

Artículo publicado en: Revista de la Academia de Ciencias, Físicas y Naturales, Sept. 2005, Volumen XXIX, No. 112, págs. 417-428

¿EN QUÉ SENTIDO PUEDE HABLARSE DE DIÁLOGO DE LAS CIENCIAS?

Acerca de las nuevas ciencias de la complejidad

In Which Sense Can We Talk About A Dialogue Between the Sciences?

An Essay Concerning the New Sciences of Complexity

Por

Carlos Eduardo Maldonado¹

Resumen:

Es efectivamente posible y necesario el diálogo entre las ciencias físicas, exactas y naturales y las ciencias sociales y humanas. El lugar en el que este diálogo es efectivamente fructífero es en el espacio constituido por las nuevas ciencias de la complejidad. Pero, con el estudio de los sistemas complejos, el propio estatuto tradicional de las ciencias cambia drásticamente.

Palabras claves: Prigogine, historia de la ciencia, filosofía de la ciencia, sistemas complejos, no-linealidad, ciencia y cultura,

Abstract:

A dialogue between the exact, the physical and the natural sciences along with the social and human sciences is both possible and necessary. The place where such a dialogue is trully prosperous is the one of the new sciences of complexity. However, with the study of complex systems, the very traditional status of the sciences changes dramatically.

Key Words: Prigogine, history of science, philosophy of science, complex systems, nonlinearity, science and culture,

Introducción

Desde diversos caminos y con intereses diferentes se habla, con tono cada vez más fuerte, acerca del diálogo de las ciencias. De un lado, están los llamados denodados por la búsqueda de una síntesis, cuyo último y quizás más afortunado esfuerzo es el de **Wilson** (1998). De otra parte, sin embargo, se habla del surgimiento de ciencias de frontera a partir de la identificación de, y el trabajo con, problemas de frontera. Exactamente en esta dirección emerge el estudio de los sistemas complejos adaptativos, cuyo *motto* genérico es conocido como las nuevas ciencias de la complejidad. Este

¹ Ph. D. en Filosofía. Profesor-Investigador Facultad de Administración, Universidad del Rosario, carlos.maldonado44@urosario.edu.co

trabajo trata del modo como cabe hablar, en propiedad, de diálogo de las ciencias entre sí y sostiene la tesis de que este diálogo sucede en dirección al estudio de los sistemas complejos. Tres momentos marcan la estructura que contiene a esta tesis. En primer lugar, se elabora una caracterización de los sistemas complejos, su lógica, heurística, dominios y problemas. Posteriormente, se presenta un cuadro con las propiedades de los sistemas complejos, a partir del cual, en tercer lugar, se precisa que el diálogo entre las ciencias naturales, exactas y naturales con las ciencias sociales y humanas no solamente es deseable y posible, sino necesario e inevitable, pero que este diálogo transforma los estatutos al mismo tiempo lógicos, filosóficos, sociales y culturales de las ciencias. No en última instancia, el tema es filosófico.

El estudio de los sistemas complejos

El tema del diálogo de las ciencias ha sido, de alguna manera, recurrente, con movimientos pendulares, en la historia de la modernidad hasta nuestros días. En la historia de la ciencia, diversos autores han trabajado en esta dirección y han llamado fuertemente la atención en este sentido. Cabe destacar, así, los nombres y trabajos de J. D. **Bernal** o A. **Koyré**. La sociología del conocimiento ya desde la obra pionera de Th. **Merton** apuntó en la misma dirección. Y desde luego no cabe desconocer la explícita provocación de C. P. **Snow** a propósito de la idea de “las dos culturas”, la científica y la de las humanidades. Por diversas circunstancias que son el objeto al mismo tiempo de la historia de la ciencia, la filosofía de la ciencia, la sociología del conocimiento, e incluso la antropología cultural, y más recientemente por parte de los estudios culturales sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS), es en el curso del siglo XX cuando el acento y el tono de dicho diálogo adquiere matices significativos por novedosos. Existe, sin embargo, un factor determinante en la transformación de las relaciones entre las ciencias, así como de las ciencias con el conjunto de la sociedad y de la cultura. Se trata, sin lugar a dudas, del surgimiento de las nuevas ciencias de la complejidad. Son numerosos los autores, diversos los temas y problemas constitutivos del estudio de los sistemas complejos.

No existe una única comprensión ni definición de la complejidad, y las comprensiones varían de un autor a otro. Por esta razón, a fin de estudiar el modo como surge el estudio de los sistemas complejos, y la comprensión de lo que son, vale la pena adoptar aquí

como hilo conductor los principales desarrollos del pensamiento y la obra de **Prigogine**. Desde aquí, será posible no solamente elaborar un cuadro (breve) de conceptos y problemas de las nuevas ciencias de la complejidad, sino, además y principalmente, mostrar a la vez el objetivo y la tesis de este artículo.

El surgimiento de nuevos paradigmas es un fenómeno lento e incierto en las comunidades académicas y científicas al igual que en el desarrollo de la sociedad en general, y tiene como principal dificultad social y cultural la constitución de nuevos lenguajes, relativamente a aquellos vehiculados y que se plasman en la ciencia normal y, hasta cierto punto, en la vida cotidiana de los seres humanos. Pues bien, **Prigogine** al mismo tiempo que lleva a cabo la constitución de un nuevo paradigma con inmensas consecuencias en varios órdenes, elabora, concomitantemente, un nuevo lenguaje.

Es sabido cómo el estudio de los sistemas de complejidad creciente tanto gira, como se condensa, en conceptos tales como estructuras disipativas, autoorganización, irreversibilidad de la flecha del tiempo, fluctuaciones, inestabilidades, y otros semejantes. Pues bien, puede decirse que la obra de Prigogine cumple la función generadora o catalizadora, por así decir, de estos y otros conceptos análogos.

Formulada y desarrollada por I. **Prigogine** puntualmente en 1962, la termodinámica de los sistemas alejados del equilibrio es el *locus* en donde brotan y confluyen los conceptos de las nuevas ciencias de la complejidad. La primera de las ciencias de la complejidad es la termodinámica del no-equilibrio (**Margulis**, 1998). Mejor aún, la termodinámica del no-equilibrio es la forma más genérica de designar el estudio de los sistemas complejos, los fenómenos complejos, en fin, los sistemas complejos adaptativos (SCA).

Es posible decir sin ambages que la termodinámica del no-equilibrio está articulada, en la obra de **Prigogine**, en torno a tres conceptos: la irreversibilidad, las estructuras disipativas y la importancia y el carácter mismo del tiempo, gracias a los cuales se expresa su pensamiento central: el orden tiene lugar a través de fluctuaciones. Quisiera sugerir a continuación una aproximación sintética a estos tres conceptos.

La primera idea fuerte que define al pensamiento de **Prigogine** es la de irreversibilidad, una idea que formula ya desde su tesis doctoral, presentada en 1945 con el título: *Étude Thermodynamique des Phénomènes Irreversibles*. A partir de esta idea, todo el trabajo de **Prigogine** desembocará, veinte años más tarde, en el concepto de estructura disipativa, formulado en un artículo de 1967 con el título “Estructura, Disipación y Vida”². La distinción entre estructuras conservativas y estructuras disipativas puede rastrearse ya desde el libro escrito conjuntamente con **Glansdorff** en 1971 con el título: *Structure, Stability and Fluctuations*. Sin embargo, la irreversibilidad fue descubierta por primera vez a partir de lo estudios de **Carnot** sobre la máquina de vapor. Sería medio siglo más tarde cuando en el esfuerzo por formularla en ecuaciones diferenciales se desarrollan las ecuaciones de estado. Los pioneros del trabajo de **Prigogine** son L. **Onsager** y Th. **De Donder** (**Kondepudi, Prigogine, 1998**).

La irreversibilidad constituye, sin duda alguna, el núcleo de la nueva termodinámica, la cual tiene el mérito de revelarnos que los sistemas dinámicos se encuentran lejos del equilibrio, y que por ello mismo son capaces de remontar la flecha del tiempo de la termodinámica clásica la cual conducía hacia la muerte o, lo que es equivalente, al equilibrio. Precisamente debido a la flecha del tiempo, el conocimiento humano descubre la imposibilidad o la incapacidad de predecir el futuro de un sistema complejo. (Esta, como es sabido, será una de las ideas directrices del caos – teoría o ciencia). En otras palabras, la flecha del tiempo pone de manifiesto que la estructura del tiempo es cada vez más compleja. De esta suerte, la irreversibilidad nos pone de frente, por primera vez, con procesos o fenómenos de complejidad creciente.

Los sistemas en equilibrio sólo perciben entornos inmediatos, pues, finalmente, es irrelevante que vean o puedan ver más allá de la proximidad –vecindazgo-, puesto que

² Que existen claras interdependencias entre la ciencia y la propia biografía es algo suficientemente conocido ya desde vías distintas; así por ejemplo, tanto desde el psicoanálisis como desde la psicología del descubrimiento científico. Pues bien, en el caso de Prigogine algo semejante puede verse sin dificultad. Para un cuadro a partir del cual cabe inferir sin dificultades los entrelazamientos, nunca enteramente consciente ni explícitamente manifiestos entre la propia biografía –esto es, la vida propia-, y el pensamiento científico y filosófico de Prigogine, véase la hermosa entrevista con Ottavia Bassitti y que da lugar al libro: *El nacimiento del tiempo*, Barcelona, Tusquets, 1993. Sin embargo, más exactamente, el tema clave es aquí el del entrelazamiento entre tres factores: el biográfico, el cultural, en el sentido amplio de la palabra, y el de la propia teoría científica constituía por determinados problemas, en el sentido lógico y heurístico de la palabra. La armonía entre estos tres factores es altamente sensible.

Siguiendo la misma línea de relación entre biografía, cultura y desarrollo de una teoría, M. Waldrop (1992) muestra la misma tendencia con relación a varios de los teóricos fundadores del Instituto Santa Fe, tales como C. Langton, P. Anderson, S. Kauffman o G. Cowan, entre otros.

por definición en un sistema en equilibrio –esto es, en un sistema cerrado-, el horizonte lejano coincide con el entorno cercano o, inversamente, el entorno inmediato contiene el horizonte, puesto que no hay nada más allá que no coincida, punto por punto, con el entorno inmediato. Otra cosa sucede en los sistemas alejados del equilibrio.

En verdad, en los sistemas lejanos del equilibrio existen señales que recorren todo el sistema y que provienen de lugares lejanos; de este modo, los sistemas se hacen sensibles a estas señales, y dicha sensibilidad imprime dinámica a estos sistemas. En otras palabras, los sistemas alejados del equilibrio son altamente sensibles a las novedades o a las innovaciones, a los eventos (*events*), o al azar. Pues son estas novedades las que generan dinámicas no-lineales en dichos sistemas.

En 1977 **Prigogine** recibe el Premio Nóbel de Química, y publica en el mismo año el que es considerado su libro más importante: *Autoorganización en los sistemas de no-equilibrio*, escrito conjuntamente con G. **Nicholis** (con quien escribirá posteriormente *La estructura de lo complejo. En el camino hacia una nueva comprensión de las ciencias*)³.

En la conferencia que dicta **Prigogine** ante la Academia de Ciencias con motivo de la recepción del Premio Nóbel, con el título “Tiempo, estructura y fluctuaciones” puede leerse de manera puntual en qué consiste su máxima contribución, y cómo, en consecuencia, puede decirse que la termodinámica del no-equilibrio es la primera de las ciencias de la complejidad.

En rigor, el aporte fundamental de **Prigogine** y por lo cual recibió el Premio Nóbel no es tanto el haber descubierto la irreversibilidad, sino el haber desarrollado una formulación matemática de los procesos irreversibles que permitió tratarlos en esta forma.

El no-equilibrio es el origen del orden (1977: 1.2.). Dice **Prigogine**: “Es interesante el que la bifurcación introduzca en un sentido la ‘historia’ en la física... De este modo,

³ El título del original en alemán es: *La investigación de lo complejo. En el camino hacia una nueva comprensión de las ciencias naturales (Die Erforschung des Komplexen. Auf dem Weg zu einem neuen Verständnis der Naturwissenschaften)*.

introducimos en la física y la química un elemento ‘histórico’, el cual hasta ahora parecía reservado tan sólo a las ciencias que tratan con fenómenos biológicos, sociales y culturales” (*ibid*: 4.6.)⁴. Esto significa dos cosas. De un lado, es el hecho de que la distancia entre las llamadas ciencias duras y las ciencias blandas desaparece o por lo menos disminuye, produciéndose un acercamiento en algún lugar intermedio del que brotan o en el confluyen tanto lo simple como lo complejo. De otra parte, al mismo tiempo, asistimos, mediante esta metamorfosis de las ciencias, a la emergencia de una síntesis novedosa del conocimiento. Por consiguiente, cabe decir sin dificultad que la complejidad se caracteriza como una nueva forma de racionalidad, a saber: como una síntesis de lo diverso y anteriormente contrapuesto. Pero, a su vez, es una síntesis que es más que la sumatoria de las partes. Las ciencias anteriores se transforman en el encuentro, y de esa transformación surge un nuevo lenguaje, nuevas aproximaciones, nuevos y distintos métodos, en fin, un nuevo mundo y una nueva realidad. Se trata del universo de los sistemas complejos no-lineales, mediante el cual es posible comprender, por primera vez, que los fenómenos simples o regulares, que las predicciones y que la causalidad, por ejemplo, son tan sólo casos particulares dentro del dominio, bastante más amplio de los sistemas, fenómenos o comportamientos caracterizados como alejados del equilibrio, esto es, complejos.

La tercera idea fuerte del pensamiento de **Prigogine** tiene que ver con el tiempo. Dos han sido las comprensiones clásicas acerca del tiempo, y ambas al mismo tiempo se han fundado en la física y han dado lugar a sendas comprensiones culturales y por tanto a formas sociales de vida. De un lado, está la comprensión más antigua y a la vez más sólida, que afirma que el tiempo es o implica pérdida, olvido, desgaste, en fin, disipación. Ciertamente que la expresión más reciente e inteligente de esta versión es la de la termodinámica clásica, pero es igualmente cierto que esta es la comprensión que ha constituido a toda la cultura judeo-cristiana. El tiempo es un problema en el sentido de obstáculo; en una palabra, el tiempo resta, y no suma. De otra parte, al mismo tiempo, se encuentra la tesis que sostiene que el tiempo es una ilusión. La expresión fuerte, reciente e inteligente de esta posición se encuentra en **Einstein**. Sin embargo, varios notables filósofos y pensadores han sostenido una tesis semejante. Seguramente

⁴ “It is interesting that bifurcation introduces in a sense ‘history’ into physics... In this way we introduce in physics and chemistry a ‘historical’ element, which until now seemed to be reserved only for sciences dealing with biological, social, and cultural phenomena”.

las dos fuentes clásicas son **Aristóteles**, en el mundo griego, y E. **Husserl** a comienzos del siglo XX. La forma en la que el tiempo aparece como una ilusión consiste en el énfasis por, o la preocupación en, el ahora, o el instante, frente al cual, todo lo demás es justamente ilusión. Cabe decir que las dos tesis clásicas del tiempo coinciden y se refuerzan en un mismo punto, a saber: en la afirmación, abierta o tácita, de que nos encontramos en, o nos la vemos con, un sistema cerrado.

Frente a estas dos grandes y dominantes comprensiones del tiempo, **Prigogine** produce una tesis verdaderamente innovadora. El tiempo no es ni implica desgaste ni ilusión. Por el contrario, el tiempo es, e implica, creación. Precisamente por ello, la evolución de la complejidad es hacia un proceso creciente. El tiempo depende de la vida misma, y la vida misma es un proceso incesante y continuado de complejidad creciente. Justamente, debido a la ruptura de la simetría temporal es que se producen bifurcaciones, fluctuaciones, en fin inestabilidades, todas las cuales son generadoras de procesos. La generación de nuevos e incesantes procesos es la obra misma de la autoorganización. De esta suerte, tiempo y autoorganización son fenómenos concomitantes, y marcan de manera definitiva a este tipo de fenómenos, sistemas y procesos conocidos como complejos, es decir, de complejidad creciente.

En 1979 **Prigogine** escribe conjuntamente con I. **Stengers** *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*, libro que quiere constituirse como el más importante de cara al diálogo del científico con la sociedad en general. Esto es, como libro de divulgación. Sin embargo, es preciso decir que de la primera edición (1979) a la segunda (1990), un giro sensible se produce en la intención de **Prigogine** y **Stengers**, en el sentido de que buscan hacer de un libro de divulgación un libro de producción de conocimiento. Esta intención es particularmente clara en la introducción y sobre todo en los apéndices que escriben para la segunda edición. Hay una circunstancia particular mediadora entre el carácter del libro entre la primera y la segunda edición, a saber: ha surgido en el mundo y se consolidado un novedoso campo de conocimiento: las ciencias de la complejidad. De suerte que lo que en un primer momento quiere ser una divulgación de la termodinámica del no-equilibrio, se convierte en un segundo momento en un esfuerzo de desarrollo más sistemático frente a la acogida y los desarrollos que, a partir de la termodinámica de los sistemas alejados del equilibrio, llevan a cabo teóricos e investigadores con diferentes formaciones profesionales. En la

obra de **Prigogine**, *La nueva alianza* se encuentra en el centro, como puente, por así decir, entre dos textos fundamentales para entender el pensamiento de **Prigogine**. Hacia atrás, se trata del libro *Autoorganización en los sistemas de no-equilibrio*, de 1977, y hacia delante, del libro *La estructura de lo complejo. En el camino hacia una nueva comprensión de las ciencias*, de 1987. Ambos libros fueron escritos por **Prigogine** conjuntamente con G. **Nicholis**.

Una palabra acerca de *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. En 1970 J. **Monod** –ganador del Premio Nóbel en Biología en 1965– escribe *El azar y la necesidad*. Este libro marcó un hito en la historia del pensamiento biológico, así como en la filosofía de la biología⁵. En una conversación con O. **Bassetti**, **Prigogine** confiesa que dos textos han marcado todo su pensamiento⁶. Se trata del libro clásico de E. **Schrödinger**, *¿Qué es la vida?*, y del libro de **Monod** mencionado. Pues bien, puede decirse que *La nueva alianza* es el debate con, y la respuesta a, estos dos textos. Existen numerosos testimonios y declaraciones en este sentido en diversos trabajos de **Prigogine** y bastaría con cotejar los tres textos para verificar que así es efectivamente.

La vida es el fenómeno por excelencia de la irreversibilidad. Mejor, la vida es un fenómeno irreversible, lo cual, sin embargo, no debe entenderse en el sentido de que los eventos o procesos de la vida sean todos irreversibles. Precisamente en esta idea se encuentra el núcleo de las relaciones entre el azar y la necesidad. En efecto, antes que una oposición, como lo quiere ver **Monod**, el azar y la necesidad se entrecruzan y contribuyen a la dinámica misma de la vida.

La nueva alianza tiene dos expresiones, así: de un lado, se trata de una nueva relación entre el ser humano y la naturaleza y, de otra parte, de una redefinición de las relaciones entre las ciencias sociales y humanas y las ciencias básicas y exactas, o también, en

⁵ Una observación marginal. Monod recibe el Premio Nobel de Medicina en 1965 conjuntamente con F. Jacob y A. Lwoff, gracias precisamente a una colaboración estrecha entre ambos. Sin embargo, debido puntualmente al libro de Monod *El azar y la necesidad*, se producirá muy pronto un alejamiento entre Monod y Jacob. Este distanciamiento se encuentra registrado teóricamente en un libro de Jacob: *El juego de lo posible. Ensayo sobre la diversidad de los seres vivos*, Barcelona, Grijalbo, 1982 (edición original en francés de 1981). – Cabe anotar una circunstancia análoga a las relaciones entre H. Maturana y F. Varela, e incluso un paralelismo en el siguiente sentido: las tesis de Monod y de Maturana se corresponden como contraposición a las de Jacob y Varela, naturalmente guardadas proporciones.

⁶ Cfr. *El nacimiento del tiempo, op. Cit.*, págs. 33 y 34.

términos más generales, entre la ciencia y la filosofía. No hay que olvidar una parte de las palabras que recibió **Prigogine** en la ceremonia de entrega del Premio Nóbel: “Sus trabajos en física contienen sugerentes consecuencias en otros dominios del pensamiento”. En términos más radicales: se trata de aprovechar la ciencia y la filosofía para comprender y hacer posible la vida y la cultura. A **Prigogine** (como a nosotros) poco le importa tal o cual conocimiento, pues no son otra cosa que herramientas, para aquello que es fin en sí mismo: la vida misma.

La nueva alianza se compone de tres libros, así: “El espejismo de lo universal: la ciencia clásica”, en la que **Prigogine** y **Stengers** elaboran un fresco sobre la ciencia clásica, esto es, moderna, y cómo ésta desemboca en la división de dos culturas, la científica y la humanista, debido a un problema: la ciencia clásica nos revela que la física y la biología son opuestas y extrínsecas la una a la otra, lo cual nos deja ante un lacónico resultado: la vida no tiene cabida ni explicación en la imagen clásica del mundo, dejándonos así en una absoluta soledad en el universo. El lugar en el que esta afirmación se expresa y condensa mejor es en el libro mencionado de **Monod**. En otras palabras, las dos culturas se condensan, cada una, en dos conceptos contrapuestos o antagónicos: el azar y la necesidad. La lectura de estos dos conceptos corresponde, por tanto, a la escisión: o azar, o necesidad. El carácter determinista de la ciencia moderna se condensa, así, en el libro de **Monod**.

El segundo libro se llama: “la ciencia de la complejidad”. Como cabe recordar, el problema constitutivo de las ciencias de la complejidad consiste en explicar el orden. Pues bien, el orden se origina siempre luego de una inestabilidad, y está determinado por tanto por la fluctuación de más rápido desarrollo. Esta idea conduce a **Prigogine** a una de las conclusiones más novedosas y radicales y ya elaborada desde sus primeros trabajos: el orden sucede por fluctuaciones. En otras palabras, no es cierto que el orden suceda a pesar de las fluctuaciones, en contra de las mismas o incluso después de las mismas. Por el contrario, el orden, que es constitutivo de complejidad creciente, es el resultado de la interacción entre el azar y la necesidad. Es inevitable aquí observar que, en contraste con la segunda de las ciencias de la complejidad –a saber, la ciencia del caos-, el orden no tiene lugar a partir del caos⁷.

⁷ Quiero con esto tomar distancia de la forma como se traduce *La nueva alianza*, al inglés: *Order out of Chaos. Man's Dialogue of Nature*, New York, Bantam Books, 1984.

El tercer libro –“Del ser al devenir”-, tiene como finalidad mostrar que es necesaria una síntesis entre lo simple y lo complejo, y que dicha síntesis sucede en la dirección de un abandono de cualquier pretensión de comprensión y explicación de la realidad en sentido objetivo u objetivista, natural o positivo, en fin, cierto y verdadero sin más. Como lo dirá **Prigogine** posteriormente en otro texto, el estudio de los sistemas alejados del equilibrio corresponde a una rigurosa atención al principio de incertidumbre. La nueva síntesis va en sentido contrario a una ganancia de certezas o certidumbres. Si hay alguien que en el pensamiento científico se haya tomado seriamente el legado de **Heráclito** es sin lugar a duda I. **Prigogine**. Precisamente en este sentido, el tercer libro de *La nueva alianza* termina con un reconocimiento de, o un llamado a, descubrir u ocuparnos con el reencanto del mundo.

Lo anterior exige una precisión y al mismo tiempo sienta las bases para una aclaración de la obra de **Prigogine** relativamente a las ciencias de la complejidad, o mejor aún, con respecto al concepto mismo de “complejidad”. **Prigogine** no habla nunca de complejidad en el sentido genérico de “ciencia(s) de la complejidad”, esto es, notablemente, en el sentido de los autores, teóricos y científicos del Instituto Santa Fe en Nuevo México. Por el contrario, **Prigogine** prefiere el concepto, bastante más puntual y delimitado, de “comportamientos complejos”. “¿Qué es la complejidad?” se pregunta **Prigogine**, y responde: “...es más realista, por lo menos no tan impreciso, hablar de *comportamiento complejo* en lugar de referirnos a sistemas complejos. El estudio de este tipo de comportamiento esperemos que nos permita descubrir algunas características de distintas clases de sistemas y nos conducirá a una comprensión adecuada de lo complejo”⁸. Y más adelante sostiene: “Expresado con brevedad, el comportamiento complejo ya no está limitado exclusivamente al campo de la biología. Se encuentra en un proceso de penetración en las ciencias físicas y parece profundamente enraizado en las leyes de la naturaleza” (*ibid*: 22). Precisamente por esta razón, los comportamientos complejos se explican por, y se integran en, el estudio de los sistemas de no-equilibrio, o también, en la termodinámica de los procesos irreversibles.

⁸ I. Prigogine y G. Nicholis, *La estructura de lo complejo*, Madrid, Alianza, pág. 21.

En 1980, tres años después de recibir el Premio Nóbel, **Prigogine** escribe *Del ser al devenir. Tiempo y complejidad en las ciencias físicas*. En el prefacio se puede leer: “Este libro es acerca del tiempo. Me hubiera gustado llamarlo: *Tiempo. La dimensión olvidada*, aun cuando este título hubiera sorprendido a algunos lectores. ¿No está el tiempo ya incorporado desde el comienzo en la dinámica, en el estudio del movimiento? ¿No es el tiempo el propio tema de preocupación de la teoría especial de la relatividad? Esto es ciertamente verdadero. Sin embargo, en la descripción dinámica, sea clásica o cuántica, el tiempo tan sólo entra en un sentido muy restringido, en el sentido de que estas ecuaciones son invariantes con respecto a la inversión del tiempo: $t \rightarrow -t$. A pesar de ser un tipo específico de interacción, la llamada interacción superdébil parece violar esta simetría del tiempo, la violación no juega ningún papel en los problemas que son el tema de este libro”⁹ (1980: xi).

La tesis que defiende **Prigogine** en su libro de 1980 se formula de tres maneras o en tres pasos, y tiene una radicalidad sin igual. Su tesis es:

- 1) Los procesos irreversibles son tan *reales* como los reversibles, y no corresponden a aproximaciones suplementarias que nosotros superpongamos, por necesidad, sobre los procesos en los que el tiempo es reversible;
- 2) Los procesos irreversibles juegan un papel *constructivo* fundamental en el mundo físico; son la base de importantes procesos coherentes que aparecen con particular claridad en el nivel biológico;
- 3) La irreversibilidad está fuertemente enraizada en la dinámica. Puede decirse que la irreversibilidad comienza cuando los conceptos básicos de la mecánica clásica o cuántica (tales como las trayectorias o las funciones de onda) dejan de ser observables.

⁹ “This book is about time. I would like to have named it *Time, the Forgotten Dimension*, although such a title might surprise some readers. Is not time incorporated from the start in dynamics, in the study of motion? Is not time the very point of concern of the special theory of relativity? This is certainly true. However, in the dynamical description, be it classical or quantum, time enters only in a quite restricted way, in the sense that these equations are invariant with respect to time inversion, $t \rightarrow -t$. Although a specific type of interaction, the so-called superweak interaction, seems to violate this time symmetry, the violation plays no role in the problems that are the subject of this book” (traducción, C.E.M.).

Es importante observar que en este libro, al mismo tiempo hay varias referencias fuertes, desde el comienzo hasta el final, a *La nueva alianza*, y por consiguiente a las relaciones entre los temas del libro, la tesis defendida y las conexiones, de un lado, entre la ciencia y la filosofía, así como, de otra parte, entre la ciencia y la cultura. Dos conclusiones de tipo general cabe destacar: el papel del observador –la importancia de la fenomenología, por así decirlo-, es incontestable en el marco de las nuevas ciencias en emergencia, y al mismo tiempo, la ciencia plasma procesos, tendencias y fenómenos culturales, todos los cuales apuntan hacia nuevas y radicales transformaciones que, antes que cerrar el mundo, nos lo revelan abierto, y por tanto apasionante, teórica y vivencialmente hablando.

En esta misma dirección, de otro lado, en una comunicación a la Academia Europea de Ciencias, Artes y Letras, en 1982, titulada “La lectura de lo complejo”, sostiene **Prigogine**: “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”¹⁰. Pues bien, precisamente por ello se hace imperativa una transformación radical del conocimiento humano. No se requiere de ningún esfuerzo para recordar que, en el sentido biológico de la palabra, una metamorfosis es un fenómeno irreversible.

Existe, sin embargo, un aspecto de una envergadura mayor con respecto tanto al pensamiento y obra de **Prigogine** como al espíritu de *La nueva alianza*. Este aspecto arroja una luz acerca de la especificidad y la necesidad de la complejidad. Pues bien, el tema que vale la pena poner claramente sobre la mesa coincide con la tesis misma de todo el libro mencionado. Se trata de la tesis que afirma la necesidad de inscribir la investigación y el trabajo científicos –en este caso, referidos a los sistemas termodinámicos lejanos del equilibrio- con el entorno social y cultural del que nacen y al que, de alguna manera responden. Recurriendo a la clasificación establecida por I. **Lakatos** entre la historia externa de la ciencia y la historia interna de la ciencia, se trata de atender al mismo tiempo a la historia interna tanto como a la historia externa. El resultado, aun cuando no sean los términos que emplean **Prigogine** y **Stengers**, no

¹⁰ Prigogine, I., *¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del caos al orden*, Barcelona, Tusquets, 1993, pág. 46.

puede ser menos sorprendente: la ciencia es una interfase, a saber, entre la cultura misma y las teorías, modelos y explicaciones alcanzadas o realizadas.

La historia del pensamiento racional no conoce una tesis con esta radicalidad, y ciertamente no cuando se la mira retrospectivamente. En efecto, la lectura tradicional afirma que actividades como la ciencia, la filosofía o las artes, en sentido amplio, pueden entenderse por sí mismas, es decir, al margen de su inscripción en el entorno cultural. Precisamente por ello, el estudio tradicional de la ciencia, la filosofía o las artes consistió en el estudio de los autores, pensadores y artistas (escritores, por ejemplo). De esta forma, la historia de la ciencia consistía en la historia de los científicos; ni siquiera en la historia de las teorías científicas.

Vivimos un mundo altamente sensible a las interacciones de distinto tipo. La complejidad del mundo es el resultado de estas interacciones, cuyo carácter fundamental está marcado por la no-linealidad¹¹. En unas conferencias dedicadas al estudio del caos,¹² **Prigogine** recuerda la deuda que tenemos, todos, con **Poincaré**: “Es en cierto modo una suerte que **Poincaré** haya demostrado la imposibilidad de eliminar las interacciones. Si se pudieran eliminar, el universo sería isomorfo a un universo de partículas libres, y todo sería tan ‘incoherente’ que no habría química, ni biología, ni por supuesto culturas humanas” (1999: 73). La manera puntual, observa **Prigogine**, como puede entenderse esto consiste en enraizar el indeterminismo y la asimetría del tiempo en las leyes de la física (1996: 23), gracias a lo cual, no solamente, como ya lo planteara con anterioridad **Penrose**, será posible alcanzar una comprensión al mismo tiempo física y lógica de la mente, sino, además, y consecuentemente, una mejor y más adecuada explicación de los fenómenos sociales, en sentido amplio. El objeto, así, consiste, dicho en el lenguaje de la física, en construir una dinámica de las correlaciones y no ya una dinámica de las trayectorias (*ibid*: 88).

Propiedades de los sistemas complejos

¹¹ En el que seguramente es el más sólido trabajo sobre la emergencia, J. Holland sostiene que la emergencia es el resultado de dos factores: los mecanismos componentes interactúan sin control central, y las posibilidades de la emergencia aumentan rápidamente en la medida en que la flexibilidad de las interacciones se incrementa (Holland, 1998: 7).

¹² El caos es, histórica y conceptualmente hablando, la segunda de las ciencias de la complejidad, después de la termodinámica del no-equilibrio.

La emergencia de nuevas ciencias implica siempre el surgimiento de nuevos lenguajes – nuevos conceptos y categorías-, nuevos enfoques, etc. De acuerdo con **Kuhn** (1989), el primer objeto de debate entre la ciencia normal y los nuevos paradigmas en emergencia en cada caso, es el lenguaje, esto es, la traducibilidad y la conmensurabilidad del lenguaje; así, por ejemplo, la traducibilidad de una tradición a otra, de un dominio disciplinar a otro, en fin, de una comunidad académica y científica a otra. Los cuatro ejes que definen los diálogos de teorías, modelos explicativos y formaciones y tradiciones científicas y/o filosóficas son: la (in)conmensurabilidad, la traducibilidad, la interpretación y los marcos de referencia¹³. Estos cuatro ejes constituyen al mismo tiempo el terreno en el que la historia interna y la historia externa de la ciencia se cruzan, y el ámbito propio del modo como la ciencia se hace realidad cultural.

Pues bien, la posibilidad de que un lenguaje sea traducible, o mejor aún, conmensurable con otros contextos y tradiciones sin que el contenido expresado o significado se pierda constituye el principal reto en el diálogo entre disciplinas distintas con enfoques, categorías, métodos, tradiciones y expectativas diferentes. La traducibilidad o conmensurabilidad debe ser posible sin desmedro de las especificidades técnicas del lenguaje propio de cada dominio científico.

El lenguaje es el lugar, por así decirlo, donde se mueven las propiedades de los sistemas o fenómenos de estudio. Ahora bien, en el caso de los sistemas complejos, no existe una lista única, por así decir, acerca de sus propiedades o características. Parte de la razón de esta ausencia estriba en el hecho de que no existe una única comprensión o definición de lo que sea “complejidad”; por el contrario, las comprensiones, caracterizaciones o definiciones de complejidad son numerosas y no siempre aceptadas convencionalmente. Precisamente por esta razón una buena opción para obliterar esta dificultad se encuentra en la dirección de su comprensión como sistemas alejados del equilibrio.

No obstante, es preciso identificar algunas de las propiedades generales de los sistemas complejos. De acuerdo con **Bar-Yam** (1998), las propiedades centrales de los sistemas complejos son: los elementos (y su número), las interacciones (y su fuerza), la

¹³ En el contexto señalado, relativamente al trabajo de los historiadores de la ciencia, Kuhn sostiene de qué manera el historiador es un “intérprete y maestro del lenguaje”.

formación/operación (y sus escalas temporales), la diversidad/variabilidad, el medio ambiente (y sus demandas), la(s) actividad(es) (y su(s) objetivo(s)).

A partir de estas propiedades cabe destacar los rasgos característicos de los sistemas complejos, que son la emergencia, la autoorganización y la complejidad misma del sistema de estudio en cuanto complejidad creciente. (Existe incluso la dificultad de determinar estas características de los sistemas complejos, ya que hay autores que hablan específicamente de la emergencia y de la autoorganización como “teorías” (**Krugman, Kauffman, Holland**)).

El concepto de complejidad creciente es al mismo tiempo un logro de la termodinámica del no equilibrio, y un desarrollo suyo. En efecto, sostiene **Margulis** (1998: 32): “Entre la termodinámica clásica y la termodinámica del no equilibrio hay dos grandes diferencias. La primera es que la termodinámica clásica estudia estructuras de complejidad decreciente (...) mientras que la termodinámica del no equilibrio estudia entidades –seres vivos incluidos- que incrementan su complejidad y ganan capacidad de trabajo. La segunda diferencia, relacionada de manera fundamental con la primera, es que la termodinámica clásica trata de sistemas cerrados y aislados, mientras que la termodinámica del no equilibrio se centra en sistemas abiertos”. Pues bien, es específico de las ciencias de la complejidad estudiar los fenómenos, procesos, comportamientos y sistemas de complejidad creciente. Este *locus* instaura una nueva dimensión para las ciencias, entendidas en sentido clásico, y permite, al mismo tiempo, un encuentro entre ciencias y disciplinas que anteriormente no sabían o no querían saber nada unas de otras.

Ciencias exactas, físicas y naturales, y ciencias sociales y humanas: un encuentro posible

Hay una circunstancia cultural importante para resaltar como condición para exponer el encuentro posible entre los dos grandes grupos de ciencias: las sociales y humanas y las exactas, físicas y naturales. Como es sabido, la historia del siglo XIX y buena parte de la historia del siglo XX asistió al nacimiento fuerte, sólido y multiplicado de las ciencias sociales. Pero, más importante aún, se pudo apreciar al mismo tiempo la importancia y la utilidad, por así decir, de las ciencias sociales y humanas. Tal es la historia de la

consolidación y desarrollo de la economía, la historia, la antropología, la psicología, la ciencia política, y posteriormente también las llamadas ciencias de la organización, así como el giro fuerte de la filosofía hacia temas sociales como la ética, el análisis del uso del lenguaje, y otros. Tan sólo la física puede ocupar un lugar cultural tan prominente, dados los desarrollos, en el siglo XIX, de la termodinámica, y en el siglo XX con la teoría de la relatividad y la teoría cuántica.

Pues bien, este estado de cosas se altera notablemente hacia mediados del siglo XX, y particularmente en los años siguientes gracias al desarrollo de la computación. Gracias al computador, las llamadas ciencias “duras” vuelven a adquirir un lugar tan destacado como el que, por ejemplo, tuvieron en los siglos XVI, XVII y XVIII, notablemente. Debido al desarrollo de la computación sucede un fenómeno apasionante y desconcertante para las ciencias sociales y humanas: en lo sucesivo los aportes más significativos a los problemas sociales, en el sentido amplio de la palabra, proviene de las ciencias exactas, físicas y naturales, por ejemplo, mediante aplicaciones de métodos y procedimientos computacionales, o también gracias al desarrollo de analogías a partir de los sistemas biológicos y otros. Los ejemplos más conspicuos son justamente la teoría –primero- y la ciencia –luego- del caos, y la teoría de las catástrofes (**Thom** y **Zeeman**, notablemente), y más integralmente, las ciencias de la complejidad o el estudio de los sistemas complejos no lineales. Debido a esta circunstancia, las ciencias vieron redefinidos, al mismo tiempo su estatuto, sus relaciones, sus campos y problemas.

En este punto, vale retomar a **Prigogine** en un texto con el título “¿Un siglo de esperanza?” (1996b): “...mientras que las otras ciencias permitían soñar en una dominación total sobre la naturaleza, la termodinámica hablaba de los límites de la manipulación, de la espontaneidad y de las evoluciones naturales: un lenguaje contrario al de las ciencias heredadas del siglo XVIII. Hoy en día estos puntos de vista se aproximan, ya que en las otras ciencias también comenzamos a percibir los límites de la manipulación. La interpretación microscópica de la irreversibilidad que he expuesto aquí refuerza aun más esta dimensión del límite de la manipulación (...) ya que no podemos elegir arbitrariamente las condiciones iniciales”.

Digámoslo puntualmente: el encuentro entre las ciencias sucede gracias a una dúplice posibilidad: el desarrollo de la computación –y más exactamente de la simulación-, y la emergencia del estudio de los sistemas complejos. Quisiera, con todo, insistir en esta particularidad cultural: en el marco del estudio de los sistemas complejos se produce un acercamiento, por así decirlo, de las llamadas ciencias duras hacia las ciencias sociales pero en un terreno en el cual ambos grupos de ciencias confluyen pero modifican sus relaciones, y con ello, ver alterado el propio estatuto que tradicionalmente tenían.

En efecto, prácticamente la totalidad de los textos sobre sistemas complejos y no-linealidad terminan, generalmente en el último capítulo o las últimas páginas, haciendo extrapolaciones desde los campos primeros de estudio, hacia las ciencias sociales y humanas. Algunos ejemplos notables se encuentran en **Kauffman** (1995)¹⁴, **Prigogine** (1980), **Bar-Yam** (1997) **Bak** (1996)¹⁵, **Holland** (1995)¹⁶.

Por su parte sin embargo, también desde las ciencias sociales se produce una sensibilidad hacia las nuevas ciencias de la complejidad. Hasta el momento, la economía es la más sensible de las ciencias sociales¹⁷, y más recientemente también la incorporación de la complejidad con la teoría de juegos y los temas de la teoría de la

¹⁴ “...the emerging sciences of complexity, as we shall see, offer fresh support for the idea of a pluralistic democratic society, providing evidence that it is not merely a human creation but part of the natural order of things” (Kauffman, 1995: 5).

¹⁵ “So far we have proceeded from astrophysics to geophysics, and from geophysics to biology and the brain. We now take yet another step in the hierarchy of complete phenomena, into the boundary between the natural world and the social sciences. Humans interact with one another. Is it possible that the dynamics of human societies are self-organized critical? After all, human behavior is a branch of biology, so why should different laws and mechanisms be introduced at this point? Here two specific human activities will be considered, namely economics and traffic” (Bak, 1996: 183).

¹⁶ Las condiciones necesarias para la comprensión de los sistemas complejos, llamados también sistemas complejos adaptativos (SCA) son: interdisciplinarietà, experimentos mentales basados en computadores, un principio de correspondencia de acuerdo con el cual los modelos elaborados deben comprender modelos anteriores en disciplinas relevantes, una matemática de procesos competitivos basados en recombinación (Holland, 1995: 170-2).

¹⁷ “El mundo está repleto de sistemas de autoorganización, sistemas que forman estructuras no sólo como mera respuesta a *inputs* externos sino también, y en primer lugar, como respuesta a su propia lógica interna. Si el tiempo meteorológico global es un sistema de autoorganización, la economía global lo tendrá que ser también” (Krugman, 1996: 135. Para establecer que así sucede efectivamente en la economía, Krugman dos principios de autoorganización: el orden producto de la inestabilidad, y el orden producto del crecimiento aleatorio.

acción colectiva (Axelrod and Cohen, 1999)¹⁸. Hay aquí semillas que pueden permitir un trabajo mancomunado entre la (ciencia, teoría o filosofía) política con la perspectiva de los sistemas dinámicos no-lineales.

El estudio de la complejidad, que *grosso modo* coincide con la cantidad de información necesaria para describir (el comportamiento de) un sistema, adopta dos vertientes principales, así:

- i) Mientras que todos los sistemas simples son igualmente simples, cada sistema complejo posee su propia complejidad;
- ii) Existen procesos o principios básicos, que son elementales, en la base de los múltiples y diversos sistemas complejos.

Pues bien, i) y ii) son posiciones inconmensurables, y tienen productos sólidos. Buena parte de la elaboración de una teoría (general) de los sistemas complejos dependerá de la suerte que corran las relaciones entre ambas posturas. La línea central, adoptada por el Instituto Santa Fe (ISF) es la segunda, de suerte que en la base de la complejidad de sistemas, fenómenos y comportamientos tan disímiles como el funcionamiento del cerebro, la dinámica de los sistemas financieros, el crecimiento de las ciudades, los sistemas ecológicos, la evolución cósmica o las dinámicas de poblaciones de insectos, por ejemplo, existen *–deben existir–* principios básicos que tanto generen complejidad como que, por tanto, la expliquen. Naturalmente, se trataría de principios universales. Este es un problema eminentemente filosófico que atraviesa y marca a las diversas disciplinas científicas tanto como al diálogo y las relaciones entre sí.

En 1994, a los diez años de creado el ISF de Nuevo México, considerado como el centro pionero del trabajo en complejidad, se realizó un seminario con la participación de los más importantes científicos, investigadores y teóricos de la complejidad, a fin de evaluar el trabajo adelantado hasta la fecha (Cowan et al., 1994). La conclusión no pudo ser más sorprendente: a pesar del éxito y el crecimiento rápido y sólido en el estudio de los sistemas, fenómenos y comportamientos caracterizados por no-linealidad,

¹⁸ Quizás el trabajo más radical de parte de las ciencias sociales en el proceso de incorporación de las estructuras de pensamiento, la lógica y la heurística de las ciencias de la complejidad es el de González Casanova (2004).

autoorganización, emergencia, no equilibrio o equilibrios dinámicos, etc., el trabajo encontraba un límite: se trataba de la ausencia de una teoría de los sistemas complejos no-lineales. En efecto, la inmensa mayoría de los trabajos consistían, y aún consisten, o bien en la aplicación de criterios de complejidad, o bien, igualmente, en trabajos de simulación con computador de importantes problemas en determinadas esferas de estudio, en cada caso. En 1999 el resultado del seminario fue reeditado sin ninguna modificación, lo cual significa que en el lustro siguiente la situación no había cambiado. La elaboración de una teoría general, por así decirlo, de los sistemas complejos no-lineales es una labor que aún queda por cumplir.

Puede decirse que existen dos generaciones en el trabajo en complejidad. La primera consistió en un trabajo, importante y necesario, en ciencias exactas, básicas y naturales, con fuerte énfasis en física, matemáticas y computación. Este trabajo no puede ni debe detenerse. Sin embargo, una segunda generación en el estudio de los sistemas complejos sostiene que debe hacerse énfasis en las ciencias sociales (y humanas), a partir de un problema específico de investigación: la inteligencia colectiva (*swarm intelligence*). Pues bien, los temas y problemas que se concentran en el título “inteligencia colectiva” plantean de manera frontal la importancia, la necesidad y las posibilidades de una dinámica de interacciones (y no ya simplemente de trayectorias)¹⁹. Los ejes en torno a los cuales se tejen las posibilidades de esta segunda generación son conceptos tales como robustez y flexibilidad.

El problema en torno al cual se tejen los conceptos, problemas y modelos que se condensan en la inteligencia colectiva tienen que ver metáforas para resolver problemas. Notablemente, se trata del estudio de sistemas “inteligentes” *colectivos* en los que la autonomía, la emergencia y la distribución de funciones remplazan al control, la preprogramación y la centralización. Tomando como hilo conductor el estudio de los insectos sociales –los cuales han demostrado ser evolutivamente tan exitosos en la biosfera-, el enfoque de inteligencia colectiva destaca cuatro factores determinantes para su éxito: flexibilidad, robustez, control descentralizado y autoorganización. A partir de

¹⁹ Al respecto, y en estrecha conexión con la idea de acuerdo con la cual la termodinámica de los sistemas alejados del equilibrio introduce el tiempo y la historia en la física, vale bien lo que dice Kauffman: “We lack a theory of how elements of our public lives link into webs of elements that act on one another and transform one another. We call these transformations “history”. El término “historia” aparece entre comillas para designar no la historia lineal tradicional, sino el carácter de abierto de los sistemas complejos.

este hilo conductor, el objetivo consiste en extender los análisis y la elaboración de modelos en general hacia toda clase de sistemas sociales –naturales y artificiales-, dado un hecho fundamental: el mundo se hace crecientemente complejo, dinámico y sobrecargado de información, como nunca antes lo había estado (**Bonabeau et al., 1999**). Precisamente en este mundo los motivos de sistemas alejados del equilibrio, la autoorganización y la emergencia se convierten en referentes indispensables. En verdad, las interacciones se hacen cada vez más numerosas, sutiles, y de corto, mediano y largo alcance tanto en el espacio como en el tiempo.

Pues bien, ésta, puede decirse, es la investigación de punta –o el estado de punta- en el estudio de los sistemas complejos adaptativos. El trabajo que promete la investigación en inteligencia colectiva indica claramente dos fenómenos. De un lado, que las ciencias sociales deben haber podido incorporar herramientas, aproximaciones, lenguajes y lógicas que antiguamente eran propias de las ciencias naturales, físicas o exactas. Pero, al mismo tiempo, se trata del reconocimiento de que las ciencias físicas, exactas y naturales pueden aportar decisivamente al estudio de los sistemas sociales naturales y artificiales (**Kennedy and Eberhardt, 2001**). Esta circunstancia tanto ilustra como sostiene la tesis que se ha querido elaborar con este texto. Pues bien, el encuentro entre las ciencias sociales y humanas con las ciencias exactas, físicas y naturales en el estudio de los sistemas complejos adaptativos, esto es, sistemas alejados del equilibrio, se anticipa como enriquecedor para ambos grupos. Pero, como se observa a partir de los más recientes trabajos adelantados en el Instituto Santa Fe, por ejemplo, el diálogo entre disciplinas se hace ya no solamente necesario, sino inevitable. Su inevitabilidad está marcada por la forma en que antiguos problemas se redefinen y en que nuevos problemas aparecen, frente a todo lo cual la ciencia debe actualizar su propia lógica y heurística. Tal es, exactamente, el valor de las nuevas ciencias de la complejidad.

En un mundo marcado por un complejo procesamiento de información como resultado de la dinámica de interacciones sociales, es inevitable y evidente que los fenómenos, comportamientos y sistemas se hagan crecientemente complejos. La relación entre eventos en un medio ambiente físico y las simulaciones sugiere que los problemas emergentes pueden ser vistos, explicados y resueltos gracias a la adopción de criterios,

marcos y herramientas novedosas²⁰. Las nuevas ciencias de la complejidad avanzan un terreno importante en esta dirección.

Para terminar, quisiera radicalizar, y con ello mismo puntualizar, la idea aquí trabajada. No simplemente es posible, necesario e inevitable un diálogo entre las ciencias – ciencias exactas, físicas y naturales, y las ciencias sociales y humanas-. Más exactamente, asistimos hoy a una evidente conexión, esto es, a una tendencia a la integración, entre las ciencias naturales y las sociales. Esta conexión modifica de manera sustancial la comprensión tanto de la naturaleza como de la cultura y la sociedad humanas poniendo de manifiesto que existe una comunidad de problemas –y, por extensión de soluciones-, que son transversales, complementarias o también en paralelo. Así, no tiene ya sentido abordar un problema e intentar resolverlo en un plano sin considerar de manera seria otros planos paralelos o yuxtapuestos, contiguos o transversales. Nunca como ahora, la idea de saberes, conocimientos y prácticas complementarios cobra tanto valor y realidad. El motivo unificador de las ciencias es el reconocimiento de problemas de frontera, dando así lugar a ciencias de frontera. Las ciencias de la complejidad son, exactamente, ciencias de frontera, definidas a partir de, y posibilitadas por, problemas de frontera. La comprensión y explicación del mundo y de la naturaleza en general, al igual que las propias relaciones con la naturaleza y entre los seres humanos sufre, mediante esta conexión, una transformación radical. Ya no nos referimos a la naturaleza –a los otros, etc.-, en términos puramente objetivistas, externos y, por tanto, instrumentales. Es cierto que la complejidad es relativa al agente y se debe precisamente por la presencia y la acción del agente. Pero esta noción no adquiere ya el sentido subjetivista que la modernidad le adscribió. El agente mismo no es ya pura y simplemente sujeto, sino, de manera más precisa, se reconoce a sí mismo como una interfase entre sí mismo(a) y su entorno espacial y temporal, y los fenómenos, procesos, comportamientos y sistemas sobre los que está referido(a). Pero quizás la consecuencia más relevante del encuentro entre las ciencias sociales y las naturales es la crítica y la desaparición de la comprensión heredada del platonismo y el aristotelismo y que

²⁰ “Sometimes the world provides explanation for informational processes that have no necessary referent. A mathematical system might be represented as a set of algebraic symbols and describe the behaviors of a wide range of systems; for instance, the formula for a sine wave can be used to describe the dynamics of many kinds of systems, from electromagnetic transmissions to astronomical orbits. The abstract system itself is just that, an abstraction, but its properties can be understood by comparison to events in the world, and people have an understanding of what a sine wave is and what it does because they know of sine-like phenomena in the world. The physical world provides material for understanding ideal phenomena” (Kennedy and Eberhardt, 2001: 422).

sostuvieron la idea de una jerarquía de conocimientos, lenguajes y prácticas. Pues bien, la idea de saberes, prácticas y conocimientos jerárquicos y jerarquizados no es sino la expresión, abstracta, de jerarquías entre los seres humanos, y entre estos y el medio ambiente. Y la jerarquía supuso siempre la noción de exclusión. Con las ciencias de la complejidad, en contraste, asistimos por primera vez, en la historia de la humanidad occidental, a la codependencia, coimplicación y coevolución de los diversos conocimientos. Con ello, el mundo entero adopta una dimensión desconocida hasta ahora. Y el resultado más destacado de todos es el cuidado y el posibilitamiento de la vida en general: de la vida humana, y con ella, de la vida en general sobre el planeta; de la vida conocida tanto como de la vida tal y como podría ser (*life-as-it-could-be*). No en última instancia, en efecto, el fenómeno de máxima complejidad conocido son los sistemas vivos, o también, los sistemas que exhiben vida. Las ciencias de la complejidad son ciencias de la vida, aun cuando lo contrario no se pueda sostener.

Agradecimientos

A Eugenio Andrade, de la Universidad Nacional sede Bogotá, por sus comentarios precisos, que contribuyeron a enriquecer y hacer más inteligible este texto. A Juan Camilo Rodríguez por sugerirme una idea determinante que dio origen a este trabajo. Al CIPE, de la Universidad Externado, por el apoyo brindado todo el tiempo para la realización de esta investigación. Y a un evaluador anónimo que hizo importantes comentarios y sugerencias que ayudaron a esclarecer este texto.

Referencias bibliográficas

- Axelrod, R., and Cohen M.** 1999. *Harnessing Complexity. Organizational Implications of a Scientific Frontier*, The Free Press, New York, 184 p.
- Bak, P.** 1996. *How Nature Works. The Science of Self-Organized Criticality*, Springer-Verlag, New York, 212 p.
- Bar-Yam, Y.** 1997. *Dynamics of Complex Systems*, Addison-Wesley, Reading, MA., 848 p.
- Bonabeau, E., Dorigo, M., Theraulaz, G.** 1999. *Swarm Intelligence. From Natural to Artificial Systems.* (A Volume in the Santa Fe Studies in the Sciences of Complexity), Oxford University Press, New York/Oxford, 307 p.
- Cowan, G., Pines, D., Meltzer, D.** (eds.) 1994. *Complexity. Metaphors, Models and Reality*, Perseus Books, Cambridge, MA, 731 p.

- González Casanova, P.** 2004. Las Nuevas Ciencias y las Humanidades. De la Academia a la Política, Anthropos/ISS-UNAM, Barcelona, 478 p.
- Holland, J.** 1995. Hidden Order. How Adaptation Builds Complexity, Perseus Books, Reading, MA, 185 p.
- 1998. Emergence. From Chaos to Order, Addison-Wesley, Reading, MA, 258 p.
- Kauffman, S.** 1995. At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity, Oxford University Press, Oxford/New York, 321 p.
- Kennedy, J., Eberhart, R., with Y. Shi** 2001. Swarm Intelligence, Morgan Kaufmann Publishers, 512 p.
- Kondepudi, D., Prigogine, I.,** 1998. Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures. John Wiley & Sons, 486 p.
- Krugman, P.** 1996. La organización espontánea de la economía, Antoni Bosch, Barcelona, 167 p.
- Kuhn, Th.** 1989. “Conmensurabilidad, comparabilidad y comunicabilidad”, en: ¿Qué son las revoluciones científicas? Y otros ensayos, Paidós, Barcelona, (textos originales en inglés, 1983-1987), pp. 95-135.
- Margulis, L. y Sagan. D.** 1998. ¿Qué es el sexo?, Tusquets, Barcelona (original en inglés, 1997), 256 p.
- Nicholis, G. and Prigogine, I.** 1977. Self-Organization in Nonequilibrium Systems, Wiley-Interscience, New York.
- 1987. La estructura de lo complejo. En el camino hacia una nueva comprensión de las ciencias, Alianza, Madrid (traducción del alemán, 1987), 390 p.
- Prigogine, I.** 1962a. Introduction to Nonequilibrium Thermodynamics, Wiley-Interscience, New York
- 1962b. Nonequilibrium Statistical Mechanics, Wiley, New York, 319 p.
- 1977. Nobel Lecture in Chemistry. Time, Structure and Fluctuations, s.l.
- 1980. From Being to Becoming. Time and Complexity in the Physical Sciences, W. H. Freeman and Co., San Francisco, 272 p.
- 1993. ¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del caos al orden, Tusquets, Barcelona (textos originales en inglés, 1972-1982), 332 p.

- 1993. El nacimiento del tiempo, Tusquets, Barcelona (original en italiano, 1988), 98 p.
- 1996a. El fin de las certidumbres, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile (original en francés, 1996), 222 p.
- 1996b. El tiempo y el devenir. Coloquio de Cerisy, Gedisa, Barcelona (original en francés, 1988), 358 p.
- 1999. Las leyes del caos, Crítica, Barcelona (original en francés, 1993), 155 p.
- Prigogine, I. y Stengers, I.** 1990. La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia, Alianza, Madrid (segunda edición; original en francés, 1979; segunda edición en francés, 1986), 359 p.
- Waldrop, M.** 1992. Complexity. The Emerging Science at the Edge of Chaos, Simon & Schuster, New York, 380 p.
- Wilson, E.** 1998. Consilience. The Unity of Knowledge, Alfred A. Knopf, New York, 332 p.