

Sistemas vivos. Una visión holística del mundo

En La estructura de las revoluciones científicas, Thomas S. Kuhn (1975) afirma que a lo largo de su historia la ciencia ha alternado entre períodos de ciencia normal, lo que ocurre cuando una determinada teoría o modelo de la realidad es dominante a la hora de abordar los problemas de su tiempo, y periodos de revolución marcados por cambios drásticos y repentinos en el modelo existente de la realidad. Al conjunto de conceptos y prácticas que definen una disciplina científica en un periodo de ciencia normal Kuhn lo llamó **paradigma científico**, mientras que definió como **cambio de paradigma** a las transiciones o saltos que se dan de un paradigma a otro en un periodo de revolución. Los cambios de paradigma tienden a aparecer como respuesta a la acumulación de anomalías críticas que la ciencia normal no es capaz de resolver, así como con la propuesta de nuevas teorías capaces de explicar tanto la ciencia anterior como las anomalías existentes.

Más tarde, Frijof Capra (1998) extendió la idea de paradigma científico a lo que llamó un **paradigma social**, definido como una “constelación de conceptos, valores, percepciones y prácticas compartidas por una comunidad que forman una particular visión de la realidad, que es a su vez la base del modo en que dicha comunidad se organiza”. A lo largo de la historia del mundo occidental es posible identificar diferentes **visiones del mundo**, que se han ido sucediendo unas a otras no sin conflictos, avances y retrocesos, aunque no existe un acuerdo claro entre los teóricos sociales sobre su alcance, contenidos y valor evolutivo. Lo que sí parece claro para muchos pensadores es que en la actualidad vivimos un periodo de cambio de paradigma, tanto social como científico, con nuevas propuestas de organización social (mayor participación y profundización democrática) y en la manera de comprender la ciencia, especialmente en el estudio de las ciencias de la vida y de las ciencias sociales. El cambio de paradigma actual supone abandonar una visión del mundo **mecanicista**, basada en la preferencia por las partes al todo y en el análisis y la disección como principal método de estudio, para abrazar otra visión más **holística**, que apuesta por la síntesis y la consideración del todo como algo valioso en sí mismo e irreducible a sus partes.

La visión mecanicista del mundo empieza en los siglos XVI y XVII, cuando la perspectiva medieval de un universo orgánico, vivo, en el que fe y razón coexisten y pugnan por dilucidar su papel, es reemplazada por una nueva visión, puramente racional, que describe **el mundo como una máquina** similar a un reloj. Se trata por tanto de una máquina formada por partes más pequeñas que se han de analizar por separado con el fin de entender el funcionamiento del todo, una máquina en la que los cambios en sus partes se consideran movimientos simples y mecánicos sujetos a las leyes físicas descubiertas por Newton, una máquina por último que no es más que un objeto de conocimiento en manos de una razón humana que prefiere ausentarse del mundo. La separación sujeto-objeto (dualismo cartesiano), la reducción de todo lo real a la física (reduccionismo fisicalista) y la preferencia por las partes olvidando el todo (método analítico) constituyen los mimbres en los que se asienta la visión mecanicista del mundo.

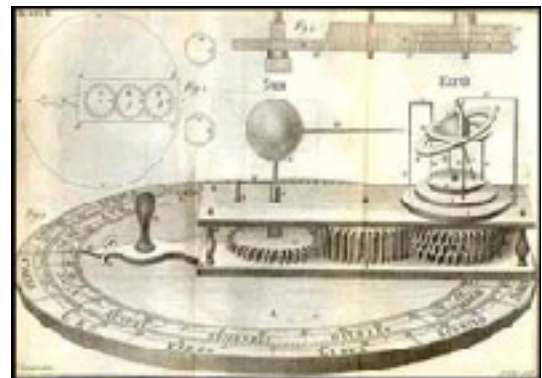


Fig. 1 En la Visión Mecanicista del mundo el universo y todo lo que contiene es reducible a principios mecánicos, basados en el movimiento y colisión de la materia. El reloj es el principal modelo de las concepciones mecanicistas. El mecanicismo está muy ligado al **materialismo** y al **reduccionismo**.

La concepción mecanicista del mundo tuvo sin duda éxito en explicar muchas cosas, especialmente en astronomía (movimiento de los planetas y de los cometas, flujo de las mareas, etc.), mecánica y

movimiento de fluidos, acústica y cuerpos elásticos, teoría del calor, etc. A finales del siglo XIX parecía de hecho que toda la realidad se podía explicar con las simples leyes de la mecánica de Newton. Sin embargo, conforme el modelo mecanicista se fue extendiendo a otros ámbitos de la física (como el electromagnetismo o la termodinámica), y más aún a las ciencias de la vida o a las ciencias sociales, pronto se vio que había muchas anomalías que el mecanicismo no podía explicar. Nuevos descubrimientos y nuevas formas de pensar pusieron en evidencia las limitaciones de dicho modelo y prepararon el camino para el surgimiento de un nuevo paradigma. El descubrimiento de la **evolución** en biología, por ejemplo, “forzó a los científicos a abandonar la concepción cartesiana del mundo como una máquina que había emergido completamente construida de las manos de su creador. Bien al contrario, el universo tenía que ser representado como un sistema en constante evolución, en el que estructuras complejas se desarrollan a partir de formas más simples” (Capra, 2014).

El modelo mecanicista del mundo se extendió igualmente a las ciencias sociales (algo que no trataremos aquí) y a las **organizaciones humanas**. La idea del mundo como una máquina fue ávidamente aplicada por los primeros teóricos de la gestión organizacional, quienes en la primera mitad del siglo XX no tardaron en diseñar las organizaciones como un conjunto de partes (departamentos, secciones, unidades, etc.) unidas entre sí por líneas de mando y comunicación bien definidas. Su pretensión era mejorar la eficiencia global de la organización a través de reglas claras y precisas (protocolos) que, en la línea de las leyes de la física, regularan eficientemente los flujos de trabajo. Para asegurar la eficiencia de las operaciones fue necesario introducir además un sistema de mando, con un poder distribuido jerárquicamente de arriba abajo (modelo piramidal) y con capacidad para imponer diferentes penalizaciones si alguien no cumplía con las tareas asignadas y los planes previstos. Esta forma de gestión, conocida en inglés como *scientific management* e introducida por Frederic Taylor (de ahí que también sea conocida como taylorismo), todavía es hoy habitual en numerosas organizaciones, en las que se mantiene una clara división entre el pensar (visionar, diseñar, planificar, evaluar, innovar...), reservado a administradores y gerentes, y el hacer, reservado a los trabajadores.

Considerar una organización como una máquina, además del peligro de un exceso de regulación (burocracia), implica quitar a la organización la capacidad de cambiar por sí misma y adaptarse naturalmente a su entorno. El desgaste inherente a toda organización y su necesidad de adaptación implica unos cambios internos cuyo diseño y planificación se reserva a la dirección y a consultores externos. La **gestión del cambio** ha sido uno de los grandes y principales campos de estudio de la teoría organizacional, pero sus propuestas basadas en el modelo mecanicista no han servido para conseguir los resultados esperados. Como afirma Capra (2014) “los principios de la teoría clásica de la gestión están tan arraigados en la forma de pensar de administradores y gerentes, que para la mayoría de ellos el diseño de estructuras formales, vinculadas entre sí por claras líneas de comunicación, coordinación y control, se ha vuelto casi su segunda naturaleza. Este abrazo, en gran parte inconsciente, del enfoque mecanicista de la gestión se ha convertido en uno de los principales obstáculos al cambio organizacional”.



Fig. 2 En *Tiempos Modernos*, película de 1936, escrita y dirigida por Charles Chaplin, se reflejan las duras condiciones de la clase obrera durante la época de la Gran Depresión, cuando en la búsqueda de la eficiencia se propuso el modelo de producción en cadena.

Como consecuencia de las muchas lagunas del mecanicismo, a lo largo del siglo XX han ido emergiendo nuevas ideas y propuestas que, en su conjunto, forman la base de un nuevo paradigma científico y de una nueva visión del mundo. Este nuevo paradigma, esta **visión holística del mundo** que, aún minoritaria, siempre estuvo presente en el pensamiento occidental además de ser dominante en muchas culturas no occidentales, se basa en una nueva forma de conciencia plena, despierta, viva (por nombrar algunas de las palabras que se usan para describirla), que nos permite acceder a aquello que emerge en cada momento y captar directamente su sentido, y en una nueva aproximación a la realidad que reemplaza la máquina por la organización viva, la materia y la estructura por los procesos y los patrones de organización, los objetos por las redes y las relaciones. Desde esta perspectiva, la realidad o aquella parte de la realidad que queremos conocer, es vista como un **sistema dinámico y complejo**, un sistema que evoluciona y cambia con el tiempo, con propiedades globales que emergen de repetidas interacciones entre sus partes pero que no se pueden reducir o explicar a partir de ellas. Aplicado a la vida, “la falacia del reduccionismo, según Capra (2014), no está en decir que los seres vivos se componen de partes más pequeñas, en última instancia de moléculas y átomos, sino en suponer que sus características o cualidades se puedan explicar exclusivamente a partir de sus partes. Desde la nueva perspectiva sistémica, un **sistema vivo** es un todo integrado cuyas propiedades esenciales no pueden reducirse a las de sus partes, sino que emergen de las interacciones que se dan entre ellas”.

Entre las principales características del nuevo paradigma sistémico cabe destacar (basado en Capra, 2014):

1. **De las partes al todo.** Las propiedades esenciales de cualquier sistema, entendido como una parte acotada de la realidad, son propiedades del todo, no de sus partes. Emergen de procesos de interacción entre las partes pero no se reducen ni explican a partir de las propiedades de éstas. Las propiedades sistémicas o globales se destruyen cuando el sistema se disecciona o descompone para su estudio. El todo es más que la suma de sus partes. Por otra parte, tampoco es posible definir y comprender las partes en sí mismas, pues su función y comportamiento están subordinados a la dinámica global del sistema al que pertenecen. En un sistema vivo, las propiedades del todo emergen de las repetidas interacciones entre las partes, a la vez que el todo afecta y condiciona el comportamiento de esas mismas partes. Esta doble relación de causalidad entre las partes y el todo se conoce como **causalidad circular o recíproca**, y se ha observado en numerosos campos de aplicación de la teoría de sistemas vivos, incluyendo la biología, la psicología y la sociología.



Fig. 3 La idea de que el todo es más que la suma de las partes se conoce también como **sinergia**. En el lenguaje corriente, el término se utiliza para señalar el resultado (más favorable) que se obtiene cuando varios elementos de un sistema actúan concertadamente.

2. **De los objetos a las relaciones.** Todo objeto, visto como un sistema, se compone de partes que se relacionan entre sí. Es precisamente la forma o patrón de estas relaciones lo que define el objeto. Pero a su vez, estas partes son de nuevo sistemas formados por partes más pequeñas con sus propias relaciones y patrones dinámicos. Y así sucesivamente. En última instancia, como atestigua la física cuántica, no hay partes en absoluto. “Toda parte no es más que un patrón estable en una inseparable red de relaciones” (Capra, 2014). Por otro lado, todo sistema forma parte de sistemas mayores que conforman su entorno. Las células, por ejemplo, están formadas por moléculas y átomos, pero también forman parte de tejidos y órganos, quienes a su vez conforman un ser vivo. Los seres vivos forman parte de ecosistemas y sistemas sociales cada vez

más extensos. Si en la visión mecanicista, el mundo es una colección de objetos con relaciones que se consideran secundarias, en la visión sistémica el mundo es ante todo una vasta **red de relaciones, en diferentes escalas**, en la que los objetos no son más que patrones relacionales dinámicamente estables en un determinado nivel o escala.

3. **De la cantidad a la calidad.** La ciencia de los objetos necesita medirlo todo para establecer relaciones numéricas entre diferentes cantidades que supuestamente definen el objeto. Las relaciones, sin embargo, no se pueden medir, sólo se pueden mostrar. Lo que descubrimos entonces, al observar las relaciones con atención, es que ciertas configuraciones se repiten una y otra vez formando un **patrón**. “Las redes, los ciclos y las fronteras son ejemplos de patrones de organización característicos de los sistemas vivos y son el nuevo centro de atención de la ciencia de sistemas” (Capra, 2014). Para poder analizar y explicar adecuadamente los patrones observables en una red de relaciones ha sido necesario el desarrollo de toda una nueva rama de las matemáticas que apuesta por el **análisis cualitativo**, y no tanto cuantitativo, de los sistemas dinámicos.
4. **De la estructura a los procesos.** A la hora de estudiar y explicar cualquier aspecto de la realidad, el modelo mecanicista trata de deducir cuál puede ser la estructura básica que subyace a aquello que se quiere estudiar, o en el caso de diseñar algo nuevo considera que basta definir una buena estructura, permanente, estable, que pueda dar cuenta de los diferentes procesos a lo largo del tiempo. Desde la perspectiva de sistemas se considera, al contrario, que **los procesos son primero** y que toda estructura no es más que la manifestación visible de procesos de interacción subyacentes. Por muy estable que pueda parecer, toda estructura está sujeta a cambios en función de la evolución de los procesos que la sostienen. Esto no quiere decir que no sea interesante conocer las estructuras que definen un aspecto de la realidad o diseñar buenas estructuras en una organización humana. Es sin duda necesario, pues sabemos que la estructura afecta y condiciona las interacciones entre las partes. Sólo que finalmente son estas interacciones o procesos los que en su continuo dinamismo actúan sobre las estructuras existentes, modificándolas una y otra vez.
5. **De los individuos a las comunidades.** Al poner el énfasis sobre las relaciones en lugar de las partes, el modelo sistémico incluye también una **perspectiva ecológica**. Para explicar adecuadamente el comportamiento de un individuo necesitamos conocer la red de relaciones en las que está inmerso, tanto con individuos de su misma especie (sistemas sociales), como con individuos de otras especies y el medio que los acoge (ecosistemas). Grupos sociales y ecosistemas forman unidades integradas que operan como un todo funcional, son **comunidades vivas** anidadas en diferentes niveles o escalas. La perspectiva ecológica afirma que las comunidades y los ecosistemas son quienes verdaderamente sostienen la vida, que ningún individuo puede vivir aislado y que la diversidad y la cooperación son cualidades imprescindibles para mantener un sistema vivo. Uno de los desafíos más acuciantes de nuestro tiempo es crear y cuidar comunidades humanas sostenibles, esto es comunidades “diseñadas de tal manera que sus modos de vida, negocios, economía, estructuras físicas y tecnológicas no interfieren con la capacidad inherente de la naturaleza de sostener la vida” (Capra, 2014).

Sistemas. Una introducción

La visión holística del mundo comentada en la Introducción tomó a lo largo del siglo XX la forma de **teoría de sistemas** (recientemente, sistemas dinámicos no lineales y sistemas complejos) y a la manera de pensar asociada se le llamó **pensamiento sistémico**. El pensamiento sistémico fue desarrollado inicialmente por biólogos con su visión del ser vivo como un todo integrado. Recibió un gran impulso desde la psicología Gestalt y desde la nueva ciencia de la ecología, más preocupada por comunidades y ecosistemas que por sus partes individuales. A mitad de siglo, Ludwig von Bertalanffy desarrolló sus **Teoría General de Sistemas**, una metateoría que buscaba desarrollar reglas y conceptos aplicables a cualquier sistema en cualquier nivel de la realidad. Y Norbert Wiener y otros científicos crearon la **cibernética**, la ciencia de los sistemas autorregulados, del control y los patrones de comunicación (redes y ciclos de retroalimentación). Finalmente, a partir de los años 70, coincidiendo con el aumento de la potencia de los ordenadores, se desarrolló la teoría matemática de los **sistemas dinámicos no lineales** (NDS, por sus siglas en inglés, Nonlinear Dynamical Systems), incluyendo la teoría del caos y la geometría fractal, que aportaron numerosos conceptos e ideas para un análisis cualitativo de tales sistemas. Aplicadas a un número cada vez mayor de disciplinas científicas, la teoría matemática de los sistemas dinámicos es la base de lo que hoy en día se conoce como **ciencias de la complejidad**.

En lo que sigue se introduce el concepto de sistema (desde la nueva perspectiva de los sistemas vivos) y se exponen sus principales propiedades:

- Un sistema es un conjunto de elementos (componentes o partes) que interactúan entre sí formando un todo integrado.
- Lo que define realmente un sistema es la red (formal) de relaciones que establecen las partes entre sí, y no tanto las propiedades (materiales) de sus componentes.
- Todo sistema está delimitado por una frontera espacial y otra temporal, aunque no siempre estas fronteras están claras o bien definidas.
- Todo sistema está formado por partes más pequeñas y forma parte de sistemas mayores, conformando una red anidada de relaciones en diferentes niveles o escalas.
- Los sistemas se dividen principalmente en naturales y artificiales (o diseñados), aunque obviamente guardan una estrecha relación, pues todo lo que construye materialmente el ser humano procede de la naturaleza.
- Además de crear artefactos, comunidades y organizaciones, los seres humanos también crean, gracias al lenguaje, modelos y teorías para explicar la realidad que son asimismo sistemas.

Un sistema es un conjunto de elementos (componentes o partes) que interactúan entre sí formando un todo integrado.

Ejemplos de sistemas son la silla giratoria sobre la que ahora mismo estoy sentado, la mesa en la que descansa mi computadora, la casa en que ocurre todo esto, los árboles que veo a través de la ventana y el propio bosque a lo lejos, la pequeña aldea en la que vivo, formada por casas, campos y personas, etc. Mi mesa de trabajo, por ejemplo, está formada por un tablero, cuatro patas y dos cajones, todo de madera. Estos elementos serían las componentes o partes del sistema, que se relacionan entre sí a través de diversos puntos de contacto que mantienen las partes fijamente unidas. Una mesa es un **sistema artificial**, diseñado y fabricado por el ser humano para cumplir una función. Como lo son la computadora con la que trabajo, la casa en la que vivo, o la bicicleta y el coche con los que me muevo. Por el contrario, el cerezo que puedo ver a través de la ventana, el

bosque a lo lejos y yo mismo son ejemplos de **sistemas naturales**, no han sido diseñados ni fabricados intencionalmente por el ser humano.

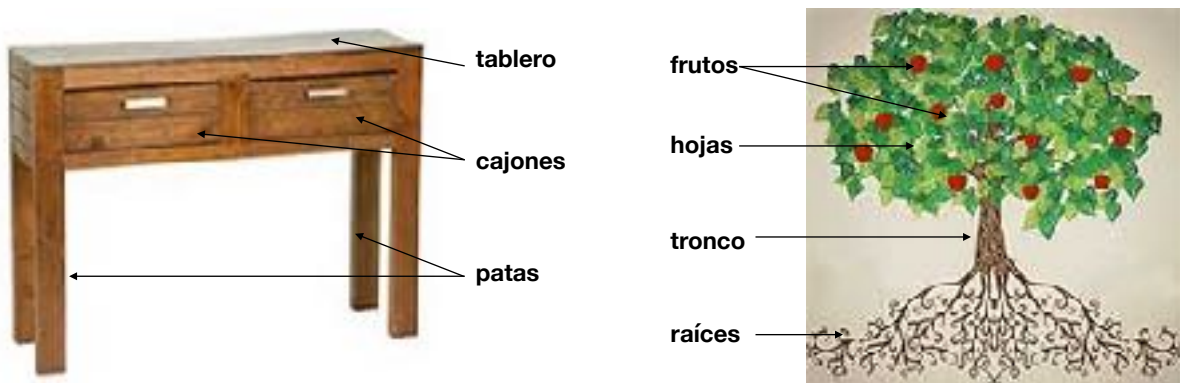


Fig. 4 Una mesa (sistema artificial) y un árbol (sistema natural) con sus partes diferenciadas

Lo que define realmente un sistema, y le otorga una identidad, es la red (formal) de relaciones que establecen las partes entre sí, y no tanto las propiedades (materiales) de sus componentes.

Las componentes de un sistema pueden cambiar, pueden tener unas características u otras, pero si se mantiene la relación que tienen entre sí decimos que se trata del mismo sistema, de la misma cosa u objeto. En todo sistema es necesario distinguir, por tanto, entre **patrón de organización, estructura material y procesos** (Capra, 1998, p. 175). El patrón de organización se refiere a la configuración abstracta de relaciones que define un sistema dándole una identidad reconocible, la estructura sería la corporeización física del patrón de organización, esto es a la manera en que un determinado patrón organizativo se actualiza en un sistema concreto formado por unas componentes determinadas, y el proceso el conjunto de actividades que supone la actualización de un patrón en una estructura dada¹.

En el caso de una mesa, por ejemplo, sus partes pueden estar hechas de distintos materiales o tener diferentes formas (el tablero puede ser cuadrado o redondo, las patas de madera o de hierro), pero su patrón organizativo no cambia. Siempre consistirá en una o más patas verticales sobre las que se asienta y se fija un tablero. Visto como una regla, el patrón consiste en “colocar un tablero sobre una o más patas que lo sostienen”. Al conjunto de actividades que hay que realizar para hacer la mesa (actualizar el patrón) con una determinada estructura o forma lo llamamos proceso. En un sistema artificial como la mesa, sus distintas componentes han sido diseñadas, fabricadas y ensambladas para formar una estructura fija que no cambia con el tiempo (la mesa se considera un **sistema estático**). Sin embargo, en el caso de un árbol sus componentes internas y su forma externa visible cambian continuamente gracias a un flujo incesante de materia y energía que le permite regenerarse y desarrollarse, sin que necesariamente cambie el patrón organizativo que lo define como sistema vivo y que nos permite identificarlo como tal. El árbol es un **sistema dinámico**, su forma y estructura cambian con el tiempo. Especialmente en los momentos iniciales, desde que se planta la semilla hasta que asoma una pequeña planta en el suelo, los cambios estructurales son importantes y

¹ Aunque la distinción en patrón, estructura y procesos (Capra, 1998, p. 175) resulta útil cuando se aplica a sistemas naturales, en el caso de sistemas sociales se suele hablar simplemente de estructura y procesos, aunque en este caso con un significado diferente. Llamamos procesos a las interacciones dinámicas entre las partes de un sistema social (individuos o agentes) y estructura a la relación concreta y cambiante que dichas partes guardan entre sí. La estructura de un sistema social, al igual que el patrón de organización en un sistema vivo, se especifica normalmente como un conjunto de reglas.

profundos. Después, el principal cambio es en tamaño y forma, esto es el árbol crece cada año hasta alcanzar su tamaño óptimo y una forma característica e identificable en la que permanece durante un tiempo, sin más cambios que los asociados a cada estación. Después empieza a envejecer, se hace vulnerable a los cambios externos (viento, agua o nieve) y, finalmente, decae y muere.

Todo sistema está delimitado por una frontera espacial y otra temporal.

La frontera espacial señala qué elementos forman parte del sistema y cuáles quedan fuera, formando parte de su **entorno**. La frontera temporal marca el inicio y el final del sistema como totalidad, desde su nacimiento u origen hasta el momento de desaparecer o transformarse en otra cosa. **No siempre estas fronteras son claras y bien definidas.** En muchos casos los límites de un sistema son el resultado de una convención humana. Elegimos qué porción del mundo queremos conocer o nombrar y llamamos sistema al conjunto de elementos que se hallan dentro de dicha porción, al resto lo llamamos entorno.

En los ejemplos anteriores, el entorno del sistema mesa incluye el aire de la habitación y diversos elementos que, sin formar parte del sistema, interactúan con él, como el suelo en el que se apoya la mesa, los diferentes objetos que se hallan sobre ella, o el contenido de los cajones. La relación entre la mesa y su entorno es sencilla y se rige principalmente por la ley de la gravedad (los objetos que hay sobre la mesa pesan afectando a la mesa, la mesa pesa afectando al suelo) y por principios termodinámicos (la temperatura del aire afecta a la mesa y viceversa). En el caso del árbol, su entorno está formado por un suelo rico en agua y nutrientes y diferentes clases de microorganismos, un entorno natural habitado por diversos animales que recorren o se posan en sus ramas (principalmente insectos y aves), por diversas plantas que comparten el mismo suelo (otros árboles cercanos, arbustos y hierbas), y por seres humanos interesados en su sombra y sus frutos. Finalmente, el aire, la lluvia o el sol son otros elementos del entorno que se relacionan con el sistema árbol. En este caso, la relación entre el sistema y su entorno es compleja, abierta a un flujo incesante de materia, energía e información. Por otra parte, la frontera temporal de la mesa tiene como inicio el momento de su construcción y como fin el momento en que se destruye porque sus componentes se han deteriorado o porque deja de ser útil. Mientras que el cerezo comienza con su nacimiento a partir de una semilla y termina con su muerte por envejecimiento o por destrucción por causas naturales o por la acción humana.

Tal vez la frontera de una mesa sea clara, pero ¿podemos decir lo mismo al hablar de un árbol o, en general, de un ser vivo?. Un árbol depende para sobrevivir de una infinidad de elementos, incluyendo otros seres vivos, que se hallan estrechamente ligados a él. Sin ellos, el árbol no podría vivir. En las raíces, por ejemplo, se hallan multitud de microorganismos que resultan vitales para la supervivencia del árbol, cumpliendo funciones básicas en la captación de nutrientes. ¿Debemos incluirlos dentro del sistema, o los dejamos fuera? Sabemos también que las raíces de un árbol suelen estar conectadas con las raíces de otros árboles próximos, formando una inmensa red subterránea de intercambio de información y energía que resulta vital para su supervivencia². ¿Dónde poner entonces los límites?

En función del tipo de intercambios que los sistemas establecen con su entorno, éstos pueden ser **abiertos, cerrados o aislados**. Los sistemas abiertos cuentan con una frontera semipermeable que permite un flujo bidireccional de materia, energía e información con su entorno. Un sistema cerrado intercambia energía con su entorno, pero no materia. Mientras que un sistema aislado no intercambia ni energía ni materia. En el caso de mi mesa de trabajo nos encontramos con un sistema cerrado (suponiendo que la madera de la que están hechas sus componentes ya ha perdido su vitalidad), que

² Sobre la comunicación entre árboles, véase el excelente trabajo de la investigadora canadiense Suzanne Simard, <https://www.intelligent-trees.com>

sólo intercambia energía con el entorno, principalmente a través de cambios en la temperatura. Por el contrario, el árbol que tengo enfrente y, en general, todos los sistemas naturales, son sistemas abiertos, esto es intercambian energía, materia e información con su entorno. Sistemas aislados no hay propiamente ninguno salvo que consideramos el universo en su totalidad.

Todo sistema está formado por partes más pequeñas y forma parte de sistemas mayores, conformando una red de relaciones en diferentes niveles o escalas.

Esta propiedad de un sistema de ser un todo formado por partes y parte integrada de un todo mayor lo convierte en un **holón**³. A la estructura multinivel que se forma al considerar diferentes sistemas anidados se le conoce como **holarquía**. Lo interesante de una holarquía, en todo caso, no son tanto las partes u holones coexistentes en cada nivel, sino las redes de relaciones que se dan entre ellos en cada nivel y entre diferentes niveles.



Fig. 5 Al ampliar una componente del sistema de la izquierda se aprecia que se trata de un nuevo sistema con componentes más pequeñas que componen también una red de relaciones

El ser humano, por ejemplo, forma parte de sistemas mayores (sociales y ecológicos) y está formado por partes que son a su vez sistemas más pequeños, como células, moléculas y átomos, conformando una holarquía multidimensional que, según la Teoría Integral, se puede dividir en cuatro ejes complementarios: conciencia y experiencia subjetiva; comportamiento y ser físico; relaciones, cultura y conciencia intersubjetiva; y sistemas sociales y ecosistemas (Wilber, 2001). Si en la dimensión física hacia arriba llegamos rápidamente al límite del universo, ¿hasta dónde podemos llegar hacia abajo en esta red de sistemas encadenados? Fritjof Capra (1998, p. 67) afirma que en última instancia, como la física cuántica nos recuerda, hacia abajo nos encontramos con la desaparición total de la materia, de las partes y de los sistemas, con un espacio relacional recorrido por un flujo dinámico de información y energía, algo que los físicos han llamado un **campo**. “Lo que denominamos parte es meramente un patrón dentro de una inseparable red de relaciones. Pasar de la visión mecanicista del mundo a una visión sistémica y holística implica abandonar la idea de objeto, o de colecciones de objetos, para pensar en términos de relaciones y procesos”. **Los objetos, vistos como sistemas, son redes de relaciones inmersas en redes mayores.** Lo que cambia es la escala o el alcance de tales redes. Es la estabilidad de ciertos patrones relacionales en una escala dada lo que crea el objeto como forma visible, como sistema o totalidad con fronteras definidas. Y es en la relación que dicho objeto o sistema establece con otros objetos de su misma escala presentes en su entorno lo que le da una identidad.

³ Concepto introducido por Arthur Koestler en 1967 para definir algo que es, a la vez, un todo con diferentes partes y una parte de un todo mayor. Véase: <https://es.wikipedia.org/wiki/Holón>

Los sistemas se dividen principalmente en naturales y artificiales (o diseñados), aunque obviamente guardan una estrecha relación, pues todo lo que construye materialmente el ser humano procede de la naturaleza.

Los sistemas naturales se dividen a su vez en físicos y en biológicos, mientras que los sistemas artificiales se dividen en artefactos, organizaciones y comunidades, por un lado, y en sistemas conceptuales por otro (modelos, teorías, sistemas de creencias, ideologías, etc.).

Ejemplos de sistemas físicos son el sistema solar, el sistema Tierra-Luna, la Tierra como sistema geológico o como sistema electromagnético, las rocas, el ciclo del carbono, el clima, etc. Ejemplos de sistemas biológicos son todos los seres vivos, grupos de seres vivos como colonias de bacterias, de hormigas o de abejas, bancos de peces, grupos de animales, agrupaciones de plantas, bosques, ecosistemas en diferentes escalas, el ser humano y grupos de seres humanos como una familia, una comunidad o una organización. Algunos sistemas tienen una componente física y otra biológica que interactúan entre sí. Es el caso de los ecosistemas o de la Tierra como totalidad biofísica.

Por su parte, los sistemas artificiales o **diseñados** por el ser humano incluyen objetos o artefactos de diversa complejidad, como esta mesa y la computadora con la que escribo en estos momentos, mi casa y la aldea en la que vivo. Daniel Wahl (2006) define los siguientes niveles o escalas del diseño humano:

1. Diseño de objetos, desde herramientas a vehículos, máquinas y tecnologías de la información.
2. Arquitectura, construcción de casas, lugares de trabajo, escuelas y hospitales, etc.
3. Ecología de la construcción, incluye la vasta red de relaciones que supone la construcción de un edificio.
4. Diseño de organizaciones y comunidades locales.
5. Ecología industrial, con la planificación de ecosistemas industriales que favorezcan las relaciones simbióticas entre diferentes industrias.
6. Diseño urbano, la ciudad como un organismo vivo compuesto por barrios, comunidades e industrias de diferentes tipos.
7. Planificación biorregional, incluye la creación de relaciones simbióticas entre ecosistemas, comunidades y ciudades de una misma región.
8. Redes nacionales e internacionales, para tratar de resolver problemas globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, etc.



Fig. 6 Una aldea es un sistema complejo formado por diversos subsistemas interrelacionados. Es una comunidad formada por seres humanos, otros seres vivos y por diversos objetos que se relacionan entre sí de manera organizada.

La relación entre los sistemas diseñados por el ser humano y los sistemas naturales es bien estrecha, pues prácticamente todo lo que hace el ser humano procede de, y tiene un impacto en, los ecosistemas naturales que habita. Esta relación nos lleva a introducir el concepto de diseño sostenible, o mejor aún de **diseño regenerativo**, ya que no se trata sólo de mantener lo que existe sino de regenerar lo que ha sido destruido por la acción humana. El diseño regenerativo implica la creación de una tecnología, planificación y leyes que “apoyen positivamente la salud de los seres humanos, de las comunidades y de los ecosistemas naturales” (Wahl, 2016). Al aplicar el diseño consciente a las comunidades y organizaciones humanas, éstas se convierten en **eco-sistemas sociales diseñados** en los que se mezclan elementos naturales, sociales y culturales. Una perspectiva holística que incluya todos estos aspectos se revela necesaria para describir con precisión cualquier sistema humano.

Además de crear artefactos, comunidades y organizaciones, los seres humanos también crean, gracias al lenguaje, modelos y teorías para explicar la realidad.

Algunos de estos modelos utilizan un lenguaje muy preciso, basado en las matemáticas, para describir y predecir el comportamiento de un determinado sistema real. Para construir el modelo, en sistemas reales con muchas componentes, los científicos eligen sólo algunas características que consideran representativas y estudian la relación que éstas guardan entre sí. Estas características vienen normalmente definidas por variables numéricas de diferentes tipos. A partir de ciertas hipótesis sobre las reglas que rigen la relación entre las variables elegidas construyen un modelo teórico (matemático) donde estas reglas se suelen representar en forma de ecuaciones (diferenciales). Su solución nos dice cómo las variables elegidas evolucionan con el tiempo a partir de unas condiciones iniciales dadas (predicción). Si los resultados obtenidos con el modelo son similares a los resultados obtenidos de la experiencia, decimos que el modelo es correcto. En la mayoría de los casos para crear un modelo es necesario partir de un conjunto de hipótesis o premisas sobre la realidad de las que no se puede asegurar totalmente su veracidad. **A partir de esas hipótesis se derivan muchas otras ideas y conclusiones y el conjunto de todas ellas se conoce como una teoría.**

Ejemplos de teorías para sistemas físicos son la mecánica clásica, la física cuántica o la termodinámica. Al tratarse de teorías totalmente matematizadas, resulta relativamente fácil diseñar experimentos que sirven para comprobar su adecuación o falsedad. En los sistemas vivos, además de la teoría de la evolución, el desarrollo de la teoría de sistemas dinámicos y sus matemáticas cualitativas está permitiendo la aparición de diversas teorías que tratan de explicar, y no sólo describir, qué es la vida, cómo funciona un ser vivo o un grupo de seres vivos, cómo funcionan los ecosistemas naturales, etc., teorías cualitativas que han sido capaces de superar las limitaciones impuestas por el reduccionismo fisicalista.

Al pasar a sistemas humanos la creación de modelos adecuados se complica todavía más. Si en psicología y psicología social la teoría de los sistemas dinámicos está dando resultados muy prometedores, en la dimensión social, económica o política de los sistemas humanos, no resulta fácil encontrar propuestas que no compitan ideológicamente entre sí. En su mayor parte se trata de teorías descriptivas que ponen su foco en un aspecto de la realidad humana, muchas veces descuidando otros elementos que son igualmente relevantes. Estos “descuidos” se deben en parte al hecho de que a los seres humanos nos resulta difícil escapar a **sistemas de creencias** fuertemente arraigados que nos llevan a ver y actuar en el mundo de una determinada manera, negando otras explicaciones que en muchos casos podrían ser complementarias a las nuestras, o incluso servir de puente para encontrar ideas compartidas. Algunos teóricos dirían que los sistemas de creencias se crean y fomentan para que personas, grupos y países con más poder puedan mantener sus privilegios, o al contrario para luchar contra, o resistirse a, quien tiene más poder y privilegios. Otras

personas, sin embargo, aluden a las dificultades inherentes a todo intento de gestionar o encontrar una base común en la enorme diversidad de circunstancias y hechos que rodean al ser humano. Sea como fuere, lo cierto es que cuando describimos lo que nos pasa en nuestras relaciones con otras personas, en el lugar donde trabajamos, en el pueblo, ciudad o país donde vivimos, no podemos evitar hablar desde algún sistema de creencias que hemos hecho nuestro y que, en muchos casos, es ineficaz. Esto es, no es una descripción adecuada de lo que ocurre y, por tanto, nos impide tomar las medidas necesarias para cambiar aquello que no funciona.

La teoría de los sistemas vivos, que presentamos aquí, puede aportar muchos elementos para comprender mejor el funcionamiento de los sistemas humanos. No obstante, como señala Capra (2016), “las organizaciones humanas no son sólo comunidades vivas, sino también instituciones sociales diseñadas con un **propósito** concreto operando en un determinado **entorno económico**”. La idea de propósito introduce un factor novedoso en el estudio de los sistemas humanos que no está presente en los sistemas vivos naturales y que es necesario tener en cuenta. Igualmente relevante es el factor económico, en cuanto ligado por una parte con la satisfacción, o no, de importantes necesidades básicas del ser humano, y por otra con el impacto de las actividades humanas en el entorno natural. De acuerdo con Capra, en la actualidad el factor económico, tal y como está organizado “no mejora la vida, sino que cada vez destruye más vidas”.

Lecturas recomendadas

Bortoft, Henry (1996), *The Wholeness of Nature. Goethe's way toward a science of conscious participation in nature*. Lindisfarne Press

Capra, Fritjof (1998). *La trama de la vida*. Anagrama

Capra, Fritjof y Luisi, Pier Luigi (2014). *The Systems View of Life. A Unifying Vision*. Cambridge University Press.

Kuhn, Thomas S. (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica.

Sahtouris, Elisabeth (2000). *EarthDance. Living Systems in Evolution*. iUniverse.

Tarnas, Richard (2012). *La pasión de la mente occidental. Entendiendo las ideas que modelan nuestra visión del mundo*. Atalanta.

Wahl, Daniel Christian (2006). *Design for Human and Planetary Health - A Holistic/Integral Approach to Complexity and Sustainability*, PhD Thesis, University of Dundee (www.bit.ly/DRC095)

Wahl, Daniel Christian (2016). *Designing Regenerative Cultures*. Triarchy Press