

Complejidad restringida, complejidad general

Aquest article estudia l'aparició tardana de la complexitat en l'àmbit científic, des de la seva invisibilitat en la ciència clàssica a la seva introducció posterior en diferents disciplines científiques. Així mateix, analitza les diferències entre dues concepcions fonamentals de la complexitat: la restringida i la generalitzada. El text repassa les nocions incorporades en la complexitat, com la noció de sistema, emergència, caos, auto-eco-organització, així com els principis hologràmic i dialògic. En la part final, s'exposen propostes per tal d'incorporar la complexitat en el sistema educatiu.

* * *

Este artículo estudia la aparición tardía de la complejidad en el ámbito científico, desde su invisibilidad en la ciencia clásica a su introducción posterior en diferentes disciplinas científicas. Asimismo, analiza las diferencias entre dos concepciones fundamentales de la complejidad: la restringida y la generalizada. El texto repasa las nociones incorporadas en la complejidad, como la noción de sistema, emergencia, caos, auto-eco-organización, así como los principios holográfico y dialógico. En la parte final, se exponen propuestas para incorporar la complejidad en el sistema educativo.

* * *

This article begins by tracking the appearance of complexity in scientific discourse, from its invisibility in classical science to its belated introduction in various disciplines. The author then analyses the differences between the two fundamental ways of understanding the concept: restricted complexity and generalised complexity. He reviews the various notions included in complexity, such as system, emergence, chaos and self-eco-organisation, as well as the hologrammatic and dialogical principles. Finally, he proposes ways of incorporating complexity in the education system.

Complejidad restringida, complejidad general¹

Edgar Morin

Director emérito de investigaciones del CNRS.

Doctor honoris causa de más de 14 universidades en todo el mundo

Los tres principios del rechazo de la complejidad por la ‘ciencia clásica’

La ciencia clásica ha rechazado la complejidad en virtud de tres principios explicativos fundamentales.

- (1) El principio del determinismo universal, ilustrado por el demonio de Laplace, capaz, gracias a su inteligencia y sus sentidos extremadamente desarrollados, de conocer no sólo todo acontecimiento pasado sino también de predecir todo acontecimiento futuro.
- (2) El principio de reducción, que consiste en conocer cualquier compuesto únicamente a partir del conocimiento de las partes básicas que lo constituyen.
- (3) El principio de disyunción, que consiste en aislar y separar las dificultades cognoscitivas unas de otras, llevando a la separación entre disciplinas que se han vuelto herméticas unas de otras.

Estos principios han conducido a desarrollos extremadamente brillantes, importantes y positivos del conocimiento científico, hasta el punto que los límites de inteligibilidad que comportaban se han hecho incluso más importantes que sus elucidaciones.

En esta concepción científica, la noción de «complejidad» es rechazada totalmente. Por una parte, complejidad significa corrientemente confusión e incertidumbre; la expresión «es complejo» expresa, de hecho, la dificultad en dar una definición o una explicación. Por otra parte, como el criterio de la verdad de la ciencia clásica se expresa en forma de leyes y conceptos simples, la complejidad se refiere solamente a las apariencias superficiales o ilusorias. Aparentemente, los fenómenos se presentan de modo confuso e incierto, pero la misión de la ciencia es la de destapar, detrás de estas apariencias, el orden escondido, que es la auténtica realidad del universo.

¹ Título original: *Complexité restreinte, complexité générale*, presentado en el coloquio «Intelligence de la complexité: épistémologie et pragmatique», Cerisy-La-Salle, 26 junio de 2005. Traducido del francés por Pep Lobera.

Ciertamente, la ciencia occidental no ha sido la única en buscar la «verdadera» realidad detrás de las apariencias; en la concepción hinduista el mundo de apariencias, el *mâyâ*, es ilusorio, y en la concepción budista el *samsâra*, el mundo de los fenómenos, no es la realidad última; pero la verdadera realidad, tanto en el mundo hinduista como en el budista, es inexpressable y en última instancia incognoscible. Mientras que, en la ciencia clásica, detrás de las apariencias existe el orden impecable e implacable de la naturaleza.

En definitiva, la complejidad es invisible en el despiece disciplinario de la realidad. En efecto, el sentido original de la palabra viene del *complexus* latino, que significa «lo que está tejido junto». La peculiaridad, no de la disciplina en sí, sino de la disciplina tal como se concibe, no comunicante con otras disciplinas, cerrada sobre sí misma, desintegra naturalmente la complejidad.

Por todas estas razones, se entiende porqué la complejidad ha sido invisible o ilusoria, y porqué el término ha sido rechazado deliberadamente.

Complejidad. Una primera brecha: la irreversibilidad

Sin embargo, se produce una primera brecha en el universo científico a lo largo del siglo XIX; la complejidad aparece de ella *de facto* antes de comenzar a ser reconocida *de jure*.

La complejidad hace su aparición *de facto* con el enunciado del segundo principio de la termodinámica, el cual indica que la energía se degrada bajo forma calorífica: este principio se inscribe en la irreversibilidad del tiempo, mientras que hasta entonces las leyes físicas eran en principio reversibles, y que incluso en la concepción de la vida, el fijismo de las especies no necesitaba del tiempo.

La cuestión importante aquí no es tan sólo la irrupción de la irreversibilidad, y por lo tanto del tiempo, sino también la aparición de un desorden desde que el calor es concebido como una agitación de moléculas; el movimiento desordenado de cada molécula es impredecible, salvo si nos situamos a escala estadística donde efectivamente se logran determinar leyes de distribución.

La ley del crecimiento irreversible de la entropía ha dado lugar a múltiples especulaciones y, más allá del estudio de los sistemas cerrados, a una primera reflexión sobre el universo, ya que éste, si se encuentra sometido al segundo principio, tendería a la dispersión, a la uniformidad, pues, hacia la muerte. Esta concepción de la muerte del universo, rechazada durante mucho tiempo, reaparece hoy en la cosmología con el descubrimiento de la llamada energía negra, que conduciría a la dispersión de las galaxias y parecería anunciarnos que el universo tiende a una dispersión generalizada. Así como decía el poeta

Eliott «el universo morirá en un cuchicheo» (*whisper*)...

La llegada del desorden, de la dispersión, de la desintegración, constituye así un atentado fatal para la visión perfecta, ordenada y determinista. Y harán falta muchos esfuerzos —no hemos llegado ahí todavía, precisamente porque es contrario al paradigma imperante— para comprender que el principio de dispersión, que aparece desde el nacimiento del universo con esa deflagración inaudita llamada impropriamente *big bang*, se combina con un principio contrario de enlace y de organización, que se manifiesta en la creación de núcleos, de átomos, de galaxias, de estrellas, de moléculas, de la vida.

Interacción Orden - Desorden - Organización

¿Cómo es que ambos fenómenos están relacionados?

Esto es lo que intenté mostrar en el primer volumen de *La Méthode (El Método)*. Debemos asociar los principios antagonistas de orden y de desorden, y asociarlos haciendo emerger otro principio que es el de la organización.

He aquí, de hecho, una visión compleja a la que se ha rechazado considerar durante mucho tiempo, porque no se puede concebir que el desorden pueda ser compatible con el orden, y que la organización pueda estar relacionada con el desorden, siendo su antagonista.

Al mismo tiempo que el del universo, se alteró el orden implacable de la vida. Lamarck introduce la idea de evolución, Darwin introduce la variación y la competición como los motores de la evolución. El post-darwinismo, si bien atenuó en ciertos casos el carácter radical del conflicto, aportó otra antinomia al orden: el azar, incluso diría un exceso de azar. En la concepción neodarwiniana, para evitar llamar «creación» o «invención» a las nuevas formas de organización viva como las alas, el ojo —se tiene mucho miedo a la palabra «invención» y a la palabra «creación»—, se colocó el azar en la proa. Se puede comprender, además, el miedo a la creación porque la ciencia rechaza el creacionismo, es decir, la idea de que Dios sea creador de formas vivas. Pero el rechazo al creacionismo ha terminado por enmascarar la creatividad que se manifiesta en la historia de la vida y en la historia de la humanidad. Y, desde el punto de vista filosófico, ha sido bastante reciente que Bergson y luego, de otro modo, Castoriadis, hayan puesto en el centro de su concepción la idea de creación.

Por otra parte, a principios del siglo XX, la microfísica introdujo una incertidumbre fundamental en el universo de las partículas que deja de obedecer a las concepciones del espacio y el tiempo características de nuestro universo llamado macro-físico. ¿Cómo entonces estos dos universos, que son los mismos

pero a una escala diferente, son compatibles? Hoy se empieza a concebir que podemos pasar del universo microfísico al nuestro, ya que se enlazan entre ellos un cierto número de elementos cuánticos, en virtud de un proceso llamado decoherencia. Pero queda este formidable hiato lógico y conceptual entre ambas físicas.

Finalmente, a gran escala —mega-física— la teoría einsteiniana descubre que el espacio y el tiempo están relacionados, lo que hace que nuestra realidad vivida y percibida sea solamente meso-física, situada entre la realidad microfísica y la realidad mega-física.

El caos

Todo lo anterior hizo que se vieran afectados los dogmas de la ciencia clásica, pero *de facto*, aunque cada vez más momificados, éstos permanecen.

Y, sin embargo, van a aparecer algunos términos extraños. Por ejemplo, el término «catástrofes», sugerido por René Thom para tratar de hacer inteligibles los cambios de forma discontinuos; más tarde el fractalismo de Mandelbrot; luego las teorías físicas del caos, que además se generalizan, ya que hoy se cree que el sistema solar, el mismo que parece obedecer a un orden absolutamente impecable y mensurable con la más extrema precisión, cuando se considera su evolución en millones de años es un sistema caótico que contiene una inestabilidad dinámica que modifica, por ejemplo, la rotación de la Tierra alrededor de sí misma o alrededor del Sol. El proceso caótico puede obedecer a estados iniciales deterministas, pero éstos no pueden ser conocidos de modo exhaustivo, y las interacciones que se desarrollan en este proceso alteran toda previsión. Variaciones ínfimas tienen consecuencias considerables a escalas grandes de tiempo. La palabra caos, en esta física, tiene una acepción muy delimitada: la de desorden aparente y de impredecibilidad. El determinismo está a salvo en su principio, pero es inoperante ya que no se pueden conocer de modo exhaustivo los estados iniciales.

Estamos, de hecho, desde la deflagración originaria y para siempre, sumergidos en un universo caótico.

La emergencia de la noción de la complejidad

Sin embargo, la complejidad todavía se desconocía en física, en biología, en ciencias humanas. Obviamente, después de más de medio siglo, la palabra complejidad había irrumpido, pero en un ámbito que había permanecido

impermeable tanto para las ciencias humanas y sociales como para las ciencias naturales propiamente dichas. En el seno de una especie de nebulosa espiral de matemáticos y de ingenieros, en los años 1940-50, es donde surgieron, más o menos al mismo tiempo, y se unieron en seguida la teoría de la información, la cibernética y la teoría de los sistemas. En medio de esta nebulosa, la complejidad aparece con Ashby para definir el grado de variedad en un sistema dado. La palabra aparece pero no contamina, porque en el fondo el nuevo pensamiento queda muy confinado; las contribuciones de Von Neumann y de Von Foerster van a permanecer completamente ignoradas, y todavía hoy lo están en las ciencias disciplinarias cerradas sobre sí mismas. Se puede decir también que la definición del azar de Chaitin como incompresibilidad algorítmica es aplicable a la complejidad. Desde entonces, los términos de azar, desorden, complejidad tienden a superponerse unos a otros y a veces a confundirse.

Existían brechas, pero no todavía no había una apertura. Ésta llegaría del Instituto de Santa Fe (1984), donde la palabra se impone para designar como «sistemas complejos» a sistemas dinámicos con un gran número de interacciones y de retroalimentaciones, dentro de los cuales se llevan a cabo procesos muy difíciles de predecir y controlar que la concepción clásica era incapaz de contemplar.

De esta manera, los dogmas o paradigmas de la ciencia clásica comienzan a ser discutidos.

La noción de emergencia aparece en *El azar y la necesidad (Le hasard et la nécessité)*, Jacques Monod realiza un gran estudio de la emergencia, es decir, de las cualidades y las propiedades que aparecen cuando se constituye la organización de un sistema vivo, cualidades que evidentemente no existían cuando las partes se presentaban de manera aislada. Esta noción es repetida, aquí y allá, cada vez más, pero como una simple constatación, sin ser verdaderamente cuestionada (mientras que se trata de una bomba conceptual).

Es así como se llegó a la complejidad que yo llamo «restringida» (*restreinte*): la palabra complejidad se introduce en «la teoría de los sistemas complejos»; mientras, aquí y allá se va introduciendo la idea de «ciencias de la complejidad» englobando la concepción fractalista y la teoría del caos.

La complejidad restringida se ha difundido bastante recientemente y, tras una década en Francia, se han saltado muchas barreras. ¿Por qué? Porque cada vez más se afrontaba un vacío teórico allá donde aparecían las ideas de caos, fractal, desorden e incertidumbre, y entonces hacía falta que la palabra complejidad abarcara ese conjunto. Esta complejidad está restringida únicamente a los sistemas considerados complejos, porque empíricamente se presentan en

una multiplicidad de procesos interrelacionados, interdependientes y retroactivamente asociados. De hecho, la complejidad jamás se cuestiona, ni se piensa de manera epistemológica.

Aquí aparece el corte epistemológico entre complejidad restringida y complejidad generalizada, ya que pienso que todo sistema, cualquiera que sea, es complejo en su misma naturaleza.

La complejidad restringida ha permitido llevar a cabo avances importantes en la formalización, en las posibilidades de modelización, que en sí mismas favorecen potencialidades interdisciplinarias. Pero nos mantenemos en la epistemología de la ciencia clásica. Cuando se buscan las «leyes de la complejidad», todavía enganchamos la complejidad como un vagón detrás de la verdadera locomotora, la que produce leyes. Se ha formado un híbrido entre los principios de la ciencia clásica y los avances hacia su futuro. En realidad, se evita el problema fundamental de la complejidad que es epistemológico, cognoscitivo, paradigmático. En cierto modo, se reconoce la complejidad, pero descomplejizándola. De esta manera, se abre la brecha y luego se intenta taponarla: el paradigma de la ciencia clásica permanece, solamente agrietado.

La complejidad generalizada

Pero entonces, ¿qué es la complejidad «generalizada»? Necesita, insisto, un replanteamiento epistemológico, es decir, que lleve a la organización del conocimiento mismo.

Y es un problema paradigmático en el sentido en el que he definido «paradigma».² Puesto que un paradigma de simplificación controla la ciencia clásica, imponiendo un principio de reducción y un principio de disyunción a todo conocimiento, debería existir un paradigma de complejidad que impusiese un principio de distinción y un principio de conjunción.

Por oposición a la reducción, la complejidad requiere que se traten de comprender las relaciones entre el todo y las partes. El conocimiento de las partes no basta, el conocimiento de todo como todo tampoco basta, si se ignoran sus partes; debemos, pues, realizar un ir y venir en bucle para reunir el conocimiento del todo y el de las partes. Así, el principio de reducción es sustituido por un principio que concibe la relación de implicación mutua todo-partes.

² Cfr. Méthode 4, Les idées, p.211-238, Le Seuil, 1991

El principio de disyunción, el principio de separación (entre objetos, entre disciplinas, entre nociones, entre sujeto y objeto de conocimiento), debe sustituirse por un principio que mantenga la distinción pero que trate de establecer la relación.

El principio del determinismo generalizado debería sustituirse por un principio que conciba una relación entre orden, desorden y organización. Considerando, por supuesto, que orden no sólo significa leyes sino también estabilidades, regularidades, ciclos organizadores, y que desorden no es sólo dispersión, desintegración, sino que también puede ser obstrucción, colisiones, irregularidades.

Retomemos ahora la palabra de Weaver, de un texto de 1948 al que nos referimos a menudo, que decía más o menos: el siglo XIX fue el siglo de la complejidad desorganizada y el siglo XX debe ser el de la complejidad organizada.

Cuando decía «complejidad desorganizada», pensaba en la irrupción del segundo principio de la termodinámica y en sus consecuencias. La complejidad organizada significa a nuestros ojos que los sistemas son complejos porque su organización supone, comporta o produce complejidad.

Consecuentemente, un problema capital es la relación, inseparable (mostrado en *La Méthode I*), entre complejidad desorganizada y complejidad organizada.

Veamos ahora las tres nociones que están presentes aunque, en mi opinión, no realmente planteadas, en la complejidad restringida: la noción de sistema, la de emergencia y la de caos.

Sistema: debe concebirse que «todo sistema es complejo»

¿Qué es un sistema? Es una relación entre unas partes que pueden ser muy diferentes entre sí y que constituyen un todo, a la vez organizado, organizante y organizador.

Sobre eso, conocemos la vieja fórmula de que el todo es más que la suma de las partes, porque la suma de las cualidades o las propiedades de las partes no basta para conocer las del todo: aparecen cualidades o propiedades nuevas, debidas a la organización de estas partes en un todo, éstas son las emergencias.

Pero hay también una substracción que he querido poner de relieve enunciando que el todo no sólo es más que la suma de las partes, también es menos que la suma de las partes.

¿Por qué?

Porque un cierto número de cualidades y propiedades presentes en las partes puede ser inhibido por la organización del todo. Así, a pesar de que cada una

de nuestras células contenga la totalidad de nuestro patrimonio genético, sólo una pequeña parte se encuentra activada, mientras que el resto está inhibido. En la relación humana individuo-sociedad, las posibilidades de las libertades en última instancia delincuenciales o criminales inherentes a cada individuo, van a verse inhibidas por la organización de la policía, las leyes y el orden social.

Consecuentemente, como decía Pascal, debemos concebir la relación circular: «no se pueden conocer las partes si no se conoce el todo, pero tampoco se puede conocer el todo si no se conocen las partes».

Así, la noción de organización se vuelve capital, ya que es a través de la organización de las partes en un todo como aparecen las cualidades emergentes y desaparecen las cualidades inhibidas.³

Emergencia de la noción de emergencia

Lo importante en la emergencia es el hecho de que sea indeducible de las cualidades de las partes, y por lo tanto irreducible; aparece solamente a partir de la organización del todo. Esta complejidad está presente en cualquier sistema, empezando por el H₂O, la molécula de agua que contiene un cierto número de cualidades o propiedades que no poseen el hidrógeno o el oxígeno por separado, los cuales, a su vez, tienen cualidades que no posee la molécula de agua.

Hay un número reciente de la revista *Science et Avenir*⁴ que está dedicado a la emergencia; al relacionar emergencia y organización, uno se pregunta si es una fuerza escondida en la naturaleza, una virtud intrínseca.

A partir del descubrimiento de la estructura del patrimonio genético en el ADN, donde apareció que la vida estaba constituida por ingredientes fisicoquímicos presentes en el mundo material, por lo tanto a partir del momento en que estuvo claro que no hay una materia específicamente viva, una sustancia específicamente viva, que no hay una fuerza vital (*élan vital*) en el sentido bergsonian, sino solamente materia fisicoquímica que con un cierto grado de complejidad organizadora produce las cualidades de lo vivo —como la autorreproducción, la autorreparación, así como un cierto número de aptitudes cognitivas o informacionales— a partir de este momento, el vitalismo es rechazado,

³ Desarrollo la idea que organización comporta complejidad en *La Méthode I, La nature de la nature*, p.94-151, Le Seuil, 1977.

⁴ *Ciencia y Futuro*, una revista popular francesa (N. del T.)

el reduccionismo debería ser rechazado y es la noción de emergencia la que cobra una importancia capital, ya que un cierto tipo de complejidad organizadora produce las cualidades específicas de la auto-organización.

El espíritu (*mens, mente*) es una emergencia. Es la relación cerebro-cultura que produce como emergencia las cualidades psíquicas, mentales, con todo lo que esto contiene de lenguaje, conciencia, etc.

Los reduccionistas son incapaces de concebir la realidad del espíritu y quieren explicarlo todo a partir de las neuronas. Los espiritualistas, incapaces de concebir la emergencia del espíritu a partir de la relación cerebro-cultura, hacen del cerebro, todo lo más, un tipo de repetidor de televisión.

La complejidad de la organización

La noción de emergencia es una noción capital, pero reenvía al problema de la organización, y es la organización la que da consistencia a nuestro universo. ¿Por qué hay organización en el universo? No podemos responder a esta cuestión, pero podemos examinar la naturaleza de la organización.

Si pensamos que existen problemas de irreductibilidad, de indeducibilidad, de relaciones complejas entre las partes y el todo, y si pensamos además que un sistema es una unidad compuesta de partes diferentes, estamos obligados a unir la noción de unidad y la de pluralidad o por lo menos la de diversidad. Entonces nos damos cuenta de que hay que llegar a una complejidad lógica, porque debemos unir nociones que normalmente se rechazan lógicamente, como la unidad y la diversidad. Y hasta el azar y la necesidad, el desorden y el orden necesariamente se combinan para concebir la génesis de las organizaciones físicas, así como en la hipótesis plausible de que el átomo de carbono necesario para la creación de la vida se constituyó en una estrella anterior a nuestro sol, por el encuentro exactamente en el mismo momento – coincidencia absoluta– de tres núcleos de helio. Así, en estrellas donde hay unos mil millones de interacciones y de encuentros, el azar hace encontrarse estos tres núcleos, pero cuando este azar se produce es necesario que se constituya un átomo de carbono.

Estás obligado a relacionar estas nociones totalmente disociadas en el entendimiento que nos ha sido inculcado desde, desgraciadamente, la infancia, el orden, el desorden, la organización. Logramos entonces concebir lo que he llamado auto-eco-organización, es decir, la organización viva.

La auto-eco-organización

La palabra auto-organización había surgido y había sido utilizada desde finales de la década de 1950 por matemáticos, ingenieros, cibernéticos, neurólogos. Se habían realizado tres conferencias importantes sobre el tema «*self organizing systems*», paradójicamente, la palabra no había penetrado en la biología y es un biólogo marginal, Enrique Atlan, quien repitió esta idea en un gran aislamiento intelectual en el seno de su corporación en los años 70. Finalmente, la palabra surgió en los años 80-90 en Santa Fe como una idea nueva, a pesar de que ya existía desde hacía cerca de medio siglo. Pero todavía no se impuso en la biología.

Llamo auto-eco-organización a la organización viva, según la idea de que la auto-organización depende de su medio ambiente para obtener energía e información: en efecto, como constituye una organización que trabaja para automantenerse, degrada energía en su trabajo, por lo que debe obtener energía de su medio ambiente. Además, debe buscar alimento y defenderse de lo que le amenaza, por lo que debe comportar un mínimo de capacidades cognoscitivas.

Llegamos a lo que llamo lógicamente el complejo de autonomía-dependencia. Para que un ser vivo sea autónomo, hace falta que dependa de su medio ambiente en materia y energía, y también en conocimiento e información. Cuanto más se desarrolle la autonomía, más dependencias múltiples se van a desarrollar. Cuanto más me permita mi ordenador tener un pensamiento autónomo, más va a depender de electricidad, de redes, de coacciones sociológicas y materiales. Llegamos, entonces, a una nueva complejidad para concebir la organización viva: la autonomía no puede concebirse sin su ecología. Además, debemos observar un proceso autogenerador y autoprodutor, es decir, la idea de un bucle recursivo que nos obliga a romper con nuestras ideas clásicas de producto à productor, y de causa à efecto.

En un proceso autogenerador o autoprodutor o autopoético o autoorganizador, poco importan aquí las palabras, los productos son necesarios para su propia producción. Somos los productos de un proceso de reproducción, pero ese proceso sólo puede continuar si nosotros, individuos, nos emparejamos para continuar el proceso. La sociedad es el producto de interacciones entre individuos humanos, pero la sociedad se constituye con sus emergencias, su cultura, su lenguaje, que retroactúa sobre los individuos y de esta manera producirlos como individuos humanos abasteciéndoles de lenguaje y cultura. Somos producidos y productores. Las causas producen efectos que son necesarios para su propia causación.

La idea de bucle ya había sido introducida por Norbert Wiener en la idea de retroalimentación, negativa y positiva, finalmente sobre todo negativa; luego se generalizó sin que se hubiera reflexionado realmente sobre las consecuencias epistemológicas que contenía. Hasta en el ejemplo más banal, el de un sistema térmico alimentado por una caldera que abastece la calefacción de un edificio, tenemos esta idea de indivisibilidad de efecto y causa: gracias a un dispositivo de control de temperatura, cuando se alcanzan 20°C, la calefacción se para; cuando la temperatura ha descendido demasiado, la calefacción se pone en marcha. Es un sistema circular, donde el efecto mismo interviene en la causa que permite la autonomía térmica del conjunto con relación a un medio ambiente frío. Es decir, que la retroalimentación es un proceso que complejiza la causalidad. Pero las consecuencias de esto no se habían llevado al plano epistemológico.

Por tanto, la retroalimentación ya es, en si, un concepto complejo, incluso en los sistemas no vivos. La retroalimentación negativa es la que permite anular las divergencias que tienden a formarse sin cesar, como el descenso de la temperatura en relación a la norma. La retroalimentación positiva se desarrolla cuando el sistema de regulación ya no es capaz de anular las divergencias; éstas pueden entonces amplificarse y dirigirse hacia un *runaway*, un tipo de desintegración generalizada, como a menudo sucede en nuestro mundo físico. Pero se ha podido ver, siguiendo la idea que avanzara hace más de 50 años Magoroh Maruyama, que la retroalimentación positiva, es decir, la divergencia creciente, es un elemento que permite la transformación en la historia humana. Todos los grandes procesos de transformación se han iniciado a partir de divergencias, como la divergencia monoteísta en un mundo politeísta, la divergencia religiosa del mensaje de Jesús en el seno del mundo judío, y más tarde la divergencia de la divergencia, transformada por Pablo en el seno del imperio romano; divergencia, el mensaje de Mahoma expulsado de La Meca y refugiado en Medina. El nacimiento mismo del capitalismo es divergente en un mundo feudal. El nacimiento de la ciencia moderna es un proceso divergente a partir del siglo XVII. El socialismo es una idea divergente en el siglo XIX. Es decir, todos los procesos comienzan con divergencias que, cuando no son asfixiadas, exterminadas, son entonces capaces de llevar a cabo transformaciones en cadena.

La relación entre local y global

En la complejidad lógica, encontramos la relación entre local y global. Hemos creído poder asumir las dos verdades de lo global y lo local en axiomas del estilo: «pensar globalmente y actuar localmente». En realidad, en nuestra época

planetaria estamos, creo, obligados a pensar al mismo tiempo local y globalmente, y tratar de actuar a la vez local y globalmente. Además, es complejo igualmente que verdades locales puedan convertirse en errores globales. Por ejemplo, cuando nuestro sistema inmunológico rechaza con la mayor de las energías el corazón que se le incorpora como a un extraño maligno, esta verdad local se convierte en un error global, ya que el organismo muere. Pero también podemos decir que verdades globales pueden conducir a errores locales, la verdad de la necesidad de luchar contra el terrorismo puede conducir a intervenciones que van a favorecer todavía más el desarrollo del terrorismo, veamos sino el caso de Irak.

Heráclito: «Vivir de muerte, morir de vida»

En esta unión de nociones lógicamente complejas, hay una relación vida-muerte.

A menudo he citado la frase iluminadora de Heráclito, del siglo VI a.C.: «Vivir de muerte, morir de vida». Se ha vuelto inteligible recientemente, a partir del momento en que supimos que nuestro organismo que degrada su energía, debía no sólo reconstituir moléculas, sino que nuestras mismas células se degradaban y producíamos nuevas células. Vivimos de la muerte de nuestras células. Y este proceso de regeneración permanente casi de rejuvenecimiento permanente, es el proceso de la vida. Esto permite añadir a la acertada fórmula de Bichat, que dice que «la vida es el conjunto de funciones que luchan contra la muerte», este extraño complemento que nos presenta una complejidad lógica: «integrando la muerte para luchar mejor contra la muerte». Lo que se conoce sobre este proceso es extremadamente interesante: se ha sabido bastante recientemente que las células que mueren no son sólo las células envejecidas; células aparentemente sanas que reciben diferentes mensajes de las células próximas «deciden», en un momento dado, suicidarse. Se suicidan y los fagocitos van a devorar sus pedazos. Así el organismo determina que las células deben morir antes de que hayan alcanzado la edad de la senescencia. Es decir, que la muerte de las células y su liquidación *post mortem* están contenidas en la organización viva.

Hay un tipo de fenómeno de autodestrucción, de apoptosis, ya que este término ha sido tomado en el mundo vegetal para designar la escisión de los tallos en otoño llevada a cabo por los árboles para que las hojas muertas caigan.

De una parte, cuando hay una insuficiencia de muertes celulares a causa de accidentes y perturbaciones, hay un cierto número de enfermedades que son mortales a cierto plazo, como la osteoporosis, esclerosis diversas y ciertos tipos de cáncer, donde algunas células se niegan a morir, se vuelven amortales,

forman tumores y van a deambular en forma de metástasis (puede parecer que es una rebelión de células a su muerte individual lo que conduce a estas formas de muerte del organismo). Por otra parte, el exceso de muertes celulares determina el sida, parkinson y alzheimer.

Vemos hasta qué punto es compleja esta relación vida-muerte: ¡hace falta que mueran células, pero no demasiadas! Vivimos entre dos catástrofes, el exceso o la insuficiencia de mortalidad. Nos encontramos de nuevo con el problema fundamentalmente epistemológico de la complejidad generalizada.

Máquinas no triviales

Los seres vivos son máquinas pero, a diferencia de las artificiales, que son máquinas triviales deterministas (de las que se conocen los *outputs* cuando se conocen los *inputs*), son máquinas no triviales (von Foerster) de las que se pueden predecir comportamientos innovadores.

Somos máquinas, esta verdad ya aparecía en *L'homme-machine* de La Mettrie. Somos máquinas físicas, máquinas térmicas, funcionamos a 37°C de temperatura. Pero somos máquinas complejas.

Von Neumann estableció la diferencia entre las máquinas vivas y las máquinas artificiales generadas por la técnica: los componentes de las máquinas técnicas, aún teniendo la cualidad de ser extremadamente fiables, caminan hacia su degeneración, hacia su desgaste, desde el mismo instante en que inician su funcionamiento. Mientras que la máquina viva, constituida en gran parte por componentes poco fiables, las proteínas que se degradan —y comprendemos bien que es esta falta de fiabilidad de las proteínas lo que les permite reconstituirse sin cesar—, es capaz de regenerarse y de repararse; también se dirige hacia la muerte, pero después de un proceso de desarrollo. La clave de esta diferencia está en la capacidad de autorreparación y de autorregeneración. La palabra regeneración tiene aquí una importancia capital.

Podemos decir que las innovaciones que surgen en la evolución viva, ya sean determinadas por cambios en el ambiente o por la irrupción de azares múltiples, como la aparición del esqueleto en los vertebrados, las alas en el insecto, el ave o el murciélago, todas estas creaciones, son lo característico de las máquinas no triviales. Es decir, dan una respuesta nueva a desafíos que serían insuperables sin esta respuesta.

Todos los personajes importantes de la historia humana, en el plano intelectual, religioso, mesiánico, político, han sido máquinas no triviales. Podemos decir que toda la Historia de la Humanidad, que empieza hace diez mil años, es una

historia no trivial; es decir, una historia hecha de imprevistos, de inesperados, de destrucciones y de creaciones. La historia de la vida que la precede es una historia no trivial, y la historia del universo, en la está incluido el nacimiento de la vida y más tarde el de la humanidad, es una historia no trivial.

Estamos obligados a desbanalizar el conocimiento y nuestra visión del mundo.

Complejizar la noción de caos

Hemos visto cómo la noción de sistema nos lleva a complejidades de organización que, a su vez, nos conducen a complejidades lógicas. Miremos ahora la noción de caos tal como aparece en el seno de la teoría del caos y que comporta desorden e impredecibilidad. El aleteo de las alas de una mariposa en Melbourne puede provocar, por una sucesión de procesos en cadena, un ciclón en Jamaica, por ejemplo.

En realidad, creo que la palabra *caos* debe ser considerada en su sentido más profundo, su sentido griego. Sabemos que en la concepción del mundo griego, el Caos se encuentra en el origen del Cosmos. El caos no es desorden puro, sino que conlleva la indistinción entre las potencialidades de orden, desorden y organización, a partir de las cuales nace un cosmos, que es un universo ordenado. Los griegos vieron un poco demasiado de orden en el cosmos, que es efectivamente ordenado, ya que el espectáculo inmediato, el orden impecable del cielo que vemos cada noche con estrellas, está siempre en el mismo sitio, y si los planetas son móviles regresan también al mismo lugar en un orden impecable. Sin embargo, sabemos hoy con las concepciones ampliadas del tiempo cósmico que todo este orden es a la vez temporal y parcial en un universo de movimiento, colisión y transformación.

Caos y Cosmos están asociados —he empleado la palabra de *Caosmos*—, existe aquí también una relación circular entre ambos términos. Hay que tomar la palabra *caos* en un sentido mucho más profundo y más intenso que el que tiene en la teoría física del caos.

La necesidad de la contextualización

Retomemos el término *complexus* en el sentido de «lo que está entretrejado». Es una palabra muy importante, que indica que la división del conocimiento impide relacionar y contextualizar.

El modo de conocimiento propio de la ciencia disciplinaria aísla los objetos, unos de otros, y los aísla de su medio ambiente. Se puede decir que el principio de la experimentación científica permite tomar un cuerpo físico de la Naturaleza,

aislarlo en el medio artificial y controlado de un laboratorio, para luego estudiar este objeto en función de las perturbaciones y variaciones que se le hace experimentar. Efectivamente, esto permite conocer un cierto número de sus cualidades y propiedades. Pero se puede decir también que este principio de descontextualización ha sido nefasto tan pronto como se aplicó a la vivo. La observación llevada a cabo desde 1960 por Janet Goodall de una tribu de chimpancés en su medio natural pudo mostrar la supremacía de la observación (en medio natural) sobre la experimentación (en un laboratorio) para conocerlos.⁵ Fue necesaria mucha paciencia para que Janet Goodall pudiera percibir que los chimpancés poseían personalidades diferentes unos de otros, con relaciones bastante complejas de amistad, de rivalidad; toda una psicología y una sociología de los chimpancés aparecieron en su complejidad, invisibles a los estudios realizados en laboratorio o en jaula.

La idea de conocer a los seres vivos en su medio ambiente se ha vuelto capital en etología animal. Insistamos, la autonomía de lo vivo necesita ser concebida en su medio ambiente.

Ahora, con la toma de conciencia de las degradaciones que nuestro desarrollo tecno-económico hace sufrir a la biosfera, nos damos cuenta del lazo vital con la misma biosfera que creíamos haber reducido a objeto de manipulación. Si la degradamos, nos degradamos, y si la destruimos, nos destruimos.

La necesidad de contextualización es extremadamente importante. Diría incluso que es un principio del conocimiento: cualquiera que haga una traducción en una lengua extranjera buscará una palabra desconocida en el diccionario; pero si la palabra es polisémica, no sabrá inmediatamente cuál es la traducción correcta, buscará el sentido de la palabra en el sentido de la frase, a la luz del sentido global del texto. A través de este ejercicio del texto a la palabra, del texto al contexto y del contexto a la palabra, va a cristalizarse un sentido.

En otras palabras, la inserción en el texto y en el contexto es una evidente necesidad cognoscitiva. Tomemos por ejemplo la economía, la ciencia social más avanzada desde el punto de vista matemático, pero que está aislada de contextos humanos, sociales, históricos y sociológicos: su poder de predicción es extremadamente débil porque la economía no funciona de manera aislada: sus previsiones deben ser revisadas sin cesar, lo que nos indica la imperfección de una ciencia muy avanzada pero demasiado cerrada.

De manera más general, al conjunto de las ciencias humanas les falta contextualización mutua.

⁵ Cfr. «*Le Paradigme Perdu*», pp. 51-54.

A menudo cito el caso del embalse de Asuán por ser revelador y significativo: fue construido en el Egipto de Nasser para poder regular el curso de un río caprichoso, el Nilo, y producir energía eléctrica en un país que la necesitaba en gran medida. Pero, ¿qué ocurrió al cabo de un cierto tiempo? Ocurrió que aquella presa retenía parte de los limos que fertilizaban el valle del Nilo, lo que obligó a la población agrícola a abandonar los campos para ir a superpoblar las grandes metrópolis como El Cairo; retenía parte de los peces que servían de alimento a la población vecina; y además hoy, la acumulación de limos debilita la presa y causa nuevos problemas técnicos. Esto no quiere decir que el embalse de Asuán no debiera haberse construido, sino que todas las decisiones tomadas únicamente en un contexto tecno-económico corren el riesgo de tener consecuencias desastrosas. Es como el desvío de ríos en Siberia que realizó el gobierno soviético y cuyas consecuencias perversas fueron más importantes que las positivas.

Hace falta pues reconocer la inseparabilidad de lo separable, a nivel histórico y social, como ha sido reconocido ya a nivel microfísico. Según la física cuántica, confirmada por los experimentos de Aspect, dos entidades microfísicas están conectadas inmediatamente una a otra, aunque se encuentren separadas por el espacio y el tiempo. Más aún, llegamos a la idea de que todo lo que está separado es, al mismo tiempo, inseparable.

Los principios holográfico y dialógico

Hay que avanzar igualmente el principio holográfico u hologramático, según el cual no sólo una parte está dentro de un todo sino que también el todo está dentro de la parte; de la misma manera que la totalidad del patrimonio genético se encuentra en cada célula de nuestro organismo o que la sociedad con su cultura está en el interior del espíritu de un individuo.

Regresamos de nuevo al núcleo lógico de la complejidad que, como veremos, es dialógico: separabilidad-inseparabilidad, todo-partes, efecto-causa, producto-productor, vida-muerte, homo sapiens - homo demens, etc.

Aquí es donde el principio del tercero excluido revela su límite. El tercero excluido es «A no puede ser A y no A», mientras que se puede lo uno y lo otro. Por ejemplo, Spinoza es judío y no judío; no es judío, ni no judío. Es aquí dónde lo dialógico no es la respuesta a estas paradojas, sino el medio de enfrentarse a ellas, considerando la complementariedad de los antagonismos y el ejercicio productivo, a veces vital, de los antagonismos complementarios.

Para las ciencias, un cierto número de consecuencias

En lo que respecta a las ciencias, podemos ver un cierto número de consecuencias. En primer lugar la ciencia clásica es algo complejo, incluso cuando produce conocimiento simplificante. ¿Por qué? Porque la ciencia es un cuadrúpedo que camina sobre cuatro patas: la pata del empirismo hecha de datos, de experimentación o de observación; la pata de la racionalidad, hecha de teorías constituidas lógicamente; la pata de la comprobación, siempre necesaria; la pata de la imaginación, porque las grandes teorías son producto de una potente imaginación creadora. Así la ciencia es compleja, se produce por un movimiento cuadrúpedo que le impide solidificarse.

El conocimiento objetivo, que es su ideal, se ha traducido por la necesidad de eliminar la subjetividad, es decir, la parte afectiva inherente a cada observador, a cada científico, pero también ha comportado la eliminación del sujeto, es decir, del ser que concibe y que conoce. Sin embargo, cualquier conocimiento, incluido el objetivo, es a la vez una traducción cerebral, a partir de datos del mundo exterior, y una reconstrucción mental, a partir de ciertas potencialidades organizadoras del espíritu. Está claro que la idea de una objetividad pura es utópica. La objetividad científica es producida por unos seres que son sujetos, dentro de unas condiciones históricas dadas, a partir de las reglas de juego científico. La gran aportación de Kant fue mostrar que el objeto del conocimiento es co-construido por nuestro espíritu. Nos indicó que es necesario conocer el conocimiento para conocer sus posibilidades y sus límites. El conocimiento del conocimiento es una exigencia del pensamiento complejo.

Como señaló Husserl en los años 30, particularmente en su conferencia sobre la crisis de la ciencia europea, las ciencias han desarrollado medios extremadamente sofisticados para conocer objetos exteriores, pero ningún medio de conocerse a ellas mismas. No hay ninguna ciencia de la ciencia, e incluso la ciencia de la ciencia sería insuficiente si no englobase una problemática epistemológica. La ciencia es una obra tumultuosa, la ciencia es un proceso que no se sabría programar de antemano, porque nunca se puede programar lo que se va a encontrar, ya que lo propio de un descubrimiento es que es inesperado. Este proceso incontrolado ha conducido hoy al desarrollo de potencialidades de destrucción y de manipulación, que deben llevar la introducción en la ciencia de una conciencia doble: una conciencia de él misma y una conciencia ética.

También, creo que será necesario llegar cada vez más a un conocimiento científico que integre el conocimiento del espíritu humano en el conocimiento del objeto que adquiere ese espíritu y que reconozca la inseparabilidad de objeto y sujeto.

Dos revoluciones científicas han introducido *de facto* la complejidad

Ya he señalado cómo la noción de complejidad emergió de modo marginal en una esfera de matemáticos/ingenieros. Cabría indicar ahora que el siglo XX conoció dos revoluciones científicas que han introducido *de facto* la complejidad, sin reconocer, sin embargo, esta noción que permanece implícita.

La primera revolución, después de la termodinámica del siglo XIX, es la de la microfísica y la cosmofísica, que introdujeron la indeterminación, el azar —allí donde reinaba el determinismo— y elaboraron métodos propios para tratar las incertidumbres encontradas.

La segunda revolución es la que reúne disciplinas y restablece entre ellas un tejido común. Ésta se inicia en la segunda mitad del siglo XX. Así, en los años 60, las ciencias de la Tierra concibieron la Tierra como un sistema físico complejo que permite hoy articular la geología, la sismología, la vulcanología, la meteorología, la ecología, etc. En esa misma época la ecología se desarrolla como conocimiento científico, uniendo datos e informaciones recogidos en las diferentes disciplinas físicas y biológicas en la concepción de los ecosistemas. La ecología permite entender cómo un ecosistema o bien se degrada, o bien se desarrolla, o bien mantiene su homeostasis. A partir de los años 70, la concepción ecológica se extiende al conjunto de la biosfera e introduce necesariamente conocimientos de las ciencias sociales.

Aunque la ecología, en el plano de la biosfera, no puede hacer predicciones rigurosas, puede aportarnos hipótesis vitales acerca de, por ejemplo, el calentamiento global que se manifiesta en el deshielo de los glaciares del Océano Antártico o del Ártico. Así, la ecología, la cosmología y las ciencias de la Tierra se han convertido en Ciencias poli-disciplinarias, incluso transdisciplinarias. Tarde o temprano, esto mismo llegará a la biología, a partir del momento en que se implante la idea de autoorganización; y debería llegar a las ciencias sociales,⁶ aunque sean extremadamente resistentes.

Finalmente, el observador, cazado por el postulado de objetividad, se ha introducido en algunas ciencias, como la microfísica, en la que el observador perturba aquello que observa. En el caso de la cosmología, aunque uno no suscriba lo que Brandon Carter llamaba el principio antrópico, que considera el lugar del hombre en el universo, está obligado a concebir que este universo entre sus posibilidades posiblemente ínfimas, tenía la posibilidad de la vida humana, quizás solamente sobre este planeta Tierra, pero quizás también en algún otro lugar.

⁶ Cfr. mi *Humanité de l'humanité*, La Méthode 5, Le Seuil

De esta manera se puede restablecer el tejido común entre lo humano, lo vivo y el universo, lo que implica una concepción compleja capaz a la vez de distinguir lo humano de lo natural y de integrarlo.

La inserción de la ciencia en la Historia

Por otro lado, encontramos el problema de la inserción de las Ciencias en la Historia humana.

Como sabéis, existen dos concepciones de la historia de las ciencias, la concepción internalista y la concepción externalista. El modo internalista ve el desarrollo de las ciencias de manera aislada, únicamente en función de su lógica interna y de sus propios descubrimientos. El modo externalista lo ve en función de los desarrollos históricos y sociales que determinan los desarrollos científicos.

Creo que hay que tratar de vincular a ambos, y esto es válido además para otros desarrollos, a parte del de las ciencias. Así, algunos quisieron explicar la perversión de la Unión Soviética a partir de factores internos, tales como insuficiencias en la doctrina de Marx o limitaciones en la de Lenin. Otros quisieron imputarla a elementos externos, como el asedio y hostilidad desde las potencias capitalistas a la Unión Soviética, o a elementos anteriores, como el atraso de la Rusia zarista. Mientras que el verdadero ejercicio cognoscitivo es vincular estos dos aspectos de manera dialógica.

Si nos mantenemos en el punto de vista de la historia de la ciencia occidental moderna, vemos cómo de su nacimiento marginal y cuasi-disidente en el siglo XVII, se desarrolla durante el XVIII, se introduce en las Universidades en el XIX, luego en los Estados y las empresas en el XX, y cómo se vuelve capital y motriz en la historia humana bajo la forma de la tecnociencia; y cómo produce, no sólo todos los elementos esenciales para un conocimiento renovado del mundo y efectos beneficiosos para la humanidad, sino también fuerzas inmensas e incontroladas que lo amenazan.

No sé si me he equivocado o he acertado al retomar una expresión de Vico, pero debemos llegar a la «Scienza Nuova». Vico, muy apropiadamente, inscribió la perspectiva histórica en el corazón de la scienza nuova. Es necesario amplificar la idea de scienza nuova introduciendo la interacción entre lo simple y lo complejo, concibiendo una ciencia que no suprima las disciplinas sino que las enlace, haciéndolas así incluso más fecundas, una ciencia que sepa al mismo tiempo distinguir y relacionar, y donde la transdisciplinariedad sea inseparable de la complejidad.

Insisto, del mismo modo que la separación de las disciplinas desintegra el tejido natural de complejidad, una visión transdisciplinar es capaz de restituirlo.

La relación entre ciencia y filosofía

La relación entre ciencia y filosofía se ha roto. Aún en el siglo XVII, los grandes científicos eran al mismo tiempo grandes filósofos. En efecto, no distinguían entre Ciencia y Filosofía. Cuando Pascal realizaba sus experimentos en Puy de Dôme, no se planteaba el problema de escoger. No obstante, en la época de Pascal, Gassendi o Leibniz, no existía ese corte. Con el tiempo, el corte se ha convertido en un foso espantoso. Este foso de ignorancia y desconocimiento separa la cultura científica de la cultura de las humanidades.

Pero la corriente ha empezado a invertirse: las ciencias más avanzadas llegan a problemas filosóficos fundamentales: ¿Por qué hay un universo a partir de la nada? ¿Cómo nació este universo de un vacío que al mismo tiempo no era el vacío? ¿Qué es la realidad? ¿Está velada la esencia del universo o es totalmente conocible?

El problema de la vida se sitúa en lo sucesivo en una complejidad que sobrepasa la biología: las condiciones singulares de su origen, las condiciones de las emergencias de sus potencias creativas. Bergson se equivocaba cuando pensaba que había una fuerza vital (*élan vital*), pero tenía razón cuando hablaba de evolución creadora. Podría incluso haber hablado de creatividad evolutiva.

Hoy, podemos divisar la posibilidad de crear vida. A partir del momento en que se cree saber que la vida es un proceso desarrollado únicamente a partir de materia fisicoquímica bajo ciertas condiciones, ya sea en las profundidades marinas o en cualquier otro lugar, podemos muy bien pretender crear las condiciones físicas, químicas, termodinámicas que hagan nacer organismos dotados de las cualidades que llamamos vida. También podemos vislumbrar la posibilidad de modificar el ser humano en su misma naturaleza biológica. Por lo tanto, debemos meditar sobre la vida, como nunca antes lo hemos hecho. Y al mismo tiempo debemos meditar sobre nuestra relación con la biosfera.

Así, todas las ciencias más avanzadas llegan a problemas filosóficos fundamentales que creían haber eliminado. No hacen más que reencontrarlos, los renuevan.

Si se define la filosofía por la capacidad y la voluntad reflexivas, hace falta que la reflexividad sea introducida en las ciencias, lo que no elimina la relativa autonomía de la filosofía ni la relativa autonomía de los procedimientos científicos con relación a los procedimientos filosóficos.

Finalmente y sobre todo, todo conocimiento, incluido el científico, debe contener una reflexión epistemológica sobre sus fundamentos, sus principios y sus límites.

Todavía hoy, existe la ilusión de que la complejidad es un problema filosófico y no científico. Es cierto en un sentido, es falso en otro. Es cierto desde el punto de vista de un objeto aislado y fragmentado: el hecho de que se aisle y desmenuce el objeto hace que la complejidad deje de existir; así, no es un problema científico desde el punto de vista de una disciplina cerrada y de un objeto descontextualizado. Pero, tan pronto como se empieza a querer vincular esos objetos aislados, nos encontramos ante el problema de la complejidad.

La segunda ruptura epistemológica con la complejidad restringida

Es aquí dónde aparece la segunda ruptura epistemológica con la complejidad restringida. La complejidad restringida se interesa, esencialmente, por los sistemas dinámicos llamados complejos. Por lo que constituye su propio campo al interior del campo de las ciencias.

Pero la complejidad generalizada no sólo concierne a todos los campos, sino que concierne también a nuestro conocimiento como ser humano, individuo, persona y ciudadano. Al haber sido domesticados por nuestra educación, que nos ha enseñado mucho más a separar que a relacionar, nuestra aptitud para la relación está subdesarrollada y nuestra aptitud para la separación está sobredesarrollada; insisto, conocer es a la vez separar y relacionar, es hacer análisis y síntesis. Ambos son inseparables, y cada vez es más grave nuestra atrofia de la capacidad de relacionar en un modo planetario, complejo, donde se trata de reconocer la interdependencia generalizada de todo y de todos.

El International Ethical, Political and Scientific Collegium ha formulado una declaración de interdependencia que le gustaría ver promulgada por las Naciones Unidas. Debemos pensar la interdependencia en todos los ámbitos, incluida la relación compleja entre las partes y el todo. Necesitamos ser capaces de enfrentarnos a las incertidumbres de la vida, mientras que nada nos prepara para ello. Necesitamos desarrollar la comprensión humana, mientras que nada nos la enseña. Necesitamos enfrentarnos a la complejidad, incluido para la acción, mientras que se opone el principio de precaución al principio del riesgo, a pesar de que Pericles había expresado verdaderamente la unión entre ambos principios antagonistas cuando decía en un discurso a los atenienses durante la guerra del Peloponeso: «Nosotros los atenienses somos capaces de combinar la prudencia y la insolencia, mientras que otros son, o bien miedosos, o bien temerarios». Es la combinación que necesitamos. Además, la precaución necesita hoy a menudo mucha invención.

Necesitamos reformar en profundidad todo nuestro modo de conocer y de pensar.

El principio de la ecología de la acción

El principio de la ecología de la acción es central, a mi parecer: tan pronto como una acción entra en un medio dado, escapa a la voluntad y a la intención del que la creó, entra en un juego de interacciones y retroalimentaciones múltiples y va, pues, a encontrarse derivada fuera de sus finalidades, y a veces hasta ir en el sentido contrario. La ecología de la acción tiene valor universal, incluido para el desarrollo de las ciencias, cuyas consecuencias nucleares destructoras eran absolutamente inesperadas.

Pensemos que cuando Fermi elucidó la estructura del átomo en los años 30, fue un descubrimiento puramente especulativo y no había pensado de ningún modo que pudiera permitir la fabricación de una bomba atómica. Sin embargo, algunos años después, el propio Fermi iba a los Estados Unidos a contribuir a la fabricación de la bomba atómica que sería utilizada en Hiroshima y Nagasaki. Cuando Crick y Watson determinaron la estructura del patrimonio hereditario en el ADN, pensaban que era una gran conquista del saber sin ninguna consecuencia práctica. Y apenas una decena de años después de su descubrimiento, aparecía en la comunidad de biólogos el problema de las manipulaciones genéticas.

La ecología de la acción tiene valor universal. Podemos pensar en ejemplos de nuestra historia francesa reciente: una disolución de la Asamblea por el presidente Chirac para tener mayoría gubernamental condujo a una mayoría socialista; un referéndum realizado para obtener la adhesión general condujo a su desaprobación. Gorbachev intentó una reforma para salvar la Unión Soviética pero acabó contribuyendo a su desintegración. Vemos que una revolución fue hecha en 1917 para suprimir la explotación del hombre por el hombre, para crear una sociedad nueva, fundada sobre los principios de comunidad y libertad, y que esa revolución no sólo causó pérdidas inmensas en sangre, destrucción y represión por un sistema policial, sino que, al cabo de 70 años, ha acabado en su contrario, es decir, en un capitalismo todavía más feroz y salvaje que el de la época zarista y en un regreso de la religión. Todo lo que aquella revolución quiso destruir ha resucitado. ¡Cómo no pensar en la ecología de la acción!

Crear «Institutos de cultura fundamental»

La reforma del espíritu me parece absolutamente necesaria.

En cuanto comprendí que la reforma del pensamiento, trabajo de fondo que llevé a cabo en *La Méthode (El método)*, era una necesidad, respondí positivamente a un ministro de educación cuando me llamó para reformar el

contenido de la educación secundaria. Traté de introducir mis ideas de la reforma del pensamiento en un proyecto educativo, vi su fracaso total (¡finalmente no falló, no fue aplicado!). Esto me empujó a reflexionar todavía más. Escribí entonces un libro que se llama *La Tête bien faite (La mente bien ordenada)* y más tarde, por iniciativa de la UNESCO, escribí un libro llamado *Les Sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur (Los siete saberes necesarios para la educación del futuro)*.

A raíz de una universidad que va a crearse en México siguiendo estos principios, tuve la idea más limitada pero posiblemente más necesaria de crear «Institutos de cultura fundamental», que estarían ya sea hospedados en una universidad o independientes, dirigiéndose a todos, antes de la universidad, durante la universidad, después de la universidad, a los estudiantes, a los ciudadanos, a los sindicalistas, a los empresarios, a todos.

¿Por qué la expresión «cultura fundamental»? Porque es eso lo que falta. De hecho, se trata de enseñar lo más vital, lo más importante para enfrentarse a la vida y que es ignorado por la enseñanza.

- 1) El conocimiento como la fuente de error o de ilusión; en ninguna parte se enseñan las trampas del conocimiento que vienen por el hecho de que todo conocimiento es traducción y reconstrucción.
- 2) La racionalidad, como si fuera una cosa evidente, mientras que sabemos que la racionalidad conoce sus perversiones, sus enfermedades infantiles o seniles.
- 3) La cientificidad. Qué es la ciencia, sus fronteras, sus límites, sus posibilidades, sus reglas. Hay sobre esto una literatura bastante abundante, pero que jamás ha sido consultada por los científicos que entran en el CNRS por ejemplo. La mayor parte de las veces no saben nada de la polémica entre Niels Bohr y Einstein, los trabajos de Popper, de Lakatos, de Kuhn, etc.
- 4) Qué es la complejidad.

Y también:

- Una educación sobre «qué es la identidad y la condición humana», que no se encuentra en ninguna parte.
- Una educación sobre la era planetaria, no sólo de la globalización de hoy, sino también de todos sus antecedentes desde la conquista de América, la colonización del mundo, su fase actual y sus perspectivas futuras.
- Una educación sobre la comprensión humana.

- Una educación sobre cómo afrontar las incertidumbres en todos los ámbitos: en las ciencias, la vida diaria, la historia (hemos perdimos la certeza del progreso y el mañana es totalmente incierto y oscuro).
- Una educación sobre los problemas de nuestra civilización.

En esto reside, en mi opinión, la educación fundamental que puede ayudar a la reforma del espíritu, del pensamiento, del conocimiento, de la acción, de la vida.

Concluyo: la complejidad generalizada integra la complejidad restringida

Desgraciadamente, la complejidad restringida rechaza la complejidad generalizada, la cual le parece habladuría pura, filosofía pura. La rechaza porque no ha hecho la revolución epistemológica y paradigmática a la que le obliga la complejidad. Esta revolución llegará sin duda. Pero, mientras tanto, vemos que la problemática de la complejidad ha invadido todo nuestro horizonte; e insisto, «problemática», porque es un error pensar que va a encontrarse en la complejidad un método que se podrá aplicar automáticamente al mundo y a todas las cosas.

La complejidad es un cierto número de principios que ayudan al espíritu autónomo a conocer. Mientras un programa destruye la autonomía del que busca, la problemática de la complejidad estimula la estrategia autónoma, obliga en el terreno de la acción —una vez que se sabe que la ecología de la acción puede pervertir las mejores intenciones— a reconsiderar nuestras decisiones como apuestas y nos incita a desarrollar una estrategia adecuada para intentar más o menos controlar la acción.

En otras palabras, en todos los ámbitos, yo diría «ayúdate y la complejidad te ayudará», lo que no tiene nada que ver con la aplicación mecánica de un programa o de una regla. Es una reforma en profundidad de nuestro funcionamiento mental, de nuestro ser.

Estas ideas hoy marginales, divergentes, empiezan a constituir una tendencia todavía minoritaria o más bien tendencias, ya que existen varios caminos para ir hacia la complejidad; estas ideas, estas divergencias, pueden desarrollarse y convertirse en fuerzas culturales, políticas y sociales.

Las probabilidades de un futuro globalizado son extremadamente alarmantes: nuestra nave espacial está propulsada por cuatro motores sin ningún control: la ciencia, la técnica, la economía y la búsqueda de lucro, todo esto en condiciones caóticas, ya que la unificación tecno-civilizadora del globo, bajo el impulso occidental, provoca resistencias de culturas singulares y cerrazones culturales y religiosos.

El planeta está en crisis con todas sus posibilidades, unas regresivas y destructoras, otras estimulantes y fecundas, como la invención, la creación, las nuevas soluciones.

Debemos incluso aprehender las posibilidades de metamorfosis

Debemos incluso aprehender las posibilidades de metamorfosis, ya que tenemos un ejemplo completamente asombroso en el pasado. El paso, en ciertos lugares donde hubo concentraciones demográficas, en Oriente Medio, en la cuenca del Indo, en China, en México, en Perú, de sociedades prehistóricas de centenares de miembros sin ciudad, sin Estado, sin agricultura, sin ejército, sin clases sociales, a las grandes sociedades históricas con ciudades, agricultura, ejército, civilización, religión, filosofía, obras de arte... ha constituido una verdadera metamorfosis sociológica.

Quizás nos dirigimos hacia una metamorfosis meta-histórica propia del nacimiento de una sociedad-mundo a escala planetaria...

Yo diría que la complejidad no nos sitúa únicamente ante el desconcierto de lo incierto, nos permite ver el lado de lo probable, las posibilidades de lo improbable, porque las ha habido en el pasado y porque pueden volverse a encontrar en el futuro. Estamos en una época de combate dudoso e incierto.

Esta situación hace pensar en la guerra del Pacífico; después de que los japoneses hubieran ocupado las islas del Pacífico y comenzaran a amenazar California, hubo una gigantesca batalla naval a lo largo de 200 kilómetros en las islas Midway, entre la flota japonesa y la flota americana: acorazados, portaviones, submarinos, aviones. La visión global era imposible para unos y otros: había barcos hundidos japoneses, barcos hundidos americanos, aviones que no encontraban a la flota enemiga; en pocas palabras, confusión total, la batalla estaba dividida en varios fragmentos. En un momento dado, el almirante japonés, viendo sus pérdidas en acorazados y aviones, pensó que había sido vencido y se batió en retirada. Pero los estadounidenses, que habían perdido otro tanto, no fueron los primeros en pensar que habían sido vencidos y, tras la rendición de los japoneses, fueron los que vencedores.

Pues bien, el resultado de lo que va a pasar, ¿no podemos intuirlo todavía! Siempre podemos esperar y actuar en la dirección de esta esperanza. La inteligencia de la complejidad, ¿no es acaso explorar el abanico de posibilidades sin restringirlo con lo que es formalmente probable? ¿No nos invita a reformar, incluso a revolucionar?