder sumar sus visiones? ¿Y cómo puede esta suma dar como resultado una visión nueva? Por este motivo, cuando se pide un lenguaje nuevo para la sostenibilidad diferente del lenguaje científico, estamos diferenciando sus objetivos o afanes. El afán de la ciencia es tomar las cosas que perciben nuestros sentidos y desmenuzarlas como si estuviesen constituidas por unidades más pequeñas, que al descifrarlas nos ayudarán a entender lo que nuestros sentidos perciben. El lenguaje científico es coherente con este afán, pero no se puede extrapolar a otros afanes. El afán de la sostenibilidad es el de integrar todos los afanes que separadamente nos proporcionan nuestros sentidos y darles coherencia: el afán de la integración.

La reclamación del nuevo conocimiento y del nuevo lenguaje no renuncia al saber acumulado, sino que los utilizaremos cada vez que la realidad observada los pida.

Bajo esta visión, cambia el enfoque de los problemas que hay que resolver o, dicho de otro modo, cambian los problemas que hay que resolver. Si hablamos, por ejemplo, de energía, la pregunta no será más qué gestión o qué tecnología nos permite una eficiencia energética que reduzca n veces el consumo; la pregunta, ahora, es: ¿cuántas miradas diferentes y cuántos estilos de vida es capaz de generar el concepto de energía que emerge como necesidad?

Una vez llegados a este punto, estamos en disposición de definir nuevamente la sostenibilidad. Por este motivo, partiremos de la definición de desarrollo sostenible del profesor Jiménez Herrero:

El desarrollo sostenible se presenta como un proceso de cambio y transición hacia nuevas formas de producir, consumir y distribuir, pero también hacia nuevas formas de ser, estar y conocer.

Observemos que en la definición aparecen dos ternas de elementos: producir, consumir y distribuir; y ser, estar y conocer. En la explicación sobre pensamiento sistémico hemos visto la influencia que tiene el conocimiento en la segunda de las ternas, y cómo esta es en realidad un continuo ser-estar-conocer.

Referencia bibliográfica

L. M. Jiménez-Herrero (2000). *Desarrollo sostenible. Transición hacia la coevolución global*. Madrid: Ed. Pirámide.

Durante dos décadas, el desarrollo sostenible ha intentado modificar las formas de producir, consumir y distribuir, y siempre ha encontrado unas resistencias latentes que han hecho fracasar cualquier intento de cambio de trayectoria. Las medidas correctoras han tenido su pequeña eficacia, pero en ningún caso se ha variado el curso de un desarrollo desbocado.

La clave de este fracaso la tenemos que buscar en la escasa atención prestada a la segunda terna. Por este motivo, se propone una definición de sostenibilidad que, partiendo de las mismas ternas, extraiga una secuencia cronológica y causal en la que haga prevalecer la segunda sobre la primera. De este modo, la sostenibilidad se convierte en visión más que en proceso, que definimos así:

La sostenibilidad es una visión que permite nuevas formas de ser, estar y conocer, para así crear nuevas formas de producir, consumir y distribuir.

Vemos, pues, que el papel del conocimiento es clave en el planteamiento propuesto, como punto de entrada en el continuo ser-estar-conocer. Sin embargo, ¿es casual la proliferación de la palabra *conocimiento* en expresiones frecuentes últimamente y que tratan de describir la sociedad y los procesos resultantes de la última revolución tecnológica como sociedad del conocimiento o gestión del conocimiento?

Exploremos una explicación alternativa a la mera casualidad. La denominación *sociedad del conocimiento* nace de una evolución de la sociedad de consumo. La revolución tecnológica de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha facilitado el desplazamiento del consumo a bienes más intangibles, entre los cuales la información es el más importante.

Sin embargo, no nos llevemos a engaño. Aquello a lo que hemos llegado, lejos de lo que se podría esperar del apelativo *sociedad del conocimiento*, es más la sociedad del dato, como la ha denominado acertadamente Ramon Folch. Es decir, una sociedad ávida de información sólo como sustituta de lo que en otro día habría podido suponer un trozo de pan o una camisa nueva, sin ningún otro valor más allá del propio consumo instantáneo.

Ante la capacidad que han mostrado las sociedades tecnológicamente avanzadas para generar y consumir cantidades ingentes de información, surge la expresión *sociedad del conocimiento*, que expresa más un deseo que una realidad. Como convendremos, poco se parece una cosa a la otra; y todavía más, lo que proporciona este consumo compulsivo de información es una disgregación absoluta de intereses, en la que lo importante no es cualitativo sino cuantitativo, cuanto más, mejor.

La otra tendencia en torno al conocimiento, de la que ya hemos hablado a lo largo del texto, es la de su compartimentación, con los riesgos que hemos visto que esto comportaba: el resultado es el de una falta de adecuación cada vez más amplia, profunda y grave entre nuestros saberes –separados, desmenuzados, compartimentados en disciplinas– y, por otra parte, el conjunto de realidades o problemas cada vez más pluridisciplinarios, transversales, multidimensionales, transnacionales, globales, planetarios. Los problemas por la falta de sostenibilidad se encuentran entre estos: reales pero inaprensibles bajo el modelo de conocimiento actual.

Frente a esto, **la sostenibilidad se presenta como elemento ordenador y aglutinador de conocimiento**, al reconocer que frente a la avalancha de información a la que estamos expuestos, son necesarios marcos que den sentido a los pedazos de conocimiento que ahora aceptamos como totalidad, y que no son más que una fragmentación del todo que hay que construir.

Sólo mediante la construcción de estos marcos, el conocimiento puede potenciar su doble vertiente de local y universal y enlazarlas. El conocimiento local responde a contextos, difícilmente se puede codificar en lenguaje estándar y es, por lo tanto, más experiencial que discursivo. El conocimiento universal, en cambio, es de validez universal y complementa el conocimiento local cada vez que este lo llama.

En definitiva, la sostenibilidad considera hoy más importante influir sobre el círculo ser, estar y conocer, al que accede por la vía del conocimiento. La segunda terna (producir, consumir y distribuir) tiene que venir como consecuencia directa de la aplicación de la primera. El nivel tecnológico actual no debe ser, aparentemente, inconveniente. Sólo es preciso un reenfoque en función de lo que, bajo la nueva visión, se percibe como problema o como oportunidad.

Las TIC, además, permiten una descentralización que juega a favor del modelo propuesto. La globalización es, en efecto, compatible con modelos de organización diferentes al actual. Si estamos hablando de la importancia del contexto en la aplicación y la práctica de la sostenibilidad, no nos tiene que extrañar encontrar ideas como TIC o globalización en este punto.

Por otra parte, conocimiento local y conocimiento universal pueden conjugarse de distinta manera en cada uno de los territorios, y la sociedad del conocimiento podría tener uno de sus paradigmas en la "especialización flexible", es decir, adaptada al lugar y al momento.

Para poder alcanzar los retos que se plantean, la sostenibilidad necesita incorporar en su visión y su práctica una serie de conceptos que pasamos a describir de manera sucinta y que encontraremos incorporados en muchas de las corrientes que examinamos en el apartado siguiente.

- **Jerarquía:** la capacidad de ordenación es indispensable para la construcción de marcos cognitivos como el que reclama la sostenibilidad. Por este motivo es necesaria una jerarquía clara de conceptos, según su capacidad de influencia.
- **Integración:** el complemento a la introducción de la jerarquía es la capacidad de integración. La integración en el marco de funcionamiento de la sociedad actual se reduce a la traducción económica, de manera que la economía y su lenguaje se han acabado convirtiendo en lengua franca. No obstante, la integración no es la apropiación de una disciplina por otra, sino la existencia de reglas que desde fuera de las disciplinas individuales permiten la construcción de edificios cognitivos más amplios.
- **Escala:** el concepto de escala tiene también relación con la capacidad de influencia. Desde un punto de vista sistémico, la escala tiene que ver con la distancia al centro de las estructuras que generan patrones de comportamiento y hechos. No se trata, por lo tanto, de una escala territorial, aunque pueden coincidir, sino de proximidad causal o posibilidad de influencia. De la misma manera, y siguiendo con el razonamiento sistémico, será necesario que hablemos de lógicas y velocidades diferentes, así como de evoluciones particulares. Estos términos toman todo el significado desde una aproximación sistémica de la sostenibilidad.

La sostenibilidad, para acabar, no es más que una herramienta que nos tiene que permitir en primer lugar sobrevivir en las mejores condiciones posibles, y en segundo lugar, prepararnos para abordar como raza aspectos realmente trascendentales dentro de la coevolución con un planeta vivo.

4. Las corrientes actuales

En los puntos anteriores hemos utilizado términos como por ejemplo *sistema*, *entropía* o *propiedades emergentes*, en general términos teóricos para explicar los principios que rigen el concepto de sostenibilidad radical. Sin embargo, no son soluciones en sí mismas, dado que no dan respuestas prácticas para la acción en sostenibilidad.

Hemos definido la sostenibilidad como una visión, y por lo tanto hay que ver qué abanico de acción da esta visión. Por este motivo, en este apartado se añadirán conceptos mucho más prácticos y que conviven con la realidad cotidiana y se acercan a la acción; términos como *comunidad*, *impacto sobre el medio* o *construcción popular*, que describen ideas reales, tangibles y perceptibles que escapan del marco puramente teórico de la complejidad.

En este cuarto apartado queremos repasar algunas de estas corrientes que, hoy día, incorporan el pensamiento de la sostenibilidad en la redefinición de sus respectivos ámbitos.

4.1. Concretando ideas

En las siguientes páginas, se abordarán algunos de los movimientos que en la actualidad, y basándose en la idea de sostenibilidad, ponen en marcha iniciativas con las que mejorar el modelo de desarrollo al que se refieren. Antes, sin embargo, conviene reflexionar sobre algunos conceptos que nos ayudarán a describir las motivaciones de los casos de estudio, así como sus planteamientos y resultados esperados.

4.1.1. Integración

La propia esencia de la sostenibilidad es la de poder aglutinar a su alrededor todo el abanico de movimientos, ideas, grupos de interés y objetivos. Por lo tanto, es natural que la mayoría de los movimientos se basen en la integración de todos estos factores que influyen en el desarrollo de una cierta comunidad.

Algunos movimientos se centran directamente en la integración de los actores para el consenso social y la elaboración comunitaria de una estrategia, pero hay otros que se refieren más al plano del conocimiento y tienen un enfoque más epistemológico. En cualquiera de los casos, se cumple el **afán colaborativo y constructivo de la sostenibilidad**.

Así pues, la integración es una de las herramientas más potentes para conseguir un nuevo horizonte y modelo de desarrollo, en el que se aumentan los factores para tener en cuenta y la posibilidad de éxito, dado que la participación de los implicados aporta calidad a la decisión final.

4.1.2. Localización

Una de las consecuencias de la globalización es la especialización en un ámbito mundial de las tareas productivas. Ya nos hemos referido anteriormente a fenómenos como las *maquiles*, o la especial incidencia de la industria extractiva en países del sur. Otros aspectos menos obvios hacen referencia al fenómeno de la globalización, especialmente los relacionados con la alimentación.

Los productos fuera de temporada han tomado especial relevancia en nuestra dieta. Por ejemplo, gran parte de los tomates y hortalizas de verano que comemos en invierno son importados desde países donde la estación del año es buena para cultivarlos. Esta especialización, más allá de los problemas medioambientales que genera (debido a los largos caminos recorridos por los productos antes de su punto de consumo final), o incluso sociales, hace más vulnerable a nuestra sociedad. Otro ejemplo está relacionado con la producción de energía. Las centrales eléctricas están alejadas de los puntos de consumo, y la red de distribución necesaria tiene un rendimiento generalmente bajo, a la vez que provoca un alejamiento del hecho energético en un ámbito cognitivo, debido sólo al hecho de la lejanía entre puntos de la cadena.

Los movimientos para la localización tienen como objetivo centrar la producción (de alimentos, energía o cualquier otro recurso necesitado) en **puntos próximos al consumo final**, con el objetivo de reducir la dependencia exterior.

4.1.3. Resiliencia

Tal y como ya definimos a la primera unidad, la resiliencia hace mención a aquella propiedad de un determinado sistema que le permite adaptarse a los cambios del entorno. Se dice que una mayor resiliencia supone la **reducción de la vulnerabilidad** de aquel sistema para su pervivencia.

En los movimientos que repasaremos a continuación, esta idea se refiere a la capacidad de mantener el nivel de bienestar de una determinada comunidad sometida a cambios en el entorno sobre los que no tiene control, pero que la afectan en su día a día. Tal y como se ha explicado, en los movimientos para la localización el foco principal es el aumento de la resiliencia en una cierta comunidad.

4.1.4. Comunidad

El concepto de comunidad va más allá del de ciudadanía. Hace referencia al fomento del sentimiento local –sin dejar de lado las conexiones de este con la globalidad–, para reforzar de este modo la **identidad** de una determinada agrupación de personas. En general, esta idea puede enriquecer la gestión territorial. El desarrollo del sentimiento de comunidad es, según muchos movimientos actuales, una manera de **mejorar la gobernabilidad** de una agrupación humana, ya que cualquier tipo de institución de Gobierno a pequeña escala permite conocer de primera mano la situación de la zona de influencia y puede abrazar distintos aspectos que instituciones demasiado grandes no pueden cubrir.

Como ya indicó el economista E. F. Schumacher en su publicación *Small is beautiful*, parece que las soluciones actuales pasan por una disminución de la escala de las organizaciones, eliminando su carácter complicado y haciéndolo más complejo en relaciones: en definitiva, aumentando la resiliencia de las comunidades y su belleza. En palabras del autor: "El hombre es pequeño y, por lo tanto, lo pequeño es bonito".

En los puntos que siguen a continuación, haremos un repaso a los movimientos más extendidos y relevantes sobre la sostenibilidad. Ya que todos tienen un discurso central diferente, los hemos agrupado en tres categorías según el principio que los mueve. De este modo, distinguiremos los tres grupos siguientes:

- **Movimientos localizadores**, movidos por el afán de localización, sobre todo de la producción.
- **Movimientos de economía** alternativa, cuyo motor es el diseño de economías diferentes a la actual; en general, movimientos de carácter más teórico.
- **Movimientos integradores**, cuyo hilo teórico es el pensamiento sistémico.

4.2. Movimientos localizadores

Como su propio nombre indica, estos movimientos trabajan de manera comunitaria en la reducción de la escala de los distintos aspectos de desarrollo de su entorno geográfico más próximo. El objetivo es, pues, la creación directa de resiliencia, con el fin de tener capacidad de adaptación a las dificultades que los acontecimientos futuros puedan deparar. Estos movimientos parten del hecho de que el modelo de desarrollo actual se basa en una serie de dinámicas que, a la fuerza, deberá verse disminuida en el futuro.

Referencia bibliográfica

E. F. Schumacher (2001). *Small is beautiful*. Madrid: Ed. Tursen/Hermann Blume.

Otro de los aspectos que las corrientes para la localización poseen en común es que centralizan su actividad en la acción comunitaria, como medio de aseguramiento del éxito del cambio hacia nuevos modelos socioeconómicos más en concordancia también con el medio ambiente (aunque, excepto en el caso de la permacultura, el medio ambiente no forma parte del discurso central).

4.2.1. Permacultura

La permacultura centra sus esfuerzos en el diseño de un entorno humano plenamente integrado con las dinámicas naturales. El movimiento surge en los años setenta en Australia, a partir de los primeros pasos de Bill Mollison y David Holmgren, dos agricultores concienciados con los intensos impactos biológicos que la agricultura intensiva genera sobre las tierras fértiles (y no fértiles). Lo que en principio era una idea que revolucionó muchas escuelas de agricultura del mundo y que dio pinceladas sobre cómo podía contribuir el cambio de producción agraria a la mejora medioambiental, se convierte en los ochenta en un movimiento holístico que incorpora al hombre en su discurso.

Los principios de la permacultura (representados en forma de mándala en la imagen) se basan en la aproximación sistémica a los sistemas naturales, en los que las relaciones entre humanos y el resto de las especies cobran más importancia que la mera existencia de estas especies. De este modo, desde el punto de vista de este movimiento, no es tan importante qué tipo de cultivo hacemos o en qué cantidad, sino que se debe definir (sobre todo de manera empírica) cuáles son las especies óptimas para un cierto terreno. En general, la permacultura posee tres patas, que son las siguientes:

- Ética sobre el cuidado del medio ambiente y las personas y limitaciones en la población y el consumo. Los principios éticos de la permacultura se agrupan en siete categorías: manejo de la tierra y la naturaleza, ambientes construidos, herramientas y tecnología, educación y cultura, bienestar físico y espiritual, economía y finanzas y tenencia de tierras y Gobierno comunitario.
- Principios ecológicos derivados de la observación natural.
- Diseño de herramientas implementables con la política local y con la utilización de los mínimos recursos.

La agricultura natural de Masanobu Fukuoka

El agricultor japonés Fukuoka, nacido en una familia de granjeros, se puede encuadrar dentro de la permacultura. Aun así, su enfoque es un tanto especial, debido a que su motivación es la minimización del trabajo en el campo; de este modo, obtiene al mismo tiempo los mayores rendimientos agrícolas y un enriquecimiento progresivo del suelo, que no sufre la presión que la agricultura intensiva supone.

Por este motivo, la agricultura Fukuoka requiere el libre crecimiento de los vegetales, y reproduce las condiciones naturales del entorno de la manera más fiel posible. Básicamente esto implica que si, por ejemplo, estamos cultivando bosques en un terreno, las semillas se deben extender en el bosque, pero no hay que talar los árboles. Se trata de

Referencia bibliográfica

D. Holmgren (2002). *Permaculture: principles & pathways beyond sustainability*. Australia: Holmgren Design Services.

una agricultura contemplativa, en la que, en palabras del propio Fukuoka, se empieza dando para después recibir de la tierra, en lugar de exigirle hasta el punto de agotarla por completo.

El epicentro de su filosofía es el *no hacer*: no labrar, no utilizar abonos, fertilizantes, herbicidas o insecticidas, no eliminar malas hierbas y no podar. La minimización de la intervención humana supone que la naturaleza se desarrolle a su ritmo; por lo tanto, el impacto no la destruirá.

La siembra en el sistema Fukuoka se lleva a cabo mediante los *nendo dango*, bolas de arcilla que contienen unas pocas semillas, las cuales se esparcen por el terreno. El barro protege las semillas hasta que las primeras lluvias llegan, y entonces se deshace y la semilla empieza su crecimiento. Las semillas del producto final se acompañan con algunas de trébol blanco, que germinan más rápidamente y protegen el suelo de la luz del sol, sin dejar crecer las malas hierbas, al mismo tiempo que los restos de la cosecha anterior no se retiran, sino que sirven como nutrientes del sol para la temporada siguiente. Como se ve, otra de las ideas imperantes es la no duplicación de esfuerzos: mejor que desherbar o labrar es llevar a cabo prácticas que no generen estas situaciones indeseables.

Este método supone un avance a la teoría general de la permacultura, que no dota de herramientas. Si bien se trata un método bastante eficiente para las tierras de las islas tropicales de Japón, ejemplifica una manera alternativa de hacer y que, además, proporciona resultados excelentes.

Podéis descargar el libro *La revolución de una brizna de paja* en PDF.

El principio de isotropía que ya presentamos se aplica directamente al diseño de entornos de cultivo, dado que en un determinado lugar, la observación de las dinámicas ecosistémicas de sus sistemas ecológicos como bosques o lagos es lo que da las claves para modelar la forma de un sistema de cultivo integrado directamente con el entorno, y que no entre en contradicción con sus procesos habituales.

La permacultura es un mundo muy extenso que se debe estudiar con más detalle, ya que evoluciona desde el punto de vista inicial, centrado en los métodos de cultivo, hasta abordar otros aspectos como la producción de energía y considerar la necesidad de localización para la sostenibilidad. Por este motivo, la permacultura es una ideología sobre la cual los movimientos que a continuación describiremos asientan parte de sus principios de actuación.

Mándala de la permacultura



Fuente: Graham Brunett.

4.2.2. Transition Towns ('ciudades en transición')

El movimiento *Transition Towns* parte del intento de aplicar el diseño de la permacultura a ciudades y pueblos, teniendo en cuenta la gran vulnerabilidad que el modelo productivo actual causa a las sociedades contemporáneas. En el año 2005, Rob Hopkins empezó a desarrollar la idea de un nuevo imaginario de población a partir de un curso de permacultura en la pequeña población de Kinsale (Irlanda).

El planteamiento de partida era muy sencillo: si la dependencia exterior de nuestras poblaciones es tan alta, ¿qué pasará cuando el fenómeno del *peak-oil* y los graves efectos del cambio climático no nos permitan continuar quemando combustibles fósiles a este ritmo (de modo que se reduzcan la capacidad de movilidad de personas y mercaderías y la producción de energía)? Estos dos efectos del modelo de desarrollo global son los puntos de partida de una teoría que actualmente encuentra aplicación en ciudades y pueblos de Australia, Canadá, Inglaterra, Alemania, Irlanda, Italia, Holanda, Nueva Zelanda, Escocia, Sudáfrica, España, Estados Unidos y Gales.

El *peak-oil* hace referencia a la llegada del punto en el que la demanda de crudo supere la oferta. El *peak-oil* no implica el agotamiento del petróleo, pero sí la incapacidad de la producción de atender las necesidades crecientes de la demanda, debido principalmente no a su escasez (se sabe que todavía existen

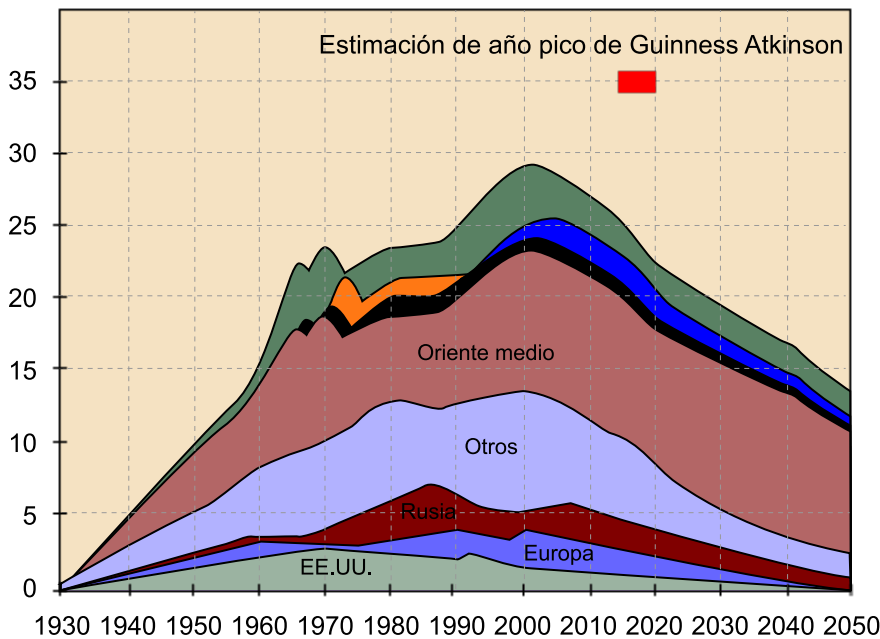
grandes cantidades de crudo bajo la superficie), sino a la falta de medios productivos que hagan rentable su extracción. Efectivamente, cada vez más, el petróleo se encuentra en bolsas más alejadas de tierra firme, y por lo tanto los costes de extracción aumentan. También es notoria la gran inseguridad de abastecimiento que existe debido a que el recurso está presente en más cantidad en zonas de alta inseguridad política y geográfica.

Aunque la idea surgió, como se ha visto, de los principios directores de la permacultura (principalmente, la necesidad de entendernos como una especie integrada en el sistema natural), el centro del diálogo de las *Transition Towns* es la localización de la producción, con el objetivo de superar los problemas que en el futuro supondrán los fenómenos ya indicados. Por este motivo, las herramientas principales son la construcción de resiliencia y la relevancia de la comunidad local como vía fundamental de cohesión de las personas, que deben ser protagonistas directas del desarrollo de su pueblo.

Representación gráfica del *peak-oil*

Curva de Hubbert de la producción mundial de petróleo y líquidos de gas natural

Miles de millones
de barriles anuales



Fuente: The Association for the Study of Peak Oil and Gas. C. J. Campbell, junio de 2004

Fuente: The Association for the Study of Peak Oil and Gas (2004).

El movimiento fue creado directamente para su paso a la acción. En palabras del fundador del movimiento:

"It is no longer just a case of whether we should be questioning the forces of economic globalisation because they are unjust, inequitable, or a rapacious destroyer of environments and cultures. [...] The Transition Handbook is more than a book of problems and ideas. It is about solutions."

Rob Hopkins (2008). *The transition handbook. From oil dependency to local resilience* (pág. 14). Totnes: Ed. Green Books.

Las iniciativas en transición requieren un grupo de personas interesadas en empezar la acción de cambio de su población y que mantengan una posición optimista hacia el cambio. A partir de aquí, existe un gran conjunto de dinámicas de grupo para empezar a imaginar cómo se quiere que sea la población, cómo concienciar a los menos creyentes y por dónde empezar a actuar.

Las poblaciones actuales más desarrolladas se encuentran en Reino Unido. Algunas de estas, como la de Totnes (la primera iniciativa en transición), poseen huertos urbanos, sistemas de moneda local, sistema asambleario de decisiones y todo un conjunto de medidas que han ayudado a la población a llevar a cabo acciones que contribuyen a la resiliencia. A modo de ejemplo, diremos que una de las medidas más curiosas que han aumentado la satisfacción de la población, y que además han contribuido a la reducción de dependencia exterior, ha sido el cambio de los árboles de la calle por fruteros con frutas comestibles. Con una medida tan sencilla, se consigue que algo tan imprescindible como la sombra en la calle se convierte al mismo tiempo en una actividad productiva.

Otro punto que ayuda al éxito de las *Transition Towns* es su vertiente colaborativa incluso con las autoridades locales, con lo que se demuestra su capacidad integradora y cooperativa. En el caso de Totnes, el apoyo oficial ha sido imprescindible y ha permitido, entre otras cosas, que la moneda local haya disfrutado de una gran aceptación y que hoy día exista, incluso, una oficina de atención al ciudadano sólo para temas relacionados con actividades "*transition*".

En lo que respecta a Cataluña, existe un grupo de *Transition Towns* en Barcelona y, de manera incipiente, un segundo grupo en la localidad de Vilanova i la Geltrú, aunque los dos se encuentran todavía en las primeras fases de desarrollo.

4.2.3. *Slow food*

La aceleración del ritmo de vida y sus repercusiones sobre la alimentación fueron los motores de creación de un movimiento que ya cuenta con más de 25 años de recorrido. El detonante fue principalmente la crítica a ciertas empresas de comida rápida, por sus impactos sobre la salud. De manera conjunta, surge nuevamente la idea de la necesidad de localizar la producción, aunque en este

movimiento el concepto de resiliencia no se utiliza de manera explícita. En gran medida, la principal justificación de la reducción de escala de producción es la mejora en los sabores de las comidas cocinadas.

Gran cantidad de restaurantes poseen el sello de *Slow Food*. Se trata de restaurantes en los que los ingredientes se cultivan en el huerto del restaurante y se recolectan en el momento de ser cocinados. De esta manera, el sabor se intensifica, el cliente sabe que los ingredientes han sido cultivados con técnicas no industriales y, además, se promueve la idea que el propio nombre de la iniciativa tiene: comer tranquilamente y con bastante tiempo como para disfrutar al máximo la comida.

En la actualidad, *Slow food* es una estructura internacional dedicada a la difusión de estos principios, que ha expresado formalmente mediante los puntos directores siguientes.

- **Defensa de la biodiversidad:** defender la no extinción de especies vegetales y animales que corren el riesgo que la producción industrial del sector agrícola provoca. De esta manera, se apoya el mantenimiento de diversidad no sólo biológica, sino también cultural, dado que la alimentación es una de las formas de expresión cultural.
- **Educación del gusto:** redescubrir los sentidos es otro objetivo de *Slow Food*, teniendo en cuenta que los restaurantes de comida rápida y las especies vegetales cultivadas en la actualidad (muy productivas, pero de menor calidad alimenticia) debilitan los sabores de los alimentos. De este modo, se destaca la importancia de saber de dónde vienen los productos que comemos, cómo han sido producidos y por quién.
- **Poner en contacto a productores y coproductores:** apoyo de mercados alternativos de alimentos, lo que permite que pequeños productores puedan vender su cosecha en entornos locales. De esta manera, también se impulsa la cooperación comunitaria y la asociación de compradores sobre la temática central del movimiento.

Si bien *Slow Food* abraza el sector alimentario, su perspectiva es también bastante sistémica en el sentido de que el alimento es contemplado como algo que nos construye como personas, que tiene un impacto sobre el medio ambiente y que es, quizá, una buena manera de unir a comunidades hacia la localización de una producción de calidad.

4.3. Movimientos de economía alternativa

La ciencia económica ha intentado aproximarse a la sostenibilidad por distintas vías. Los movimientos que a continuación describimos están basados en la necesidad del cambio de los rasgos económicos que el libre mercado vigente

posee. Si bien no son tan aplicados como los movimientos anteriores, su foco de acción es más académico o político y parte de la base de que el cambio económico es fundamental para el cambio hacia la sostenibilidad.

Aunque no entran en contradicción con los movimientos anteriores o los principios teóricos descritos al principio de la unidad, se puede decir que el descriptor que más se adapta a estos es la integración. No en vano, se trata de pensamientos basados en la necesidad de la incorporación al pensamiento económico de criterios que rebasen o limiten los clásicos de oferta y demanda, precio de las mercaderías, ganancias o la necesidad de medir de alguna manera el impacto ecológico de la actividad económica, vía la internalización de externalidades.

4.3.1. De la economía ambiental a la economía ecológica

La economía ecológica, una de las corrientes más arraigadas en España y Cataluña, analiza la economía como un proceso abierto, en interrelación con el medio ambiente y las personas. El cambio de visión que propone parte de la base de que ni el medio ambiente ni las personas son miembros del sistema económico, sino que el primero se basa las segundas y está soportado por las mismas.

Podemos encontrar los antecedentes de la economía ecológica en la **fisiocracia**, movimiento desarrollado en el siglo XVIII en Francia. Los pensadores fisiocráticos argumentaban que el único trabajo realmente productivo era el agrícola, ya que en el mismo se unían las fuerzas del hombre y del resto de la naturaleza. En esta visión, la naturaleza es vista como una colaboradora del hombre, y no como un simple lugar del que extraer materiales y en el que lanzar residuos. La naturaleza posee *per se* un valor. Este principio fisiocrático es compartido en la actualidad con la economía ecológica.

La fisiocracia, como escuela de pensamiento, fue desbancada de manera progresiva por la escuela liberal, que implantó sus ideas sobre el capitalismo en el pensamiento económico, hecho manifestado en la creación de los bancos, el enfoque del problema de la producción en la productividad como medio de aumento de los beneficios, etc.

A partir de mediados del siglo pasado, sin embargo, se empieza a hacer patente el efecto de las **externalidades** que las actividades generan sobre los ecosistemas y sobre el ser humano. A partir de aquí, ciertas corrientes como la economía del bienestar y la economía ambiental empiezan a abrirse paso entre diferentes círculos académicos.

La **economía del bienestar**, de la que fue pionero Arthur Cecil Pigou, surgió como oposición a los principios de Marshall, quien en la década de los cincuenta del siglo XX hablaba sobre externalidades positivas de la actividad económica. El bienestar, dice Pigou, no puede conseguirse con un modelo pro-

ductivo y económico en el que haya externalidades negativas y un mayor intervencionismo estatal. La imposibilidad de medir aspectos tan abstractos debilitó estas teorías, que al menos habían sembrado la discusión sobre lo permisivos que debíamos ser con los efectos perniciosos de la economía sobre el medio.

El próximo paso lo dio la **economía ambiental**. Utilizando el mismo lenguaje económico, los partidarios de esta corriente veían como solución de las externalidades la contabilización del capital natural y su incorporación a la medida y los indicadores económicos.

La variable clave en los dos casos vistos es la del capital natural, es decir, aquel capital que tenemos que administrar para que sus réditos no decrezcan a lo largo del tiempo. Ahora bien, una corriente encabezada por representantes de lo que se ha venido a denominar *economía ambiental* añade otros capitales, de manera que se llega a la ecuación siguiente:

$$K_T = K_n + K_m + K_h + K_{sci}$$

En la que el capital total (K_T), aquel que se debe conservar, está formado por la suma de los diferentes capitales parciales:

K_n es el capital natural, stock creado por la naturaleza, que proporciona el flujo de bienes y servicios útiles para el presente y el futuro.

K_m es el capital manufacturado, elaborado por el ser humano mediante el sistema productivo.

K_h es el capital humano, basado en los conocimientos humanos y la capacidad intelectual.

K_{sci} es el capital social, cultural e institucional, derivado de una determinada forma de organización.

De esta manera, la economía ambiental produce una serie de artefactos más o menos sofisticados que intentan explicar el desarrollo sostenible desde planteamientos únicamente económicos.

Son evidentes los avances que esta disciplina ha introducido en la gestión de políticas ambientales. Sin embargo, hay que reducir su alcance en este asunto particular: los planteamientos de la economía ambiental no son capaces de provocar el cambio de modelo que pide la sostenibilidad.

El punto de partida que lleva a la economía ambiental a producir todo su corpus de conocimiento es el tratamiento del desarrollo como un problema de asignación de bienes escasos, es decir, un problema de naturaleza estrictamente económica o que, después de sucesivas transformaciones, se podrá reducir a esto.

El establecimiento de los límites de supervivencia del planeta, así como exponerlos en lenguaje económico, servirá para definir los límites de actuación, pero nunca nos dirá cuál es el modelo de funcionamiento en el intervalo de confianza.

Robert Merton Solow, principal precursor de la economía ambiental, afirma que el capital total de una nación es la suma del capital natural (recursos naturales), capital manufacturado (mercaderías procesadas), capital humano (inteligencia, procesos de innovación y mano de obra) y el capital social y cultural. De nuevo, la medida de estas categorías es bastante dificultosa, pero los principios de esta corriente, si pudieran medirse, dirían que la sostenibilidad se consigue en el caso de que el capital total no descienda. Dicho de otro modo, estos capitales son intercambiables.

Esta idea es expresada por Herman Daly mediante sus tres principios, que son los siguientes:

- Los recursos renovables no pueden ser consumidos a una velocidad superior a su velocidad de regeneración.
- Los recursos no renovables, que se asume que son sustituidos de manera progresiva por otros renovables, no pueden ser consumidos a una velocidad superior a aquella a la que se sustituyen por renovables.
- La emisión de residuos al medio tiene que hacerse a una velocidad inferior a aquella de asimilación y autodepuración del planeta.

Según estos principios y la fórmula explicada anteriormente, si se tala un bosque y a partir de la madera se genera papel de manera no contaminante, la sostenibilidad está asegurada siempre que la tala se lleve a cabo a un ritmo lo bastante bajo como para que el bosque se regenere en un corto periodo de tiempo: esto se debe a que el capital natural (bosque) se ha transformado en capital manufacturado (hojas de papel) y, por lo tanto, el capital total se mantiene constante.

Estas teorías, más completas que las de la economía del bienestar, no dejan de enmarcarse en el paradigma del crecimiento económico. Esto, unido al hecho de que no hay posibilidad de medir en términos monetarios todo el ecosiste-

Referencia bibliográfica

R. Solow (1963). *Capital theory and the rate of return*. Ámsterdam: Ed. North-Holland publishing company.

ma o los patrimonios culturales, hace que la economía ambiental haya sido muy criticada. Como alternativa, surge más recientemente la corriente de la economía ecológica.

Los movimientos de **economía ecológica** se basan en la necesidad de romper con los principios, las lógicas y los conceptos del sistema económico actual. La explicación que esta escuela da a la existencia de externalidades es el carácter desintegrador y compartimentado del análisis económico actual, en el que no se han considerado las consecuencias sobre el medio ambiente de las acciones económicas. Estas han sido eclipsadas por las tradicionales valoraciones sobre el precio, los óptimos de Pareto o el análisis del riesgo de una cierta inversión. Sus principales precursores son Nicholas Georgescu-Roegen, Herman Daly, José Manuel Naredo y Joan Martínez Alier.

El pensamiento revolucionario que la economía ecológica aporta al conocimiento es básicamente el que explica que **la naturaleza tiene valor por sí misma**, justo al contrario de la asunción general que considera que somos los humanos los que, mediante nuestra actividad económica, la hacemos más o menos valiosa por medio de la asignación de precios.

Los aprendizajes de la segunda ley de la termodinámica se vuelven importantes en este pensamiento: se trata de la idea de que la materia y la energía se degradan de manera continua e irreversible, desde una forma disponible a otra que no lo es, de orden a desorden, independientemente del uso que hagamos de la misma. El principal desarrollador de la denominada *termoeconomía* ha sido Nicholas Georgescu-Roegen.

La holística se vuelve clave para los economistas ecológicos, debido a que se parte de la base de que la economía está integrada en el ecosistema, así como en la sociedad (en contraposición a la idea actual de que actuamos y, entonces, pensamos cómo el ecosistema sufre o no), de manera que los tres coevolucionan de manera conjunta. Por otro lado, se hace necesaria la interdisciplinariedad de su estudio. La dinámica de sistemas se hace también una herramienta fundamental para la toma de decisiones.

Como se ve, la economía ecológica pasa por integrar todos aquellos principios que ya hemos analizado, y posiblemente se corresponde con la teoría económica más completa en la actualidad. Trabaja y lucha por la integración del medio en el pensamiento económico, y promueve la necesidad del cambio de paradigma imperante del libre mercado. También ha puesto al descubierto la absoluta desigualdad con la que el sistema económico trata a unos u otros, en función de su capacidad de influencia o poder (el "ecologismo de los pobres" de Martínez Alier), lo que demuestra las trágicas **dimensiones sociales de la ecología**.

Referencia bibliográfica

Se hace un muy buen análisis de la economía ecológica en el núm. 2.767 (mayo del 2003) del *Boletín Económico del ICE*. Podéis descargar el PDF.

A pesar de la lógica integradora de la economía ecológica, su análisis todavía está basado en los sistemas tratados como objetos, y por lo tanto sus efectos son producidos por objetos. Es decir, para esta rama económica, los sistemas son objetos en relación y no relaciones en sí mismas, de modo que tiene limitaciones al interpretar los efectos negativos de la economía actual como emergencias de sus procesos. La asunción radical del mundo entendido de manera sistémica rebasa las antiguas definiciones cerradas, como la misma pregunta económica, y obliga a plantearse cuestiones formales que van más allá del mero objeto de estudio.

De este punto se desprende la conclusión de que ninguno de los pensamientos explicados aporta una solución por sí mismo. La economía ecológica ha asumido el pensamiento sistémico, pero ha caído en la trampa, una vez definidos los sistemas, de querer aplicarles las mismas reglas que si tratara con objetos. La economía ambiental, por su parte, ha ignorado las aportaciones del pensamiento sistémico por considerarlo fuera de su campo de estudio. Como hasta ahora, nada nos da ninguna solución definitiva para la sostenibilidad, pero encontramos pinceladas de posibles nuevas visiones.

4.3.2. Economía crítica y postautismo económico

Los movimientos de **economía crítica** parten de la idea de la lejanía que el pensamiento económico posee respecto de la sociedad general. Su acercamiento al caso pasa por la reivindicación de la **democratización de la economía**, con el fin de que la sociedad pueda comprender mejor los mecanismos a los que la economía va asociada.

La economía ha desarrollado un lenguaje propio, al que la mayoría de las personas no puede acceder por falta de formación al respecto. Esta situación no es positiva, ya que los campos sobre los que actúa la economía son de interés general y esta rige aspectos importantes para la sociedad en relación con el acceso de satisfactores para cubrir las necesidades.

Encontramos distintos núcleos de economía crítica que, si bien no se organizan en torno a un núcleo duro conglomerante, trabajan en la misma línea por medio de la publicación de artículos de libre acceso, como la *Revista de Economía Crítica*. En Barcelona existe el Seminari d'Economia Crítica Taifa, que publica bimensualmente los informes de economía crítica, o las páginas denominadas "senzillament", que en pocas palabras dan una buena aproximación a distintos temas.

La economía postautista, que cuenta con sus principales exponentes en la Universidad de Sorbona, se parece en sus planteamientos a la economía crítica. La denominación del término hace referencia a la nueva etapa de la economía

que se quiere promulgar, posterior a la denominada *economía autista*, es decir, una economía sin capacidad de comunicación con la mayoría de las personas de la sociedad o con sociedades enteras.

El desarrollo humano, la protección de los ecosistemas, la economía solidaria o el comercio justo son algunos de los puntos clave que las dos corrientes de pensamiento, prácticamente gemelas, utilizan para justificar la necesidad de una nueva economía más integral y en diálogo constante con el ecosistema.

4.3.3. Decrecimiento

El decrecimiento es una rama de pensamiento próxima a los principios de la economía política. Se basa en la defensa de necesidad de disminución del crecimiento económico como vía de solución de las crisis ambientales generadas en este siglo. Su precursor, Serge Latouche, ha escrito ya varios libros mediante los cuales este movimiento ha encontrado gran aceptación en muchos países europeos.

El decrecimiento es, en palabras de Latouche, una utopía que al mismo tiempo busca la manera de hacerse realidad explorando las posibilidades de cambio de una sociedad poseída por la necesidad creada del consumo ilimitado. Haciendo un paralelismo con el círculo virtuoso del crecimiento explicado por los profesores de economía y tecnólogos de los años sesenta, Latouche define el círculo virtuoso del decrecimiento formado por las "ocho erres" como elementos a partir de los cuales poner en marcha un proceso de cambio, mediante un decrecimiento sereno de la sociedad. A continuación, explicamos estos ocho conceptos:

- **Reevaluar:** el cambio de imaginario es el primer paso para tender a una nueva sociedad decrecentista. El imaginario social es un término que se utiliza con frecuencia para referirse precisamente a cuál es el concepto de sociedad y con qué valores cuenta. Según Latouche, en palabras de Dominique Belpomme, la sociedad actual es más bien una sociedad sin valores. Por lo tanto, el decrecimiento implica la necesidad de sustituir el altruismo por el egoísmo, la cooperación por la competición, lo razonable por lo racional y un largo etcétera. Este primer paso de cambio de imaginario deriva, por consiguiente, al nuevo concepto de estructura de sociedad.
- **Reconceptualizar:** muchos economistas, como el ya citado Illich, denuncian que la economía actual transforma la abundancia en rareza mediante la creación artificial de carencias. El cambio de valor individual se convierte en un cambio en las estructuras cognitivas de la sociedad.
- **Reestructurar:** de la consecución de una nueva lógica del concepto de sociedad surge la posibilidad de estructurar nuevas relaciones en el orden social. La adaptación del aparato de producción y el cambio de las relaciones sociales (ejecutadas por personas con valores propios de la lógica

decrecentista), en función de este cambio de valores, permitirán un nuevo orden social más respetuoso con el medio y el hombre.

- **Redistribuir:** una de las carencias que el modelo capitalista genera es la desigualdad. El decrecimiento habla tanto de desigualdad en un ámbito nacional (o comunitario) como de los grandes desequilibrios entre Norte y Sur globales. Establecer mecanismos de redistribución fortalecidos permite, por una parte, reducir el poder de la gran clase consumidora mundial y, por otra, reducir la incitación del consumo automático. De este modo, según el decrecimiento, un buen mecanismo de redistribución debería llevar en conjunto a una disminución del consumo global.
- **Relocalizar:** nuevamente, la necesidad de reducir la producción al ámbito próximo donde se consumirán los productos finales se perfila como una condición inexorable para tender hacia la sostenibilidad.
- **Reducir:** la idea de reducción es amplia en sí misma, ya que se puede hablar en distintas claves sobre el descenso de consumo. En primer lugar, el propio descenso de consumo supone una menor explotación de recursos naturales. Al mismo tiempo, sin embargo, permite una disminución de la contaminación para suavizar las presiones que los métodos mecanizados masivos propios de la industria intensiva ejercen sobre el medio ambiente. Latouche también habla sobre la necesidad de reducción del turismo de masas, a menudo irrespetuoso con la cultura de los pueblos receptores (o, al menos, falta de integración con la comunidad local), y también en relación con la contaminación gaseosa que se genera. Otra vertiente de la reducción es la del consumo del petróleo, punto en común con el movimiento de *Transition Towns*. Por último, el decrecimiento defiende igualmente la necesidad de reducción de la jornada laboral como medida para combatir el desempleo y, al mismo tiempo, mejorar la calidad de vida de las personas trabajadoras.
- **Reutilizar y reciclar:** el reciclaje y la reutilización son las grandes alternativas al consumo desmesurado y, más aún, a los grandes vectores de generación de residuos. La sociedad ya está concienciada sobre el reciclaje, pero no sobre la reutilización, ya que generalmente todo lo reutilizable se ve como un objeto sin ninguna utilidad o pasado de moda.

Como se ve, la explicación del círculo virtuoso se hace en términos de futuro, y es que, efectivamente, se trata de una explicación teórica de hacia dónde podría evolucionar la sociedad en el supuesto de que se produjesen cambios ideológicos. No se trata hoy exactamente de una realidad, sino de un imaginario sobre el cambio de imaginario.

Precisamente, esta afirmación es la principal crítica al decrecimiento, que todavía parece estancado en una declaración de intenciones, con un discurso no propio sino basado en la deconstrucción de un ideario alternativo (el del crecimiento), lo que quizá supone su principal debilidad.

4.4. Movimientos integradores

Estos movimientos consideran la integración al eje de su actividad y modelo epistemológico. Para decirlo brevemente, si el afán de la ciencia es el conocimiento, o el de la economía es la distribución de recursos escasos, el afán de la sostenibilidad es la integración. En torno a esta hipótesis central, se estructura una serie de movimientos que proponen modelos o marcos de pensamiento en coherencia con la misma.

Veremos tres ejemplos de estos movimientos: la holoarquía, uno de los marcos teóricos más potentes sobre sostenibilidad e integración; la denominada *ecología profunda*, o *deep ecology*; y movimientos que relacionan la ecología con la espiritualidad, de modo que se cierra el círculo de la integración y se ofrece una dimensión trascendental.

4.4.1. La holoarquía de la sostenibilidad

La holoarquía parte de la crítica a la propensión de quererlo medir todo y dar por hecho que todo lo que hay que medir ya ha sido conceptualizado e identificado, y que sólo un problema de falta de datos y de funciones matemáticas impide que esta medida pueda ser efectiva. Para la holoarquía, pensar en el desafío que la sostenibilidad implica para nuestras sociedades en estos términos es una ingenuidad.

Referencia bibliográfica

Las principales ideas de este apartado han sido extraídas de distintos documentos del economista R. Jiliberto, pero también tiene ideas del filósofo Ken Wilber.

R. Jiliberto (2006). "Holarchy: a fruitful paradigm for qualitative sustainable development models". *I International Conference on Sustainability Measurement and Modelling*. Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, Terrassa.

K. Wilber (1996). *Sexo, ecología, espiritualidad*. Madrid: Ed. Gaia Ediciones.

El análisis holoárquico es un análisis sistémico, como algunos de los que hemos visto anteriormente. Sin embargo, a diferencia de estos, la holoarquía asume radicalmente esta visión. La descripción cualitativa sistémica no tratará, pues, de identificar relaciones funcionales entre entidades ya identificadas y trabajar sobre las mismas. Más bien, intenta hablar de la emergencia que surge de estas relaciones continuadas.

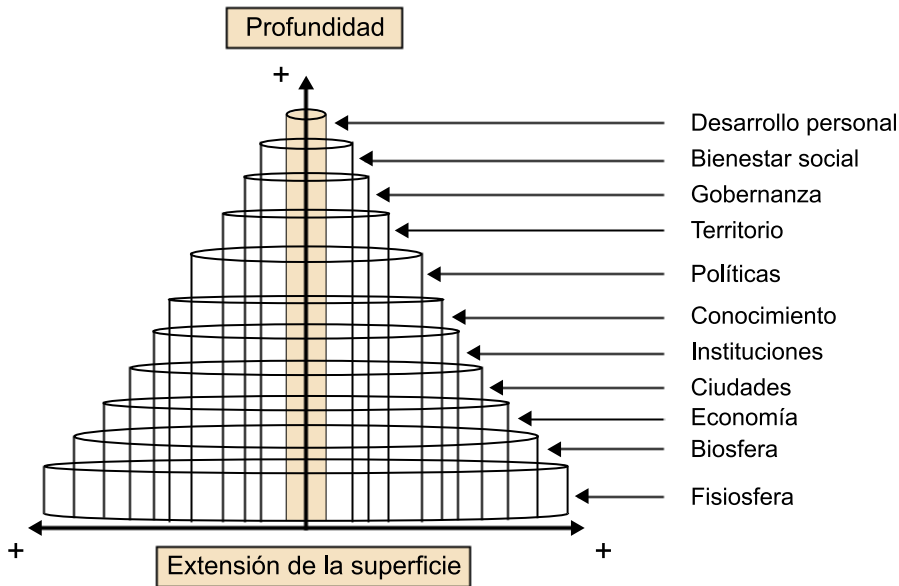
Para poder hablar de los átomos, es preciso describir lo que entendemos por un átomo y desarrollar una teoría que lo explique, ya que nadie puede verlo realmente. De la misma manera, para hablar de la sostenibilidad como objeto de análisis hace falta una teoría sistémica radical, que rebase definitivamente el paradigma mecanicista, capaz de hacer emerger el nuevo objeto de análisis.

En términos cognitivos, lo que la sostenibilidad implica es la necesidad de una **visión integral de nuestro reino / imaginario social** a partir de las constataciones experienciales cotidianas. El primer paso para alcanzar esta visión consiste en tener una noción clara de qué es lo que subyace en el reino social. La sostenibilidad, por lo tanto, no se refiere a la dimensión económica, social o ambiental de la sociedad, ni siquiera a su adición, sino más bien al sistema concebido como un todo muy integrado.

Ahora bien, ¿qué es una holoarquía? Una holoarquía es un sistema de sistemas relacionados de manera jerárquica, o una estructura jerárquicamente organizada, formada por holones. La palabra *holón* procede del griego *holos* –que significa "todo"–, y la acuñó Arthur Koestler en su libro *The Ghost in the Machine*, de 1967. En su acepción moderna, un holón es un sistema o fenómeno que es un todo en sí mismo, así como una parte en un sistema superior. Todos los sistemas, desde el más pequeño al más grande, pueden ser considerados holones. Una holoarquía es, pues, una jerarquía de holones entendidos de esta manera.

El sistema de transporte regional o el sistema nervioso humano son holoarquías. Tienen un cierto grado de autonomía, pero al mismo tiempo son intrínsecamente dependientes de una totalidad superior y, de esta manera, están integrados en una holoarquía. La comprensión de cada uno de los holones y de toda la jerarquía sólo puede ser alcanzada mediante las relaciones jerárquicas establecidas entre los mismos. En la figura siguiente, se muestra una propuesta de holoarquía para la sostenibilidad.

Representación gráfica de la pirámide de la holoarquía



Fuente: R. Jiliberto (2006). "Holarchy: a fruitful paradigm for qualitative sustainable development models". *I International Conference on Sustainability Measurement and Modelling*. Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, Terrassa.

La explicación de la gráfica es sencilla. Los anillos son holones sencillos y están estructurados de tal manera que tienen dos dimensiones básicas: extensión y profundidad. Su extensión se puede asimilar a una dimensión estrictamente cuantitativa, como sus dimensiones físicas. La profundidad puede asimilarse a la dimensión cualitativa, y nos habla del nivel de organización y estructura.

A más diámetro del anillo, mayor extensión del holón correspondiente, y a más altura, mayor profundidad. Los holones situados más en el interior de la pirámide son holones con mayor profundidad y menor extensión física; y a la inversa, los holones situados en el exterior de la pirámide son de mayor extensión pero menor profundidad.

Los holones comprendidos en la holoarquía de la sostenibilidad son los siguientes.

- **Fisiosfera:** el conjunto de materiales y energía de la corteza terrestre, así como sus flujos.
- **Biosfera:** definida como el conjunto de sistemas vivos y sus dinámicas.
- **Economía:** definida como la suma total de las actividades productivas, en el sentido convencional del término.
- **Ciudades:** en el sentido tradicional, los principales nodos territoriales en los que se concreta la función económica.
- **Territorio:** en los dos sentidos del término; el físico, formado por sus elementos estructurantes (como accidentes geográficos, infraestructuras, redes de comunicación, etc.); y en sentido conceptual, el resultado de agru-

par estos elementos para dar lugar a la idea de territorio y pertenencia al mismo.

- **Política:** entendida como la capacidad de establecer una proactividad estratégica.
- **Conocimiento:** en el sentido tradicional de conjunto de materias ordenadas en especialidades. También las infraestructuras necesarias para su creación y difusión.
- **Bienestar público:** entendido básicamente como la suma total de los mecanismos para la equidad social.
- **Gobernanza:** emergencia de una nueva forma de Gobierno que complementa la democracia representativa y está basada en la racionalidad de la deliberación.
- **Desarrollo personal:** entendido como la suma de todos aquellos aspectos que determinan el desarrollo de individuos pertenecientes a una determinada sociedad.

Una vez identificada la holoarquía, es preciso definir las leyes que marcan su comportamiento dinámico, centrado básicamente en la integración entre los diferentes holones. Por este motivo, definimos dos propiedades holoárquicas fundamentales: diferenciación e integración.

La **diferenciación** nos habla de la capacidad de los holones superiores para diferenciarse de los holones situados por debajo. De este modo, por ejemplo, para que la economía sea un sistema logrado se tiene que diferenciar de la biosfera y la fisiosfera, y debe ir más allá de lo que cualquiera de estas dos proporciona por separado.

Con el fin de trascender y diferenciarse, los holones superiores tienen que desarrollar una nueva propiedad, su propio lenguaje. Por ejemplo, la economía trasciende la fisiosfera y altera los flujos de materia y energía, y para este propósito requiere un lenguaje que defina su propio patrón; este patrón, en el caso de la economía, es el patrón de la utilidad, que guía las modificaciones de los flujos. Por otra parte, con el objetivo de trascender la biosfera y superar las posibilidades productivas ofrecidas por los diferentes ecosistemas, la economía necesita un lenguaje más complejo: la tecnología. El lenguaje de la tecnología funciona, por lo tanto, como *driver* de diferenciación.

Un holón situado en medio de la cadena, como la economía, tiene que diferenciarse de todos los holones situados por debajo y desarrollar un lenguaje apropiado para conseguirlo. Sólo así se puede desarrollar de manera adecuada y puede, por lo tanto, desarrollar sus relaciones de diferenciación. La manera en la que los holones inferiores perciben la diferenciación es la **subordinación**.

La **integración**, por su parte, tiene que ver con la capacidad de los holones superiores de integrar a los holones inferiores. En este caso, *integración* quiere decir considerar las necesidades de los holones superiores como parte de la lógica de funcionamiento de los holones superiores. La manera en que los holones inferiores perciben la integración de los superiores es la relación de **cooperación**. Un holón tendrá siempre tantas relaciones de cooperación como holones situados por encima en la cadena holoárquica.

Las relaciones de dependencia entre los holones superiores e inferiores son replicadas de manera sistemática por toda la cadena holoárquica. Los holones superiores son impensables sin el apoyo de los inferiores, pero al mismo tiempo son estos holones inferiores los que condicionan y acomodan la lógica de los holones superiores. Los holones inferiores son más extensos, menos complejos y más superficiales que los superiores. Estos, por su lado, tienen una mayor capacidad para la organización y una progresiva complejidad; estas propiedades garantizan la capacidad de integración del conjunto.

Gracias a las relaciones de cooperación, los holones superiores conservan su equilibrio y reconocen las necesidades vitales de los holones inferiores. Siguiendo con el ejemplo de la biosfera y la economía, tenemos por un lado que la economía se diferencia de la producción de la biosfera y amplía la esfera de la producción de utilidad mucho más allá de lo que los ecosistemas permiten. Para esta finalidad, desarrolla el lenguaje de la tecnología. No obstante, puesto que la economía se asienta sobre dos sistemas u holones inferiores, no puede liberarse o desentenderse completamente de los mismos. Así pues, debe encontrar un método de integración que permita a los holones inferiores continuar existiendo, y la única manera que tiene la economía para cooperar con los mismos es internalizar las externalidades ambientales. Independientemente de cómo se lleve a cabo esta internalización, hay que remarcar la necesidad de que se produzca para evitar disfunciones a lo largo de la cadena holoárquica.

Estas disfunciones son las que pueden llevar a las patologías de la holoarquía. Las patologías aparecen cuando los holones no son capaces de desarrollar sus propiedades de diferenciación/subordinación e integración/cooperación a lo largo de la holoarquía.

El punto crucial para un correcto funcionamiento de la holoarquía consiste en que estas propiedades se transmitan a lo largo de la pirámide holoárquica de manera cuidadosa y apropiada. Como hemos visto previamente, la capacidad de un holón para trascender los holones inferiores y cooperar con estos

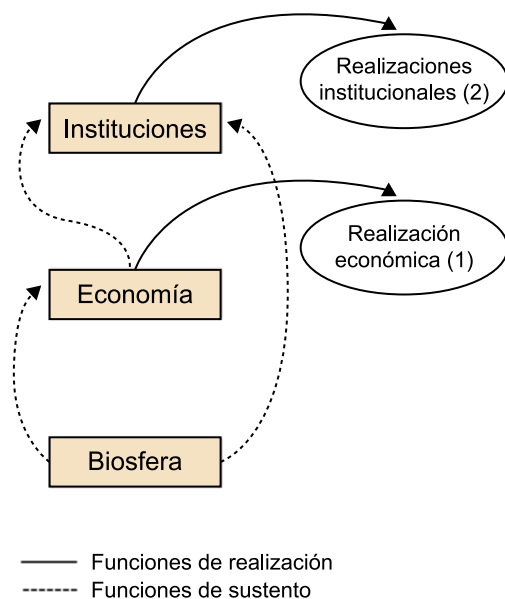
no depende exclusivamente del mismo, sino del funcionamiento de la cadena en su totalidad. Traduciendo al holón económico, podemos decir que la economía no es un fin en sí mismo sino que más bien funciona de acuerdo con los dictados de una serie de holones superiores que determinan su significado. Así pues, si el desarrollo personal se sitúa en la cumbre de la holoarquía de la sostenibilidad, la capacidad del holón "economía" de trascender sus holones inferiores dependerá también del grado de diferenciación del holón "desarrollo personal" de la lógica intrínseca de la esfera económica.

Dicho con otras palabras, si la media de la ciudadanía no trasciende la economía hasta considerarla sólo como un medio para su desarrollo personal, difícilmente podrá la esfera económica trascender e integrar los holones biosfera y fisiosfera de manera saludable. La identificación de desarrollo personal con la esfera económica provocará a la larga la colonización de la pirámide por parte de este holón, y le restará la capacidad de subordinar y cooperar.

Las **funciones holoárquicas** surgen a partir de las relaciones explicadas (de diferenciación e integración) a lo largo de la cadena, comenzando en los holones inferiores y de abajo arriba. Los holones inferiores **sostienen** a los superiores, y este sostenimiento da lugar en los holones superiores a una realización específica, tal y como indica la figura siguiente.

La relevancia de estas dos funciones (de realización y sostenimiento) radica en que un fallo en el desarrollo de las propiedades de diferenciación/subordinación e integración/cooperación se expresa en problemas de sostenimiento y realización. Es decir, se hacen visibles mediante las funciones de la cadena.

Funciones de la holoarquía



Fuente: R. Jiliberto (2006). "Holarchy: a fruitful paradigm for qualitative sustainable development models". *International Conference on Sustainability Measurement and Modelling*. Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, Terrassa.

Las patologías de la holoarquía pueden ser observadas a través de las dos funciones descritas. Por ejemplo, el hecho de que la fisiofera no pueda proporcionar de manera adecuada flujos materiales a la actividad económica se reflejará en la realización: la producción de los ecosistemas disminuirá, los desequilibrios ecológicos se romperán, etc. Las crisis en la holoarquía son crisis de sostenibilidad.

El potencial de sostenibilidad expresado en el modelo holoárquico será inversamente proporcional a su extensión. A más complejidad y profundidad del holón, mayor capacidad de la cadena para la integración. Esto es evidente si pensamos que la influencia se traslada cadena abajo y fuerza al resto de los holones a diferenciarse de manera apropiada y a cooperar adecuadamente con los inferiores.

La holoarquía de la sostenibilidad es un modo de relación sistémica que ofrece grandes posibilidades normativas y descriptivas en el análisis de la sostenibilidad. Este análisis consistirá, en definitiva, en el estudio del estado de desarrollo de la capacidad de diferenciación e integración que gobierna la totalidad de la jerarquía de la pirámide. Las crisis ecológicas, así como las más amplias crisis de sostenibilidad, son una consecuencia directa de la aparición de fallos en las funciones holoárquicas los cuales, a su vez, serán el síntoma de disfunciones en el desarrollo de las lógicas de diferenciación e integración.

4.4.2. Ecología profunda y ecología espiritual

La **ecología profunda** es una corriente filosófica iniciada por Arne Naess, y representada en la actualidad por científicos y divulgadores como Fritjof Capra y la órbita de profesores que se mueven en torno al Schumacher College, en Inglaterra. Su principal argumento de acción es, precisamente, el espíritu integrador como parte de la idea de que el ser humano está integrado en el medio ambiente y que, por lo tanto, es necesario establecer políticas y medidas que permitan la convivencia armónica con el ecosistema. Vinculado con el concepto de integración, aparece en la ecología profunda el de equilibrio.

De este modo, la clave para los ecólogos profundos es que el ser humano se ha desvinculado de los ritmos de la naturaleza como si fuera algo distinto. Sin embargo, lo cierto es que el hombre, antes que persona, era una especie más dentro de la red ecosistémica. Actualmente, nos hemos alejado tanto de las dinámicas naturales que estamos alienados dentro del sistema en el que naturalmente tenemos que vivir.

Jordi Pigem describe perfectamente las ideas de la ecología profunda en su último libro, en el breve pero impactante capítulo titulado "Pequeña historia del mundo", en el que estudia la sucesión de las percepciones humanas hacia la naturaleza. De este modo, destaca cómo el mundo empieza siendo un lugar armónico donde se participa plenamente, refiriéndose a la experiencia primordial de los pueblos indígenas y los místicos de las diferentes culturas, y

Referencia bibliográfica

J. Pigem (2009). *Buena crisis*.
Barcelona: Ed. Kairós.

cómo después evoluciona hacia la idea platónica de mundo como reflejo de lo que es perfecto. La naturaleza pasa a ser una mera copia. Es el primer paso del alejamiento, que se intensifica posteriormente con la visión medieval (el mundo muerto debido a la naturaleza pecaminosa del hombre, pero bonito en tanto que creado por Dios) y la renacentista (el mundo como almacén material y explotable, debido a su naturaleza de reloj mecánico), hasta llegar a la actual, en la que el mundo es una fábrica y un hipermercado global donde todo puede manipularse y venderse. De esta manera, la ecología profunda se basa en la necesidad de revisar los valores sociales para reintegrarnos con los ciclos naturales.

Ahora bien, así como está claro su enfoque hacia la integración, y esto se concreta en los escritos y las enseñanzas de los seguidores, la ecología profunda no propone mecanismos que faciliten la integración de conocimientos y su traducción en acción hacia la sostenibilidad. Es decir, la ecología profunda podría sentirse cómoda en un marco como el de la holoarquía, y sin embargo no propone ni este ni ningún otro marco alternativo para llevar a la práctica el sentido de integración que propugna.

Dependiendo de dónde se ponga el énfasis de la integración, encontramos diferentes maneras de interpretar la ecología profunda. La activista Joanna Macy introduce el concepto de "enverdecimiento del yo", con el que centra su trabajo en el ámbito de la psicología. Filósofos como Warwick Fox centran la acción en el ámbito de la filosofía y acuñan el concepto de **ecología transpersonal**.

Cuando a la ecología profunda se le da una dimensión trascendental, aparece la **ecología espiritual**. Para este movimiento, la espiritualidad encuentra precisamente su base en la integración, y la naturaleza es el lugar donde integrarse, pero con una dimensión sagrada que de hecho se encuentra de manera implícita o explícita en la mayor parte de las religiones o culturas sagradas antiguas o actuales.

Para la ecología espiritual, pues, la manera activa, consciente y responsable de actuar se encuentra en la vinculación con la naturaleza, y no ya por motivos materiales o estéticos, sino fundamentalmente por motivos espirituales. Para la superación del materialismo y el mecanicismo, es fundamental trascender la idea del cosmos como una máquina o un gran espacio vacío, para dar paso a una vivencia personal y comunitaria. De la misma manera, esta vivencia refuerza el vínculo con la naturaleza y cierra de este modo el círculo virtuoso.

Para Mary Evelyn Tucker, una de las grandes especialistas en ecología y espiritualidad, no es posible una transformación social y ecológica sin una transformación espiritual. La ecología espiritual ofrece, en este sentido, esperanzas no sólo de supervivencia, sino del renacimiento de la especie humana. Tucker transmite en sus escritos el doble mensaje de la necesidad de pérdida de la

ingenuidad de la raza humana y la necesidad de acción para el cambio; un cambio que tiene que ser visto como oportunidad: la oportunidad de crear nuevos marcos de relación entre lo humano y lo sagrado, como la naturaleza.

La misma Tucker reconoce la necesidad de acercarse al mundo mediante los principios de la cosmología, es decir, el entendimiento de la Tierra en un contexto más global, para darnos cuenta del impacto que algo tan pequeño como el ser humano tiene en un lugar tan grande como el universo; y cómo este hecho repercute en nuestra sensibilidad religiosa (o espiritual) o nuestro sentimiento de lo sagrado. En sus palabras:

"A medida que empezamos a entrever hasta qué punto estamos integrados en el ecosistema complejo y somos dependientes de otras formas de vida, vemos que estamos destruyendo la base de nuestra continuidad como especie [...] al mismo tiempo que el tamaño y la escala de la crisis medioambiental se comprende, vemos nuestra conexión como susceptible de ser destruida."

M. E. Tucker (2003). *Worldly Wonder. Religions enter their ecological phase*. Berkeley: Ed. Open Court.

La visión de la ecología espiritual tiene sus raíces en el hecho de que se debe reconocer de manera simultánea nuestro contexto cosmológico y nuestra crisis medioambiental para comprender el papel que ha tenido el ser humano, y por lo tanto replantearnos hacia dónde vamos desde ahora. Nos invita a replantearnos nuestros principios como especie destinada a reintegrarse con las dinámicas naturales si queremos perdurar en el tiempo, y rechaza nuestro posicionamiento antropocéntrico en el mundo, integrando estas ideas en nuestras creencias. La ecología espiritual llama a la revolución trascendental del ser humano.

5. La necesidad aprieta

Si podemos definir cultura como "conjunto de tradiciones y de formas de vida (materiales y espirituales) de un pueblo, de una sociedad o de toda la humanidad", entonces:

La cultura de la sostenibilidad representa el conjunto de tradiciones y formas de vida que nos tienen que permitir superar la excesiva compartición y fragmentación de cada uno de los conocimientos y agentes que intervienen en la vida social y productiva, y darle continuidad y coherencia.

Para hacer esto, la sostenibilidad tiene que construir marcos que permitan reinventar la relación de todos los agentes (individuos, empresas, organizaciones, territorios) con sus sucesivos todos, desde lo más cotidiano hasta lo más sagrado. Que faciliten, por lo tanto, una construcción coherente de la realidad del individuo y los diferentes sistemas en los que se integra.

En una conferencia preparatoria en el Foro de las Culturas, la ponente Mary Evelyn Tucker (profesora de religión y ecología en la Universidad de Bucknell, EE. UU.) insistía en que la acción es urgente, pero junto con la urgencia se tiene que transmitir la idea de elección, la posibilidad de inventar nuevas formas de relación humana y con la Tierra.

De este modo, la sostenibilidad debe ser el hilo conductor que teje nuestro *modus operandi* como sociedad formada por distintos sistemas que tienen que cooperar; pues de la trama de la vida, que citábamos al principio del módulo, hoy casi sólo sabemos que es compleja. Y complejidad quiere decir etimológicamente "lo que se ha tejido de manera conjunta".

Pasados ya más de cinco años de aquel encuentro, y visto el ritmo que siguen teniendo las cosas, quizá es hora de empezar a advertir que cuanto más tiempo pasa, menos margen de maniobra nos queda y, por lo tanto, menos posibilidad de elección y más necesidad. La necesidad aprieta, por lo tanto, la libertad de elegir.

El modelo de transición desde el estadio actual a otro es en la actualidad objeto de análisis de centros de investigación en todo el mundo. Las cuestiones clave son cómo ponerlo en marcha y cómo controlarlo dentro de los parámetros deseados. Lo que nos estamos jugando hoy día es la severidad y duración de la transición.

Cuanto antes nos pongamos en marcha, más pensada y moderada podrá ser. Cuanto más tardemos, más resistencia tendrá el sistema para cambiar, y más traumático puede ser el cambio.

Frecuentemente se relaciona la sostenibilidad con ciertos temas muy concretos, como por ejemplo el bien conocido cambio climático. Aun así, el cambio climático no es el problema, sino sólo una de sus consecuencias, y quizá no es la más grave. Sin embargo, es significativo el hecho de que incluso con un asunto de la gravedad y la certeza científica de este, en el que las medidas que hay que tomar son claras, la resistencia al cambio es notoria. La inercia mostrada por el sistema es tan grande que a duras penas se pueden plantear objetivos que vayan más allá del estancamiento de los niveles de las emisiones causantes del calentamiento.

Por otro lado, **conviene situar la sostenibilidad dentro de un conjunto de valores**. El pensamiento sistémico, como base de la sostenibilidad, incorpora una serie de valores que se diferencian drásticamente de los que propone el paradigma actual. Fritjof Capra los compara bajo los títulos de autorreferencial (paradigma actual) e integrador (pensamiento sistémico). Se está refiriendo, con distintas denominaciones, a la diferenciación entre los modelos de ciencia normal y posnormal que hemos resumido en la tabla correspondiente.

Los valores incluidos en esta tabla son un reflejo de algunos valores dominantes en cada uno de los paradigmas, lo que no quiere decir que estén ausentes en el otro. De este modo, por ejemplo, el análisis es una característica del sistema autorreferencial, pero también está presente en el sistema integrador. Esto demuestra que la realidad no responde claramente a un modelo descriptivo, sino que quizá se trata de una mezcla entre diferentes principios de varios de los mismos.

Los valores impregnan profundamente el modelo social y el tecnológico (recordemos las palabras del historiador F. Braudel cuando dice que la tecnología no determina la sociedad sino que la plasma, pero tampoco la sociedad determina la innovación tecnológica, sino que la utiliza). Los valores que propiciaron la expansión y el perfeccionamiento del sistema capitalista están extraídos de la ética protestante (según las tesis trabajadas por Max Weber), y se basan *grosso modo* en el sentido del deber, el trabajo relacionado con la necesidad de padecimiento y el enriquecimiento legítimo y fin en sí mismo. Estos valores protestantes son los que tenemos que poder cambiar, ya que son precursores y apoyan planteamientos que en buena medida han desfavorecido el equilibrio natural.

En la actualidad, estos principios siguen vigentes en la mayoría de las sociedades occidentales, con variaciones según los países, pero siempre bajo las mismas coordenadas generales. En coexistencia con estos, sin embargo, surgen de

vez en cuando entornos más pequeños que funcionan según unos parámetros radicalmente diferentes, tal y como hemos visto en el cuarto apartado de este módulo.

Estos nuevos movimientos son alternativas que permiten avistar nuevos nombres, nuevas formas y planteamientos hacia el planeta y nosotros mismos. Lo que nos propone la sostenibilidad es todo un reto, pero representa la oportunidad de una auténtica realización de la raza humana en el contexto y en el momento histórico en el que nos encontramos.

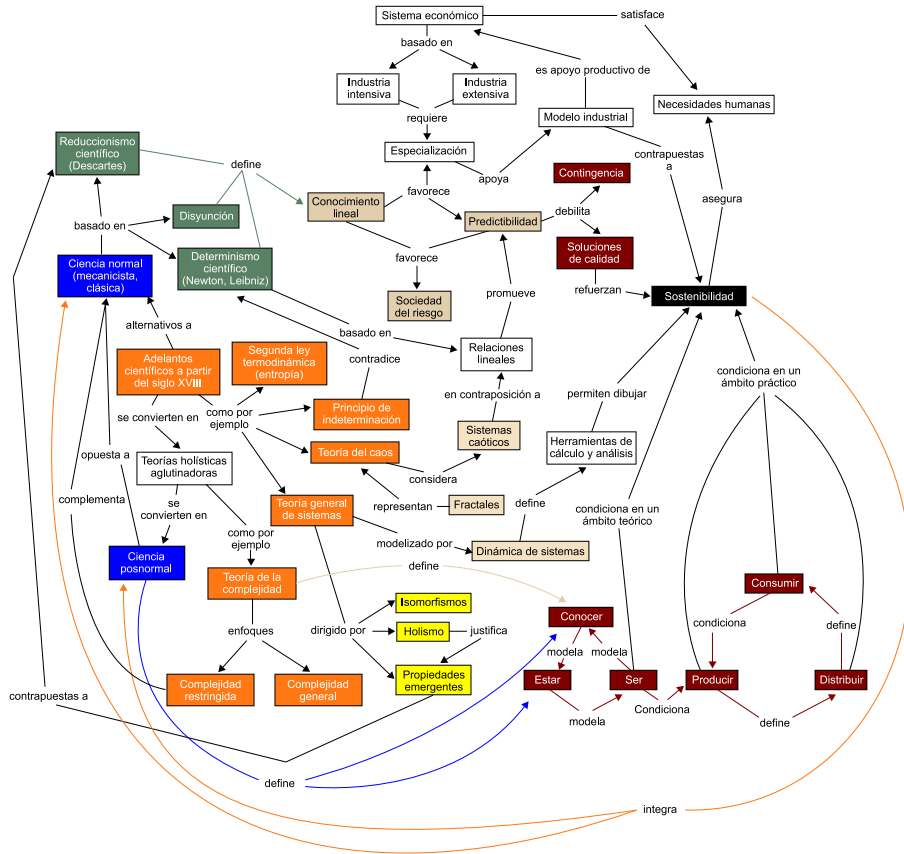
Una vez superados los miedos primitivos y agotada a la conquista de la Tierra, ahora ya denominada *aldea global*, poseedores de una tecnología impensable hace sólo un siglo, pero también amenazados por crisis ecológicas, demográficas y sociales, la sostenibilidad puede representar el salto ético que haga que la raza humana tome las riendas de la evolución. Por este motivo, se necesita voluntad e inteligencia. Las dos pueden venir de la sostenibilidad: el pensamiento y la acción de todos y cada uno de nosotros no sumados, sino estructurados en redes y grupos autoorganizados que se hacen y se deshacen según se esté mirando en cada momento, como un caleidoscopio.

De este modo, la sostenibilidad se presenta en el punto en el que nos encontramos. Los primeros movimientos relacionados con los límites del crecimiento, el informe Brundtland o la Cumbre de Río, están ya obsoletos. Los tiempos han cambiado, y en el año 2010 poseemos centenares de nuevas estructuras para que soporten acciones contundentes y con poder significativo de cambio.

Aprovechemos, pues, las posibilidades de pensamiento que la sostenibilidad nos da para dejar realmente a nuestros hijos un mundo mejor de aquel que nosotros encontramos.

Resumen

Mapa conceptual del módulo



Glosario

autoorganización *f* Efecto provocado en sistemas alejados del equilibrio, en el que a raíz de la comunicación con su entorno se generan internamente dinámicas mediante las cuales estos sistemas pueden pervivir. También se puede definir como la propiedad de un sistema en el que sus miembros no tienen instrucciones dadas, pero en el que la agrupación de todos genera un comportamiento grupal determinado.

autopoiesis *f* Capacidad de un organismo vivo de autogenerarse de manera continuada. El término fue propuesto por los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela, a partir de su teoría de Santiago.

caos *m* Fenómeno descrito por ciertos modelos matemáticos en el que las soluciones son indefinidas, en torno a un punto atractor, y que genera incertidumbres con respecto a la evolución de los mismos sistemas.

conocimiento lineal *m* Modelo de estudio científico y percepción del entorno utilizando relaciones simplificadoras de la realidad y sin considerar las influencias mutuas entre elementos o reatrolimentaciones.

contingencia *f* Hace referencia a la variabilidad de las soluciones en función del contexto. De este modo, una solución contingente es aquella solución adecuada a un momento y espacio precisos.

determinismo universal *m* Principio propio de la mecánica newtoniana basado en la idea de que los fenómenos del universo son predictibles a partir del estudio de fenómenos pasados y con el correspondiente aparato matemático.

disyunción *f* Uno de los efectos del conocimiento lineal, que provoca la desmembración de las ciencias en diferentes disciplinas inconexas.

efecto mariposa *m* Modelo que explica la alta dependencia de ciertos sistemas de sus condiciones iniciales, de manera contrapuesta al determinismo newtoniano.

emergencia *f* Propiedad que surge de la interacción entre dos elementos como nueva propiedad que ninguno de los dos elementos posee por separado.

entropía *f* Magnitud termodinámica que hace referencia al desorden de un sistema, o bien a la cantidad de energía o materia que se disipa o desperdicia en un proceso.

epistemológico *adj* Relativo a la teoría de la ciencia.

especialización *f* Condición social en la que los miembros de una sociedad poseen tareas muy concretas. Los principales problemas de la especialización son, a pequeña escala, que los miembros se olvidan de otros ámbitos relacionados con su especialidad, y sobre todo a gran escala, que genera desigualdades sociales y en el acceso a recursos.

externalidad *f* Efecto negativo generado por la actividad económica sobre el medio ambiente y la sociedad humana, a cambio del cual se obtienen ganancias económicas.

geometría fractal *f* Geometría no cartesiana, que describe los sistemas caóticos y que se corresponde de manera elemental con objetos con invariabilidad de escala.

homeostasis *f* Capacidad de un organismo vivo o, en general, de cualquier sistema abierto, de autorregular sus variables internas a partir de la modificación de las dinámicas y flujos entre los diferentes elementos que componen el sistema, y en función de las características cambiantes del medio en el que se encuentra. Las poblaciones con más diversidad biológica muestran una homeostasis mayor y, por lo tanto, la población está más preparada a cambios en su entorno.

irreversibilidad *f* Fenómeno perteneciente a un cierto sistema, cuyos efectos no pueden revertirse en el tiempo.

reduccionismo científico *m* Simplificación del análisis de casos concretos mediante teorías basadas en el conocimiento lineal.

reatrolimentación *f* También denominada con el anglicismo *feedback*, relación recíproca de influencia entre dos elementos (contraria a las relaciones lineales, que van en un solo sentido).

sistema *m* Conjunto de agentes interrelacionados con un cierto objetivo en común.

soluciones de calidad *fpl* Concepto derivado de la contingencia, en lo que respecta a aquellos usos o procesos de los que un cierto ser puede ser objeto dependiendo del ámbito o contexto en el que se utilice, y de modo que muestra su versatilidad como bien de uso.

Bibliografía

Principal

Holmgren, D. (2002). *Permaculture: principles & pathways beyond sustainability*. Australia: Holmgren Design Services.

Jiliberto, R. (2006). "Holarchy: a fruitful paradigm for qualitative sustainable development models". *I International Conference on Sustainability Measurement and Modelling*. Cátedra UNESCO de Sostenibilidad. Terrassa.

Jiménez-Herrero, L. M. (2000). *Desarrollo sostenible. Transición hacia la coevolución global*. Madrid: Ed. Pirámide.

Lovelock, J. (2000). *Gaia, una nueva visión sobre la vida en la tierra*. Oxford: Ed. Oxford University Press.

Martínez-Alier, J. (1991). *L'economia i l'ecologia*. Barcelona: Ed. Icària.

Morin, E. (2007). "Complejidad restringida, complejidad general". *Sostenible* (núm. 7, págs. 23-49). Barcelona.

Schumacher, E. F. (2001). *Small is beautiful*. Madrid: Ed. Tursen/Hermann Blume.

Secundaria

Beck, U. (1999). *La sociedad del riesgo global*. Madrid: Siglo XXI Editores.

Costanza, R. y otros (1997). "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature* (vol. 387, 15 de mayo de 1997).

Descartes, R. (1996). *Discurs del mètode per a ben conduir la raó i encercar la veritat a les ciències* (traducción de Pere Lluís Font). Barcelona: Edicions 62 (Textos filosòfics, 74).

Fukuoka, M. (1978). *The one-straw revolution: an introduction to natural farming*. Nueva York: Ed. Rodale Press.

Funtowicz, S.; Ravetz, J. R. (2000). *La ciencia postnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Ed. Icària.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Cambridge: Ed. Harvard University Press.

Hopkins, R. (2008). *The transition handbook. From oil dependency to local resilience*. Totnes: Ed. Green Books.

Meadows, D. H. y otros (1972). *Limits to growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Nueva York (EE. UU.): Universe Books.

Existe una versión revisada en español: **VV. AA.** (2006). *Los límites del crecimiento 30 años después*. Barcelona: Galaxia Gutemberg.

Naredo, J. M.; Parra, F. (coords.) (2000). *Economía, ecología y sostenibilidad en la sociedad actual*. Madrid: Ed. Siglo XXI.

Solow, R. (1963). *Capital theory and the rate of return*. Ámsterdam: Ed. North-Holland publishing company.

Tucker, M. E. (2003). *Worldly Wonder. Religions enter their ecological phase*. Berkeley: Ed. Open Court.

Weaver, W. (1948). "Science and Complexity". *American Scientist* (núm. 36, pág. 536).

Wilber, K. (1996). *Sexo, ecología, espiritualidad*. Madrid: Ed. Gaia Ediciones.

