

Ilya Prigogine

¿TAN SÓLO UNA ILUSIÓN?

Una exploración del caos al orden



METATEMAS
TUSQUETS
EDITORES

La lectura de lo complejo*

1

Nuestra época se caracteriza, más que ninguna otra, por una diversificación creciente de conocimientos, técnicas y modalidades de pensamiento. Sin embargo, vivimos en un mundo único en el que cada ámbito de actividad implica a los demás; por ello considero esencial esclarecer ciertas concomitancias.

Un posible punto de partida para esta búsqueda es la convicción de que todo saber conlleva una construcción. Tanto en ciencias físicas, como, a *fortiori*, en las ciencias humanas, ya no es admisible¹ la idea de realidad como algo dado.

Quizá sea en las ciencias físicas donde más patente es la evolución del concepto de nuestra relación con lo real,

* Comunicación en la sesión de la Academia Europea de Ciencias, Artes y Letras, en 1982; en *Le genre humain*, 7-8, 1983, 221-223. (N. del E.)

Agradezco a Serge Pahaut su contribución a la elaboración de este texto. (N. del A.)

1. Tanto en psicología como en filosofía, muchos autores tratan de imponer el criterio de que el conocimiento es una serie de construcciones y no una relación pasiva de adquisición de algo dado. Véanse los comentarios de J. Piaget sobre A. Lichnerowicz y S. Bachelard, en *Biologie et connaissance*, Gallimard París, 1967, págs. 472-477, o, más próximas al criterio filosófico sobre relaciones entre realismo del concepto y actividad del juicio, las reflexiones y recuerdos de K. Popper, en *Unended Quest*, Open Court, 1968. (En el capítulo I de este volumen hemos recogido como anexo el sorprendente diálogo entre A. Einstein y R. Tagore, «La Naturaleza de la realidad», publicado en la *Modern Review* de Calcuta en 1931.)

1) Prigogine, I. 1997. ¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del orden al caos, Barcelona, Tusquets, Editores. evolución cargada de consecuencias que desbordan ampliamente el terreno científico propiamente dicho.

Durante varios siglos —prácticamente desde la fundación de la física por Galileo, Descartes y Newton—, la idea de simplicidad, la búsqueda de un universo fundamental, estable a través de las apariencias, ha predominado en las ciencias naturales.²

Hoy día hay que rendirse a la evidencia de que a cualquier nivel que nos sea accesible, desde las partículas elementales hasta la cosmología, la naturaleza ya no se aviene a este paradigma clásico.³

Las ciencias físicas están inmersas en un proceso de reconceptualización, y es significativo que éste se haya iniciado en un marco que, a partir de la explosión demográfica (y de otros procesos sociales, como el auge experimentado por las técnicas informáticas), nos llevará tarde o temprano al desmoronamiento de los conceptos a veces simplistas con los que se pretendía describir las sociedades humanas.

Reconocer la complejidad, hallar los instrumentos para describirla y efectuar una relectura dentro de este nuevo contexto de las relaciones cambiantes del hombre con la naturaleza son los problemas cruciales de nuestra época.

En esta conferencia abordaré, en primer lugar, nuestra relación con el mundo tal como debe interpretarse a la luz de los recientes adelantos en ciencias físicas para, a continuación, destacar las principales modificaciones que se imponen en lo que a la posición de las ciencias en la problemática global de nuestra época se refiere. El hecho pri-

2. I. Leclerc ha definido adecuadamente la voluntad de atribuir una permanencia a los componentes elementales en el proyecto de los atomistas renacentistas o de la Grecia clásica, y sobre el carácter filosófico de su revuelta contra Aristóteles, especialmente Giordano Bruno y Sébastien Basso. Véase *The Nature of Physic Reality*, George Allen and Unwin, Londres, 1972, págs. 169, 143 y siguientes.

3. S. Weinberg, *Los tres primeros minutos del Universo*, Alianza Editorial, Madrid, 1994.

mordial es el acercamiento que se busca entre ciencias físicas y ciencias humanas, del que presentaremos algunos ejemplos.

Es evidente que no se trata de llegar a la totalidad, ni de examinar exhaustivamente todos los aspectos de los problemas. Quisiera simplemente expresar un punto de vista que consideramos se deduce con toda objetividad de la confluencia de numerosas corrientes de pensamiento, a la par que de los inesperados resultados —convergentes, no obstante— que se obtienen en la experimentación científica.

2

Esbozaré en primer lugar lo que, a mi entender, constituye lo fundamental de esta reconceptualización en curso en las ciencias físicas.⁴

Los modelos que adoptamos para el estudio del mundo natural deben necesariamente presentar un carácter pluralista que refleje la variedad de fenómenos que observamos.

Tradicionalmente, clasificamos los fenómenos según sean reversibles o irreversibles, y deterministas o aleatorios.

Todo el mundo conoce estas categorías. Nadie ignora que un péndulo exento de fricción es reversible y determinista; la difusión térmica o química es determinista e irreversible, los movimientos susceptibles de descripción en términos de trayectorias son deterministas, y cualquiera califica de casual el número que resulta al arrojar los dados.

Sería difícil aceptar una visión del mundo que excluyera una categoría de fenómenos en favor de otra. Hay fenómenos reversibles y hay fenómenos irreversibles. Hemos

4. I. Prigogine e I. Stengers, *La nueva alianza*, Alianza Editorial, Madrid, 1994; I. Prigogine, *From Being to Becoming*, Free Press, Nueva York, 1980. Estas obras cuentan ya unos años durante los cuales se han llevado a cabo notables progresos en la teoría microscópica de los procesos irreversibles.

aislado procesos deterministas, pero es difícil, dado el número de especies vivas (superior a un millón), creer que la evolución biológica —por no hablar de la evolución cultural— estuviera programada desde los primeros segundos de existencia del universo.

Por consiguiente, el problema estriba en apreciar la importancia que atribuimos a cada una de estas categorías. Y es aquí donde interviene la modificación del punto de vista de la que hablábamos: para la física clásica, los sistemas reversibles y deterministas constituían el modelo conceptual por excelencia. Hallamos aquí el punto de partida histórico de la ciencia occidental, cuyos primeros trabajos estuvieron fundamentalmente dedicados al estudio del movimiento y en particular de los movimientos planetarios. El triunfo de la concepción newtoniana orientó durante varios siglos la evolución de la visión científica: lo casual y lo irreversible se admitían sólo como casos excepcionales, casi a modo de artefactos introducidos por el hombre en una naturaleza simple, reversible y determinista.

Actualmente ha cambiado la situación, y sobre todo después de producirse tres correcciones de gran repercusión.

Las partículas elementales han resultado ser casi todas inestables, y distan mucho de constituir el soporte permanente de las apariencias cambiantes, como auguraban las doctrinas atomistas.

La cosmología contemporánea nos sitúa frente a una historia del universo, y un subsiguiente despliegue de estructuras, cada vez más complejas.

Finalmente, los fenómenos macroscópicos tradicionales, y en particular los que se estudian en química, biología e hidrodinámica, han cambiado de imagen.⁵ Por todas partes descubrimos lo casual y lo irreversible.

5. G. Nicolis, I. Prigogine, *Self-organization in nonequilibrium Systems. From dissipative Structures to Order through Fluctuations*. Wiley, 1977.

En tales circunstancias, los procesos reversibles y deterministas que constituían la médula de la descriptiva clásica, actualmente se nos evidencian como idealizaciones desmesuradas, y podríamos decir que adolecen de artificialidad.

Son necesarias innumerables precauciones para obtener un péndulo determinado que mantenga su estado de movimiento reversible y determinista sin disipación de energía.

De igual modo, el movimiento de un planeta alrededor del sol es, desde la época de Newton, un modelo de trayectoria predeterminado; pero se plantean problemas de estabilidad y de predictibilidad en cuanto pasamos de este caso simple al caso de los tres cuerpos.⁶ Por lo tanto, nos hallamos ante una inversión de perspectivas: lo legal y lo reversible son hoy en día la excepción.

Más adelante volveremos sobre la evolución de las ideas científicas contemporáneas, pero quiero desde ahora insistir en el progresivo deterioro de nuestras posiciones epistemológicas.

Se ha señalado en numerosas ocasiones que, según la concepción clásica, el hombre se hallaba frente a un universo autómatas. Este universo podía manipularse prescribiendo condiciones iniciales apropiadas. En cierto modo, el hombre aparecía como un ser todopoderoso, dueño, en principio, de un universo controlable hasta en sus más mínimos detalles.

Este omnímodo poder tenía un precio: la inquietante extrañeza del ser humano en relación al universo que describía. Volvemos con ello al tema central del libro que he escrito en colaboración con Isabelle Stengers, *La nueva alianza*.⁴

6. Véase C. W. Horton Jr. L. E. Reichl, V. G. Szebehely eds., *Long-time Prediction in Dynamics*, Wiley, 1983, en donde se plantea la cuestión del carácter no determinista de la mecánica celeste.

La vida, fenómeno irreversible, la cultura y sus avatares, no podían constar sino como extrañas al mundo físico de la ciencia clásica.⁷

En las concepciones actuales, lo casual y lo irreversible desempeñan un papel a todos los niveles. A partir de ahora, la ciencia puede dar una imagen del universo compatible con la que imponen la biología y la historia de las culturas.

Por ello mismo, la ciencia deja con pleno derecho de ser la expresión de una fase cultural aislada, la del siglo XVIII europeo.

Muchos investigadores han subrayado el carácter históricamente localizado del concepto de ley natural.⁸ Actualmente la ciencia desborda el contexto cultural particular que la vio nacer. Son aceptables otros discursos sobre el mundo, elaborados en contextos culturales distintos.

Por ejemplo, una preocupación fundamental de la filosofía hindú ha sido siempre la visión interior, el descubrimiento del mundo a través del retorno a uno mismo.⁹ La

7. Sobre las relaciones entre biología y física, véase I. Prigogine e I. Stengers, *Op. cit.*, pág. 101 y ss. y 190 y ss., y las referencias a la filosofía natural de Whitehead, Waddington y Needham, sobre la relación con las ciencias de la cultura, *Ibid.*, págs. 44 y 269, y el texto fundamental de Lévi-Strauss «Raza e historia» incluido en *Anthropologie structurale*, 2, Plön, París, 1973.

8. Los textos de Edgar Zilsel (casi todos publicados en Norteamérica después de sus primeros trabajos redactados en el contexto del Círculo de Viena, y particularmente bajo la égida de Otto Neurath) son poco conocidos. Algunos de ellos los ha traducido Suhrkamp en Alemania con el título de *Die Soziale Ursprünge der neuzeitlichen Wissenschaft*, stw 152, prologados por W. Krohn, Frankfurt am Main, 1976, léase en particular «The Genesis of the Concept of Physical Law», *Philosophical Review*, LI, 1942, 245-279. También J. Needham ha tratado el tema en su monumental obra *Science and Civilization in China*, Cambridge University Press. Las observaciones de P. Lenoble sobre la hipótesis de Lachelier (de que puede concebirse una naturaleza determinada, pero sin orden, sin regularidad legal, si no se obliga al determinismo a volver siempre a las mismas combinaciones) servirían para reemprender el estudio de la filosofía natural del siglo XVII y sus proyecciones políticas (recientemente se han publicado numerosos trabajos sobre este tema) antes que intentar explicar por qué el atomismo determinista antiguo no pudo alumbrar a la ciencia.

9. Sobre la construcción de la idea de individuo y su génesis en la India y en Occidente, remito al lector a los trabajos de Louis Dumont, recomendándole en

visión occidental miro con ojos epistemológicos y críticos al mundo externo, pero actualmente es viable un diálogo entre ambas concepciones.

La ciencia china, con su compleja visión de la armonía espontánea de los diversos componentes del mundo, puede, quizá mejor que nosotros, interpretar estos fenómenos de autoestructuración que ahora podemos describir¹⁰.

Sobre conceptos fundamentales que parecían suficientes para describir la realidad, como son la idea de trayectoria o de función de onda, pesa actualmente el reproche de idealización excesiva. En los sistemas dinámicos inestables, por ejemplo, por muy cercanas que se consideren en el momento inicial las trayectorias, pueden diverger en el tiempo.

Además, y en contra de la analogía que sugería el estudio de sistemas dinámicos simples, sabemos que existen sistemas en los que todas las condiciones iniciales no son realizables, y que las que se adoptan deben formar parte del conjunto de los estados accesibles al sistema. En este caso, la condición inicial forma parte de la dinámica del sistema.

Van surgiendo las raíces del tiempo;¹¹ la irreversibilidad no es una propiedad universal, como lo demuestra la existencia de movimientos reversibles muy simples, pendulares o planetarios. Presentimos que es un mero efecto, un resultado de la complejidad microscópica.

En definitiva, descubrimos una jerarquía de propiedades: inestabilidad (clásica o cuántica) que conduce a un comportamiento nuevo que hace que las propiedades del sistema puedan describirse en términos de proceso aleatorio (en terminología técnica: del tipo de las cadenas de Markov) y de ruptura de simetría como consecuencia de la no integración de las condiciones iniciales. Esta ruptura de simetría ex-

primer lugar la lectura de *La civilisation indienne et nous. Esquisse de sociologie comparée*, Colin, París, 1975.

10. J. Needham, *op. cit.*

11. Recientemente el grupo de Bruselas ha realizado trabajos sobre el tema, de próxima publicación.

1) Prigogine, I., 1997. ¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del orden al caos, Barcelona, Tusquets, Editores.

presa, en términos matemáticos, la sensación intuitiva que constantemente tenemos del tiempo: que no es manipulable a voluntad.

El mundo físico, tal como lo conocemos actualmente, es menos manipulable de lo que preveía su lectura clásica. Sucede igual, *a fortiori*, con las sociedades humanas. En cualquier modelo en el que se trate de evitar la descriptiva estricta y que finalmente desemboque en la represión para mantener las condiciones establecidas, deben necesariamente tenerse en cuenta las fluctuaciones y las posibilidades de autoorganización. En mi visita a Brasilia, he visto un modelo urbano estereotipado: diseñar una ciudad, a modo de un pájaro que aterriza, es inmovilizarla y despreciar la creatividad de las generaciones futuras.

También los modelos a que aludía comprueban constantemente la estabilidad de su propio estado organizativo para, así, captar los cambios estructurales que surgen con nuevos tipos de comportamiento, o cuando los parámetros o tendencias característicos cambian (por ejemplo, el desarrollo de «suburbios» alejados, la aparición espontánea de centros comerciales, de satélites industriales o de guetos, etc.). Es precisamente en estos momentos cuando los modelos habituales deben «recalibrarse» sobre la marcha para compensar su incapacidad de predecir el comportamiento del sistema.

Por lo tanto, las citadas ecuaciones suponen una constante renegociación del espacio humano y permiten explorar la evolución a largo plazo de cada centro urbano que se halle sometido a diversas constricciones, tales como renovación específica, coste energético y de transportes, impacto de una nueva tecnología relativa al tratamiento y a la comunicación de datos, modificaciones específicas de la red de transportes, etc...

El equilibrio termodinámico, el expresado por el máximo de la función entrópica, es caótico. Un ejemplo muy sencillo es el de un gas formado por moléculas. En estado

de equilibrio, las moléculas son independientes y no se observa correlación alguna entre sus movimientos.

El no equilibrio es fuente de orden, de coherencia; entre las unidades surgen correlaciones. El no equilibrio como origen de orden se presenta ya como uno de los principios más generales que podemos formular actualmente. Parece posible aplicarlo a los distintos niveles de descripción accesibles hoy día: partículas elementales, movimiento molecular, fenómenos macroscópicos descritos en termodinámica.¹²

Concebido como la entropía máxima accesible a un sistema dado, el equilibrio se convierte en sinónimo de desorden, de caos, como ya había anticipado Boltzmann.

Es el no equilibrio el origen de toda coherencia, y esto parece ser cierto a todos los niveles actuales de descripción accesibles: si calentamos una barra metálica, a largo plazo aparecen correlaciones entre sus moléculas. ¿Cómo no pensar en las relaciones de orden a distancia que existen en las secuencias de nucleótidos del DNA o entre las palabras del lenguaje?

A todos los niveles hallamos este dualismo: en el equilibrio, unidades incoherentes que pueden en sí mismas ser complejas, pero olvidadizas unas en relación a otras.

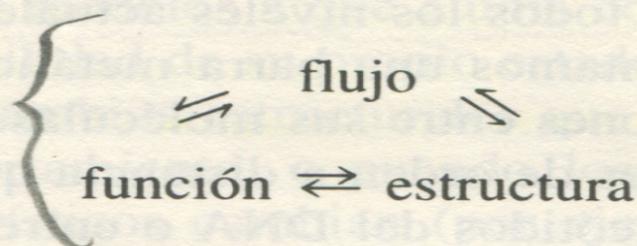
Si no temiera los neologismos, me atrevería a denominarlas hipnones, en parangón con los sonámbulos que deambulan, ajenos al mundo externo. ¿Cómo no pensar en las mónadas de Leibniz? El elemento nuevo es que actualmente lo que se introduce es el no equilibrio que establecen las correlaciones entre unidades, en el lugar que Leibniz atribuía a una armonía preestablecida. La materia vuelve fi-

12. Por lo tanto, el tiempo ya no puede desempeñar su tradicional papel de soporte uniforme de los acontecimientos; a partir de ahora reviste categoría de problema y como tal requiere construcciones; en lo que respecta a la ética, vemos que desde ahora la ciencia no interviene en ella más que por principio de indiferencia, en donde difícil era, en el marco de un mundo autómatas, determinista y reversible, concebir una separación entre ser y deber-ser.

nalmente a ser activa en un mundo de no equilibrio; la actividad es una propiedad interna y no un elemento impuesto desde fuera.

3

El cambio de perspectiva que acabo de exponer nos obliga a utilizar una serie de nuevos conceptos: **bifurcaciones, no linealidad, fluctuaciones**. Muchos de ellos se conocían hace tiempo, pero su importancia y significación se revaloriza como consecuencia de los recientes descubrimientos. Examinemos, por ejemplo, el trinomio flujo/función/estructura.



La insensibilidad a las ligaduras externas que permiten las reacciones no lineales, los efectos de historicidad introducidos por el fenómeno de bifurcaciones en cascada y, finalmente, el papel que desempeñan las fluctuaciones en el análisis de la estabilidad, confieren a los sistemas de este tipo un comportamiento de retroalimentación (*feed-back*) evolutivo: **los flujos externos pueden pasar a la estructura interna de un estado a otro, incluso modificar las reacciones activas; y, a su vez, el sistema puede, a continuación, ser sensible a ligaduras externas a las que antes era ajeno**. Este trinomio nos procura un magnífico acceso al puente que une estas problemáticas físicas con las de las ciencias sociales y humanas.

Resulta evidente que una sociedad es un sistema no lineal en el que lo que hace cada individuo repercute y se amplifica por efecto del *socius*. Esta no linealidad característica ha aumentado espectacularmente como consecuencia

de la intensificación de intercambios de todo tipo. Acabo de mencionar el trinomio del flujo, la función y la estructura, que se observa en todos los sistemas, desde los más elementales hasta los más complejos, con la salvedad de que, en sistemas complejos como los sistemas humanos, el flujo no es algo establecido, sino que alterna y lo relanza la sociedad, por lo tanto, está contenido en el proceso de humanización de la naturaleza como ha descrito Serge Moscovici.

En sus apasionantes *Entretiens avec Georges Charbonnier*, Claude Lévi-Strauss distingue entre sociedades «reloj» y sociedades «máquinas de vapor».¹³ Ni que decir tiene que, con el término reloj, alude a la repetición, al determinismo, al carácter casi cristaloiide de esas sociedades, mientras que, con el epíteto «máquina de vapor», evoca la desigualdad y la degradación.

Cabe preguntarse si realmente existen las formas fuertes de este binomio. Podemos dirigir nuestra vista hacia sociedades consideradas muy próximas al idealtipo «reloj» que no se da en la sociedad humana: son las sociedades de insectos. Confieso que estas sociedades siempre me han apasionado, sobre todo desde que supe que las de hormigas cuentan en su haber con un éxito ecológico esplendoroso, pues se calcula que el número existente de estos insectos es del orden de 10^{15} , lo que nos da un millón de hormigas por cada ser humano.

Lo cierto es que algunos aspectos del comportamiento de estas sociedades pueden hacernos pensar en la sociedad «reloj». Un reciente experimento ilustra uno de estos aspectos.¹⁴ Sucede efectivamente que, al modo determinista, el aumento de dimensión de un hormiguero causa una ruptura de simetría entre las densidades de utilización respec-

13. Publicados en la colección «Lettres Nouvelles», Plon París, 1961.

14. M. Paro, *Memorándum de la Facultad de Ciencias*, Université Libre de Bruselas, 1982.

tivas de las dos rutas equivalentes que conducen desde el hormiguero a las fuentes de alimentación, y el complejo efecto gregario que desplaza la mayor parte de las hormigas a uno de los dos caminos en detrimento del otro, se deriva necesariamente de la interacción semiológica cuyo soporte químico aportan las feromonas.

Pero hay que evitar cualquier extrapolación imprudente. Si el experimento corrobora la idea de reloj, otras comprobaciones demuestran que, en realidad, la parte del azar, la parte de las probabilidades en el comportamiento de los insectos sociales, es mucho más importante de lo que hasta ahora se creía. Particularmente sus estrategias de caza y recolección son exponente de una enorme variabilidad del comportamiento en la que intervienen distintas modalidades de lo aleatorio.¹⁵

El índice de error admitido en cada uno de estos comportamientos constituye para las hormigas «la imaginación de la colonia» y mantiene un flujo de innovaciones exploratorias, amplificado también, e incluso regulado, por el sistema de comunicación. Esta imaginación de paso variable parece relacionada con los parámetros ambientales y sociales.

Las especies, cuya estrategia consiste en explotar hasta agotar las fuentes de aprovisionamiento descubiertas, presentan en sus operaciones de recolección un grado de ruido bastante elevado, que a su vez se relaciona con el grado de dispersión de las fuentes. Por el contrario, las especies que funcionan en base a la rapidez de explotación pueden ser mucho más deterministas, a la par que presentan diversos niveles de ruido en su comunicación.

Vemos que azar y necesidad cooperan ya a nivel de es-

15. J. Pasteels, J. C. Verhaeghe, T. C. Deneubourg, «The Adaptive Value of probabilistic Behavior during Food Recruitment in Ants», *Biology of Social Insects*, M. D. Breed. C. D. Michener, H. E. Evans, eds., Westview Press, Boulder, Colorado, 1982.

11 Prigogine, I., 1997. Tan sólo una ilusión? Una exploración del orden al caos. Barcelona, Tusquets Editores.

tas sociedades tan simples y que la imagen del reloj dista mucho de agotar la serie compleja de relaciones que intervienen entre las sociedades de insectos y su entorno.

¿Es más exacta la imagen de máquina de vapor? Ruego se me permita dar un salto y referirme a las sociedades humanas, mejor equipadas por los recientes progresos de la informática.

Hablé al principio de la problemática de la complejidad, y ahora nos encontramos con que se halla relanzada por el volumen contemporáneo de flujo de energía, de materia y de información, tanto dentro de cada país como entre amplias regiones a nivel internacional. André Danzin¹⁶ estudia en un reciente informe las consecuencias del veloz aumento de información a escala internacional, que sitúa en un 14 % anual. ¿Cómo interpretar esta situación en términos de la física de no equilibrio que mencionábamos anteriormente?

El trinomio flujo/función/estructura implica una retroalimentación (*feed-back*) evolutiva: pueden surgir nuevas estructuras que, a su vez, modifiquen el flujo, lo que, a su vez, posibilitaría la emergencia de nuevas estructuras. Por lo visto nos hallamos en una coyuntura en la que las estructuras creadas en un período precedente han generado nuevos flujos, sin que éstos hayan encontrado su inserción social en forma de estructuras adecuadas para procesarlos. De ahí el malestar y la angustia que se observa a todos los niveles. Lo que ha construido la generación anterior aparece por todas partes en forma de nuevos flujos de intercambio, los cuales inducen a reanudar las construcciones históricas precedentes.

Se suele hablar de crisis. Por supuesto, la palabra se aplica en múltiples sentidos, y uno de ellos remite probablemente al hecho de que cada individuo siente que nuevas estructuras proporcionales deben abrirse paso a nuevas escalas temporales o espaciales, unas cortas y otras largas,

16. Informe al Club de Roma, reunión de Tokio 1982.

con arreglo a la especificidad de los flujos correspondientes. El mundo no ha alcanzado ese pluralismo que permite el nivel de flujos. Esto casi encierra una paradoja, porque, contrariamente a la tendencia habitual que interpreta la circulación de flujos como un proceso cuyo término debe ser la uniformización más estacionaria, **creo que estos flujos son fuente de diferenciación vinculada a la actividad del hombre.**

Estos procesos de diversificación van surgiendo muy claramente en diversos ámbitos, como sucede en literatura, en la que el aumento global del número de libros permite editar obras de gran especialización; e igual observación podría hacerse respecto a la música.

La diversidad cultural, tal como la conocemos, era un dato de la historia, un sedimento de la dispersión de grupos sobre el mapa mundial. Esta diferenciación, en cierto modo mecánica, podría ceder su puesto a nuevos procesos en los que las prácticas culturales fueran libres de diferenciarse de forma ampliamente descentralizada.

Es evidente que se dan dos fenómenos simultáneos. Por un lado, el desplazamiento de la imagen del hombre medio, y por otro, la definición siempre cambiante de las fluctuaciones a partir de esta media. Quizá, tanto en física como en química, norma y fluctuación constituyen dos aspectos complementarios. La física clásica ignoraba norma y fluctuaciones: se registraba la perturbación de un movimiento planetario sin vuelta de hoja. En este mundo nuestro existen atractores (por ejemplo, la posición de reposo del oscilador amortiguado), y en él fluctuaciones y atractores sólo se definen necesariamente de forma correlativa.

4

Voy a señalar a continuación algunos puntos del diálogo renovado con las ciencias humanas, posibilitado actual-

mente por la reciente evolución de las ciencias físicas. Citaré un solo ejemplo relativo a dinámica urbana.¹⁷

Mi colaborador, P. Allen, y su equipo han desarrollado modelos sobre evolución estructural del sistema urbano para explorar los efectos a largo plazo de las decisiones aplicadas al transporte, costes energéticos y cambios tecnológicos o socioeconómicos.

Los métodos tradicionalmente empleados para evaluar los efectos de distintas políticas (aunque basadas en ecuaciones econométricas, análisis de tipo *input/output*, métodos de simulación o técnicas de programación lineal) consisten, en realidad, en describir la estructura de los flujos existentes en el sistema. No integran un mecanismo explicativo sobre la génesis de la estructura, por lo que no pueden mostrar si persistirá realmente, o no, el estado momentáneo del sistema, o si se avecinan ciertos cambios.

Estos métodos, muy utilizados a corto plazo, pueden ser totalmente erróneos si se aplican a períodos más largos durante los cuales el sistema y sus problemas pueden cambiar cualitativamente.

Las repercusiones macroscópicas de las estrategias de los distintos agentes pueden analizarse en el curso de un período prolongado durante el cual los actores urbanos responden a las circunstancias nuevas mediante un conjunto de reacciones en cadena de sucesivas respuestas.

Por ejemplo, si se reduce la accesibilidad del transporte ligero al centro de la ciudad, tal vez se produzca una revitalización del mismo si los empleados se instalan en zonas renovadas que fomenten el crecimiento de servicios locales en esos puntos, o, por el contrario, una reubicación de oficinas y comercios en el extrarradio urbano, con lo que se acelera la decadencia del centro.

17. Sobre este tipo de modelos, véase P. M. Allen, «Evolution, modelling and design in a complex world», *Environment and Planning*, 1982, vol. 9. págs. 95-111.

Si he citado este ejemplo es porque lo considero típico, en el sentido de que cualquier intento por modelizar las actividades complejas (demografía, circulación urbana, etc.) incluye necesariamente dos aspectos: uno monográfico, en el que cuentan conceptos como flujo, no linealidad y bifurcaciones, aparte de otras nociones que fundamentalmente se derivan de los últimos adelantos de las ciencias físicas y matemáticas; y un aspecto fenomenológico, que describe el comportamiento de los protagonistas y que sólo puede entenderse experimentalmente mediante una encuesta social. En otras palabras, para descifrar el comportamiento humano en esta perspectiva, debemos situarlo dentro de un modelo, el cual no es válido si no se equipara a la auténtica diversidad de los comportamientos reales.

Se trata, por lo tanto, de lograr un diálogo próximo al que las ciencias físicas siempre han propiciado, aunque, en este caso, el marco intelectual sea infinitamente más complejo. Insistimos en el hecho de que, en modo alguno, hay que sustituir el modelo por una decisión, sino, al contrario, el modelo debe servir para facilitar la explicación de las motivaciones de la decisión.

5

No puedo silenciar el problema de la política científica europea. Desde 1974, el Consejo de las Comunidades Europeas ha adoptado el acuerdo de abrir el conjunto del campo científico y técnico a la actividad comunitaria.¹⁸ Gracias a diversos coloquios y trabajos¹⁹ se ha llegado a

18. Resolución del 14 de enero de 1974, «Diario Oficial», 29 enero de 1974.

19. Citaremos los grandes coloquios: Milán 1976, *Une politique scientifique et technologique pour la communauté européenne* (CCE XII/1053/76); Bruselas 1977, *Crise de la science dans les sociétés européenne* (*Revue de l'Université de Bruxelles*, 1977/2, *Science and Policy Review*, 1977/4, *Wirtschaft und Wissenschaft*, 1977/3); Compiègne 1978, *La science et la technologie européenne face aux*

1) Prigogine, I., 1997. *¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del orden al caos*, Barcelona, Tusquets, Editores.

esclarecer la problemática del fomento comunitario a la investigación en Europa.²⁰ En las reuniones se han expuesto diversos factores de la difícil situación por la que actualmente atraviesa la investigación europea: envejecimiento demográfico de las poblaciones de investigadores, dispersión de esfuerzos, coordinación insuficiente, más las correspondientes secuelas, siendo la principal que Europa está subrepresentada, en términos relativos y absolutos, en el concierto científico internacional. Esta situación es tanto más inaceptable cuanto que, como todos sabemos, el estímulo a la actividad económica europea debería ir unido a la vitalidad de su investigación científica.

Personalmente, soy muy sensible a dos aspectos de esta fase crítica.

En primer lugar, el problema de los jóvenes. Estoy convencido de que la creatividad de las jóvenes generaciones está hoy por hoy sacrificada. Es fundamental que aseguremos las condiciones de una movilidad internacional e interinstitucional que permita a los jóvenes científicos explorar los recursos del área científica europea.

En segundo lugar, será determinante que nos aprestemos a establecer un contacto directo entre los medios científicos y las autoridades de la comunidad europea. Hasta ahora la Fundación Europea de la Ciencia no ha podido desempeñar más que un papel consultivo, por no disponer de un presupuesto propio conveniente. Debemos meditar sobre las iniciativas institucionales de que ha hecho gala Norteamérica, como es la National Science Foundation y el National

défis de la société d'aujourd'hui (CEE EUR 6391, FR), Estrasburgo 1980, *La recherche-développement dans la Communauté Economique Européenne vers une nouvelle phase de la politique commune* (CEE XII/804/80); Bruselas 1981, *La recherche scientifique dans la communauté européenne: possibilités et perspectives* (Rencontres Internationales Solvay 1981).

20. Resolución de la comisión del 6 de diciembre de 1982. (82/835/CEE, *Diario Oficial*, 10 de diciembre de 1982, I. 350/45.)

Research Council, aparte del auge del presupuesto científico ante el propio Congreso.

Actualmente parecen abrirse ciertas esperanzas, a la vista de que la comisión ha logrado que los estados miembros aprueben una resolución para emprender un esfuerzo especial de estímulo a la investigación de vanguardia a escala comunitaria. Se ha creado un comité de especialistas de alto nivel²⁰ para seguir los pasos de esta experiencia, el denominado Comité para el Desarrollo Europeo de la Ciencia y la Tecnología (CODEST).

La empresa exige fórmulas estructurales originales, susceptibles de relanzar el pluralismo institucional y la flexibilidad de programas y equipos que debieran ser nuestras mejores cartas.

Y llegamos al final. ¿Cómo juzgar nuestro siglo? Es una pregunta que recientemente tuve el privilegio de debatir con J. M. Domenach.²¹ «Demasiados horrores, demasiados errores», decía él.

Es cierto. Cuántas convulsiones, cuántas amenazas para el futuro. Sin embargo, quizá nuestro siglo siga siendo, a pesar de todo, el siglo de la esperanza.

Vivimos una doble revolución: a nivel de las relaciones del hombre con la naturaleza, como he expuesto en esta comunicación; pero también en las relaciones del hombre con el hombre. Es una transformación que se inicia al término del colonialismo y con la aparición del doble movimiento de descentralización y de unificación que tiene lugar en innumerables regiones del planeta.

El tiempo es construcción y no basta con redescubrirlo, ni tampoco con redescubrir la libertad en pintura o en música. Al redescubrir el tiempo asumimos una responsabilidad ética. Cuando menos, somos capaces de hacer que el peso de nuestra historia no nos resulte una

21. «La seconde révolution scientifique», charla de J.M. Domenach e I. Prigogine, *L'Expansion*, octubre de 1982, págs. 329-335.

carga inexorable. Otras bifurcaciones son imaginables y accesibles, al precio de otras fluctuaciones en el camino de la exuberante humanidad del mañana. **El redescubrimiento del tiempo es también el redescubrimiento de la utopía.**

La creatividad ocupa, en el pensamiento contemporáneo, un lugar enormemente ambiguo: reivindicaciones, rechazos, temores y utopías la acosan al punto de hacer de ella uno de los mitos de nuestra época. Ciertamente, frente a la creciente coacción anónima en la que algunos ven el precio de la tecnicidad de nuestra sociedad, es tentador afirmar la creatividad del individuo, su posibilidad de crear sin dejar, espontáneamente, por sí mismo, formas de relación nuevas con el mundo y con los demás. El individuo afirma así, frente a la sociedad, el individuo rebelándose contra todos los conformismos opresores: ésta es la situación de confrontación dramática que evoca el concepto de creatividad.

«Afirmación frente a...» Una de las dimensiones fundamentales de la creatividad es probablemente esta oposición, en definitiva marcadísima, entre orden transformador y «dinamismo creador» que lo trastorna; de sobra conocemos el vocabulario, esencialmente moderno, de alienación, opresión, conformismo, dominación anónima, cantidad contra calidad. Palabras que hacen referencia a este convencimiento propio de nuestra época de que el hombre sólo es

* Publicado en la revista de la AUIPEL, XIII (1975), 2, 47-72, en francés.

** Isabelle Stengers es aspirante al Fondo Nacional de la Recherche Scientifique de Bélgica y también profesora en la Facultad de Ciencias de la Universidad Libre de Bruselas, así como colaboradora habitual de Ilya Prigogine.