

Exploración de una teoría general de la complejidad

Carlos Eduardo Maldonado*

1. Introducción

No existe una teoría de la complejidad.¹ Digamos, a título introductorio, que ciertamente no existe una teoría general o unificada –una doble expresión que será

* Profesor titular de carrera, Universidad del Rosario. Contacto: carlos.maldonado@urosario.edu.co

¹ Este texto es el resultado parcial de una investigación que adelanto en la actualidad en la Facultad de Administración de la Universidad del Rosario, centrada en el desarrollo de una teoría general de la complejidad y particular de las organizaciones, y que cuenta con antecedentes –no siempre desarrollados secuencialmente, sino, por así decirlo, en zig-zag–. Los antecedentes más directos de esta investigación son, en revistas: (2008) Beauté et science: a la recherche de l'inconnu. *Alkemie*, No. 1, pp. 73-79; (2006) Teoría de las catástrofes y teoría financiera. *Odeón. Observatorio de Economía y Operaciones Numéricas*, pp. 47-74; (2005) ¿Por qué hay múltiples lógicas? *Zero. Quince*, segundo semestre, pp. 112-117; (2003) El problema de la filosofía del conocimiento y el estudio de los sistemas complejos. *Praxis Filosófica*, No. 17, diciembre, pp. 103-120; (2003) Marco teórico de trabajo en ciencias de la complejidad y siete tesis sobre la complejidad. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, vol. IV, Nos. 8 y 9, pp. 139-154; (2000) ¿Qué es la filosofía de la ciencia? El caso de la física cuántica. *Momento. Revista de física*, No. 21, pp. 27-43; (1998) Necesidad de la razón: notas para un programa de investigación. *Estudios Leopoldenses. Serie Ciencias Humanas*, No. 152, vol. 34, pp. 103-136; en libros: (2007) *Nanotecnociencia. Nociones preliminares sobre el universo microscópico*, J. Giraldo, E. González y F. Gómez (eds.). Bogotá: Buinaima; capítulo: Filosofía de la ciencia y nanotecnociencia, pp. 69-80; (2005) *Termodinámica y complejidad. Una introducción para las ciencias sociales y humanas*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, pp. 1-205; (2005) *CTS+P. Ciencia y tecnología como política pública y política social*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia/Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, pp. 1-225; (2005) *Complejidad de las ciencias y ciencias de la complejidad* (comp.). Bogotá: Universidad Externado de Colombia (en prensa); capítulo: Complejidad y ciencias sociales. El problema de la medición de los sistemas sociales humanas, pp. 15-56; (2005) *Estética, ciencia y tecnología. Creaciones electrónicas y numéricas*, I. Hernández (comp.). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; coautor, capítulo: Heurística y producción de conocimiento nuevo en la perspectiva CTS, pp. 98-127; (2004) *Bioética y biotecnología en la perspectiva CTS*. Bogotá: Universidad El Bosque; coautor, capítulo: Construyendo la evolución. Una defensa fuerte de la biotecnología, pp. 81-104; (2004) *Causalidad o emergencia. Diálogo entre filósofos y científicos*. Bogotá: Universidad de la Sabana/Sociedad Colombiana de Filosofía de la Ciencia; coautor, capítulo: Explicando la sorpresa.

mejorada más adelante en este texto— de la complejidad; es decir, algo así como una teoría que comprenda o abarque la variedad y diversidad de temas, modelos, explicaciones y ciencias ocupadas con los fenómenos de complejidad creciente. Y sin embargo, son numerosos los textos —libros, capítulos de libros, artículos; incluso artículos especializados o científicos—, que hablan genéricamente de “teoría de la complejidad” (*complexity theory*). La verdad es que dichos textos y referencias al tema tienen, usualmente, tan solo un valor indicativo, pero en manera alguno conceptual o lógico. Quiero decir, apuntan a un terreno, pero no necesariamente —ciertamente en la gran mayoría de los casos— afirman o desarrollan una teoría de la complejidad. Dan, sencillamente, por sentado el tema.

Sin embargo, el estudio de los fenómenos, sistemas y comportamientos caracterizados por complejidad, autoorganización, emergencia y no-linealidad —por ejemplo— es creciente, cada vez más amplio y a cada paso más sólido. Basta con echar una mirada cuidadosa a lo que en términos generales podríamos denominar un estado del arte en la investigación en complejidad, para apreciar, sin dificultad, la variedad de campos, contribuciones, desarrollos y aportes que hace al conocimiento del mundo y de la naturaleza y al desarrollo de la investigación: científica, filosófica e interdisciplinar.

Puede decirse que las ciencias de la complejidad tienen dos orígenes político-administrativo-institucionalmente. El más común es el que está reseñado con todo detalle en Waldrop (1992) con la creación del Instituto Santa Fe (SFI) en Nuevo México (Estados Unidos), gracias al apoyo decidido del Citicorp y de Los Alamos National Bank. Sin embargo, menos publicitado que el SFI, hay un nacimiento anterior, dentro del cual, en realidad, viene a inscribirse la creación del SFI. El primero de los centros dedicados al estudio de fenómenos no-lineales fue el Center for Studies of Nonlinear Dynamics en el Instituto La Jolla, en 1978; luego el Santa Cruz Institute for Nonlinear Science, que creció a partir del Santa Cruz Chaos Collective, a comienzos de la década de 1980, y posteriormente el Center for Nonlinear Studies en el Laboratorio Nacional de Los Alamos, fundado

Un estudio sobre emergencia y complejidad, pp. 31-63; (2001) *Racionalidad científica y racionalidad humana. Tendiendo puentes entre ciencia y sociedad*, M. Vega, C.E. Maldonado y A. Marcos (coords.). Valladolid: Universidad de Valladolid/Universidad El Bosque; capítulo: Irracionalidad y decisión colectiva: formulación de un problema de la filosofía de las ciencias sociales, pp. 107-118; (2001) *Visiones sobre la complejidad*, 2ª ed. (1ª ed. 1999), editor y coautor. Bogotá. Capítulos: Introducción, pp. 5-8 y Esbozo de una filosofía de la lógica de la complejidad, pp. 9-27; (2001) *Contrapuntos de investigación*, pp. 1-91. Bogotá: Universidad El Bosque.

en 1980, y el Institute for Nonlinear Science en la Universidad de California en San Diego, creado en 1981 (Scott, 2007).

Como quiera que sea, estos centros e institutos dedicados al estudio de la complejidad o de los fenómenos y sistemas caracterizados por no-linealidad –dos maneras diferentes de referirse a un mismo campo y conjunto de problemas– se dan a la tarea, directa o indirectamente, de trabajar en función del desarrollo de una teoría general de la complejidad o de la no-linealidad. La forma más básica de esta búsqueda se formula en términos de los fundadores e investigadores del SFI –autores como M. Gell-Mann, K. Arrow, P. Anderson, S. Kauffman, J. Holland, D. Pines, J. Cowan, entre otros– como la búsqueda de una teoría fundamental de la complejidad, análogamente a como el tema es entendido en física, a saber: como la búsqueda de las leyes fundamentales que se encuentran en la base de la complejidad y que, por definición, deben ser leyes simples o elementales. Hasta la fecha, esta búsqueda ha resultado infructuosa, por lo menos en los términos como se formuló y se concibió esa tarea.

En cualquier caso, el trabajo en complejidad se desempeña en tres frentes: a) simulación, b) mediciones y aplicaciones particulares, y c) el de la teoría. De lejos, los frentes más fructíferos son los dos primeros, y a ellos se dedicaron, desde sus orígenes, los primeros institutos y centros, y todos aquellos que posteriormente se han creado alrededor del mundo.

2. Abriendo el mapa de una TGC

La tarea, por consiguiente, consiste en explorar un territorio cerrado, o bien en abrir o hacer (crear) un territorio inexistente. Sin embargo, a título provisional y clarificador se impone una observación.

Una teoría general de la complejidad no puede ni debe ser entendida análogamente al sentido de una teoría general del derecho, ni tampoco como una teoría unificada, tal y como se habla en física. Al respecto ya he adelantado algunas razones (ver Maldonado, 2007a y 2007b). De suerte que una teoría general de la complejidad debe ser entendida como una teoría que no simplemente abarque el conjunto o un conjunto significativo de los temas, problemas, modelos y ciencias constitutivas de la complejidad, sino, mejor, como una teoría orgánica que arroje luz acerca de las especificidades de la complejidad o la no-linealidad, en contraste –por decir lo menos– con la ciencia que no sabe de, ni trabaja con, complejidad o no-linealidad.

Quisiera aquí aportar algunos elementos que sirven como ilustración de la dirección en la que puede avanzar la exploración de una teoría de la complejidad.

Algunos ejemplos de problemas teóricos que contribuyen a allanar el camino hacia la exploración de una TGC pueden ser los siguientes: ¿qué clase de ciencias son las ciencias de la complejidad? Esto es, ¿son ciencias como la ciencia clásica, y si no lo son, entonces cómo se diferencian de la ciencia clásica de la modernidad? ¿Existe un método en complejidad? ¿Ya no tiene sentido hablar disciplinarmente en complejidad? Y si es así, entonces ¿para qué sirve la formación disciplinar, todavía en boga y la forma normal de formación en ciencia, en el sentido amplio de la palabra? ¿Cuál es el estatuto epistemológico de la complejidad? ¿Qué clase de revolución científica es la complejidad? ¿Cuáles son los grados de libertad sociales que implica?

Desde luego que mi intención no es aquí la de ser exhaustivo con respecto a la lista de los problemas teóricos que implican las ciencias de la complejidad. Por el contrario, la idea consiste, sencillamente, en poner algunos hitos (“mojones”) como señales en el camino con la doble función: a) de recordar de dónde venimos, y b) en qué dirección nos movemos.

Hacia atrás, el sentido es el de marcar el contraste que nos permita reconocer los nuevos terrenos de la complejidad; y hacia delante, la idea es la de iluminar los pasos siguientes que, tentativa pero decididamente, podemos dar hacia nuevos territorios. En lo que sigue se precisa mejor este doble sentido inverso.

No existe una teoría general de la complejidad, es cierto. Pero, ¿es posible hacer ciencia sin teoría? La pregunta concierne, de manera directa e inequívoca, al ámbito de una teoría y filosofía de la ciencia. En concreto, justamente a una teoría de la complejidad tanto como, simultáneamente, a una filosofía de la ciencia de la complejidad.

A primera vista, de manera espontánea, la idea de que no puede haber ciencia sin teoría es algo evidente, sobre todo en el contexto académico y científico. Sin embargo, al pie de la letra, existen varios casos en los que se hace ciencia sin que exista una teoría, en sentido fuerte. Con seguridad, el ejemplo más conspicuo es el caso de la biología; más específicamente, el problema de la inexistencia de una teoría general de la vida, una veta de trabajo sobre la cual, sin embargo, existen trabajos y avances sólidos aunque, hasta la fecha, insuficientes. De todos ellos, creo que el que promete más y mejor es la Teoría de Sistemas del Desarrollo (o teoría de sistemas del desarrollo), que es la perspectiva que integra a la biología

evolutiva con la biología del desarrollo en el enfoque o ciencia que ha sido denominado igualmente como Evo-Devo. De otro lado, buena parte de las ciencias sociales y humanas generalmente (¡máximo!) disponen de una teoría de rango medio, con lo cual resulta de rebote que son ciencia sin teoría en el sentido primero y más fuerte de la palabra.

El problema de una teoría general de la vida consiste, dicho sucintamente, en lo siguiente: debe ser posible alcanzar una teoría –hasta la fecha inexistente– que no solamente dé cuenta de la lógica de la vida –lo que, efectivamente, lleva a cabo la teoría de la evolución–, sino, además, de los orígenes de la vida, de manera que permita comprender y explicar no solamente la dinámica de los sistemas vivos naturales, sino, además, la de los sistemas vivos humanos y los artificiales, puesto que la vida es, esencialmente, un sistema de organización y no existe absolutamente ningún componente material u ontológico-material que permita distinguir la vida de la no-vida.

Con respecto a la teoría de la evolución, el propio Darwin advertía ya desde la introducción a *El origen de las especies* (1859) que se trata de una teoría incompleta. Quizás el mejor esfuerzo por completar esta teoría proviene de la teoría de la autoorganización y, más exactamente, a partir de los trabajos de S. Kauffman, sobre la base de las redes booleanas que se encuentran en la base de los procesos autocatalíticos. De acuerdo con Kauffman, sobre esta base sería posible avanzar en la dirección de la investigación de las leyes que subyacen a la complejidad de los sistemas vivos.

Por otra parte, las ciencias sociales y humanas disponen generalmente de teorías de rango medio. En filosofía de la ciencia se dice que una teoría de rango medio es aquella que, siendo descriptiva, tiene una dimensión meramente local, puesto que le hace falta una perspectiva más universal, cruzada o integradora. (De hecho, dicho de pasada, desde la perspectiva de las ciencias de la complejidad, hablar todavía de “ciencias naturales o positivas” y de “ciencias sociales y humanas” es un anacronismo que permanece deudor o anclado en las clasificaciones del siglo XIX, e incluso en varias de comienzos del siglo XX. A partir del reconocimiento explícito de los problemas de frontera que constituyen a ciencias de frontera, las caracterizaciones de tipo jerárquico o disciplinar se revelan como desuetas, por decir lo menos.)

Como quiera que sea, en la tarea de abrir un mapa que elucide el terreno hacia una TGC, existe un camino que ha sido abierto y pavimentado, por así decirlo,

de manera prolija. Se trata de la importancia de los estudios en torno al origen y reconstrucción histórica de una teoría. La obra de T. Kuhn se hace, en este punto, imprescindible, pero antes de él existen buenos antecedentes. Uno excelente –en el plano, particularmente, del estudio de las geometrías no-euclidianas– es el libro clásico de Bonola (1955). Desde otra perspectiva, los estudios de historia de la ciencia en términos de discontinuidades o bifurcaciones, en la línea de la obra de M. Serres (1991), constituyen otro hito obligatorio.

Ahora bien, las teorías científicas son comprendidas no únicamente a la luz de su reconstrucción histórica –que es la contribución en el caso en el que existen, en verdad–, sino, además, pueden ser estudiadas en el marco de los errores y equivocaciones de la ciencia y no ya simple, directa e ingenuamente en el sentido de los éxitos y logros alcanzados en cada paso y en cada momento –que es el terreno común, en la historia–. Asistimos, en efecto, en la historia de la ciencia, la filosofía y la cultura humana a una historia de selección de teorías, modelos explicativos y concepciones del mundo. Solo las teorías selectivamente más aptas (*fittest*) han sobrevivido, pero la historia está llena de experimentos fallidos. Podemos y debemos aprender de estos experimentos fallidos, por ejemplo a la luz de la lógica de contrafácticos, pero también en una historia de la ciencia que toma distancia de una concepción enciclopedista y presentista consistente en hechos y personajes *ex post*, triunfantes. Existen varios trabajos en esta línea en términos de historia de la ciencia.

Sin embargo, nuevamente, este procedimiento es valioso para comprender los intentos fallidos como terreno en el que se encubran, por así decirlo, y adquieren sentido, las teorías triunfantes. Pues bien, en el campo de las ciencias de la complejidad existen algunos intentos en la dirección que apunta hacia el desarrollo de una TGC. Con toda seguridad, el locus de estos intentos se sitúa en el Instituto Santa Fe (SFI), en Nuevo México, y la búsqueda de las leyes –simples, por definición–, que subyacen a la complejidad del mundo en general. Buena parte de los libros enmarcados en el SFI, particularmente en el período que cubre desde 1984 (fecha de su fundación) hasta finales de la década de 1990, son un ejemplo claro de esta búsqueda o proceso, directa y explícitamente, o al menos indirecta y tácitamente.

Quisiera, sin embargo, dirigir aquí la mirada en otra dirección. Me refiero al reconocimiento de que la ciencia –en general–, surge a través del reforzamiento de varias actividades que conforman, al cabo, un tejido más o menos tupido,

en cuyo trasfondo se realizan las diversas prácticas científicas, teóricas y académicas en general.

Un resumen escueto de esta serie de actividades –no siempre encadenadas lineal o secuencialmente–, es el siguiente (y el orden no necesariamente refiere a una genealogía rigurosa):

- i) Neologismo - metáforas: con frecuencia se trabaja en una metáfora o se acuña un neologismo para expresar un tema de trabajo novedoso, o un problema o conjunto de problemas. Es cierto que la ciencia no consiste única ni principalmente en conceptos y categorías, sino también en metáforas y, en general, en tropismos. Uno de los criterios que permiten señalar tendencias o procesos de innovación conceptual y teórica es justamente el trabajo con y el acuñamiento de neologismos y metáforas. Lo cual se dice fácilmente, pero es una obra de creación original.
- ii) Se realizan eventos académicos de importancia: en torno al nuevo campo de estudio, trabajo e investigación se comienzan a organizar eventos académicos de diversa importancia, tamaño y extensión. Usualmente se comienza con seminarios y encuentros cerrados pero, al cabo de un tiempo, y usualmente gracias a la publicación de un artículo científico destacado (*paper*) o de un libro, se organiza un encuentro internacional, que es, propiamente, el momento en el que el nuevo campo de trabajo nace, por así decirlo, organizativamente, en el mundo.
- iii) Se crean revistas especializadas consagradas al nuevo campo en emergencia: en este proceso es habitual que el primero o los primeros artículos se publiquen en revistas ya existentes y de gran prestigio. Pero es igualmente cierto que, al cabo de un tiempo, existe una tendencia a la especialización de revistas hasta el punto en el que, en algún momento, se crea por lo menos una revista internacional de primer rango dedicada a canalizar los trabajos producidos en torno al nuevo campo de trabajo propuesto.
- iv) Se constituyen colecciones editoriales: en la misma dirección que el punto anterior, es notable el hecho de que no solamente empieza una producción cada vez más consolidada de libros relacionados con el nuevo campo de trabajo, sino que, además, se crean –ya sea a nivel nacional o internacional–, diversas colecciones editoriales, dado justamente el auge

y la importancia del campo nuevo de investigación. Esto se corresponde, naturalmente, con la existencia de una masa crítica cada vez mayor interesada en una profundización y una determinada sistematización de la producción intelectual en el mundo. Estas colecciones editoriales son la señal de un trabajo editorial –en toda la línea de la palabra– creativo, de cara, ulteriormente, a la sociedad.

- v) Se conforman currículos: al comienzo, se crean charlas, conferencias, eventos académicos. Pero paulatinamente se empieza a trabajar en la inserción de módulos o de materias al interior de determinadas carreras, con un énfasis determinado en intensidad y perfiles. Al cabo, como uno de los últimos procesos de consolidación social, académica y científica, terminan creándose currículos a nivel de pregrado y de postgrado sobre los nuevos campos y teorías emergentes y en proceso de consolidación creciente. Es habitual, sin embargo, que estos currículos se implementen en primer lugar a nivel de postgrado, y que solo posteriormente se incluyan en los niveles más básicos de la formación universitaria.
- vi) Se comienzan a escribir tesis de pregrado y de postgrado sobre la nueva ciencia: como uno de los últimos momentos, por así decirlo, está el hecho, altamente significativo, de que ya no solamente se escriben artículos, capítulos de libros y libros sobre las nuevas teorías y campos de investigación, sino que, al cabo, en el proceso de formación de nuevos estudiantes e investigadores en estos nuevos campos, se comienzan a escribir tesis de pregrado y de postgrado ya sea sobre los autores o sobre los problemas novedosos. Puede decirse que cuando esto sucede, hay ya, en el mejor y más amplio sentido de la palabra, un reconocimiento del trabajo realizado en las escalas precedentes.

Un panorama, más o menos en las mismas direcciones mencionadas, puede apreciarse de manera concreta en el caso de la emergencia, primero, de la teoría del caos, y luego también de la ciencia del caos, en el libro ya clásico de J. Gleick (1988). De otra parte, pero en la misma longitud de onda, por así decirlo, el libro igualmente clásico ya de M.M. Waldrop (1993) constituye una estupenda ilustración acerca de la emergencia de una nueva ciencia y un centro académico y de investigación dedicado a la complejidad. Con respecto a ambos libros es fundamental atender al hecho de que estos procesos y dinámicas es-

tán, siempre, atravesados por factores biográficos, que alcanzan a proyectarse en algunos casos de manera singular y que pivotan alrededor de los avatares personales de algunos investigadores, profesores y académicos determinados. En otra dirección y en otro contexto, pero en la misma atmósfera, puede verse B. Mandelbrot (1997), específicamente en el capítulo XII, “De los hombres y las ideas”, en el que traza esbozos al mismo tiempo biográficos e históricos de las figuras y trabajos que sirven como antecedentes al desarrollo, por parte de Mandelbrot, de la geometría fractal.

3. Cómo no puede ser la TGC

El estudio de las teorías, en general, es un tema que no ocupa un lugar destacado en el panorama intelectual; quizás porque es considerado demasiado “técnico” por abstracto, o árido. En cualquier caso, es claro que el campo al que pertenece el tema forma parte de la filosofía de la ciencia (Stegmüller, 1983). El tema de las teorías consiste en el estudio de tres aspectos, así:

- Cómo surge una teoría científica.
- Qué es y cómo se sostiene una buena teoría.
- Cómo se eliminan o se suprimen las teorías científicas.

Estos tres aspectos se encuentran estrechamente entrelazados y, desde una perspectiva clásica, puede decirse que, en general, forman parte de la epistemología y la filosofía de la ciencia, pero, en particular, son el objeto propio de la lógica (dicho en general) y de las matemáticas –incluida, necesariamente, la filosofía de las matemáticas–. Desde este punto de vista, una teoría acerca de las teorías –esta es una expresión genérica– comprende elementos tales como una teoría de modelos –que sí existe–, una teoría de la demostración –formulada originariamente por D. Hilbert, pero que ha tenido desarrollos propios, independientemente del espíritu y contexto que le adjudicara Hilbert–, en fin, igualmente, una teoría de las categorías.

Quisiera aquí formular tres tesis que me propongo defender –parcialmente con este texto, y globalmente con la investigación que adelanto sobre el tema–; tienen la función crítica –*pars destruens*– de allanar, por vía negativa o de contraste, el camino exploratorio hacia una TGC y se implican recíproca y necesariamente.

En rigor, la primera cumple la función de soporte para las otras dos, que son, a su vez, simplemente variaciones de la primera.

Tesis 1: no es posible una teoría general de la complejidad en el sentido de una teoría unificada (teoría de campo), o como una teoría general (en el sentido del derecho).

Las razones que sostienen a esta primera tesis son, respectivamente, las siguientes. Una teoría unificada –a la manera de la física que busca la unificación de las cuatro fuerzas fundamentales (la fuerza fuerte, la débil, la gravitacional y la electromagnética); aunque también puede y debe ser vista como la teoría que busca la unificación de la mecánica cuántica y de la teoría de la relatividad– es en realidad una teoría reduccionista que adopta como modelo y patrón, consiguientemente, a la física. Una teoría general de la complejidad no adopta como estándar una (sola o única) ciencia determinada. Por el contrario, es, por decirlo de alguna manera, una teoría de carácter inter o transdisciplinario. Asimismo, una TGC tampoco es a la manera de la teoría general del derecho por cuanto no establece marcos, criterios ni límites al interior de los cuales se inscribe el *rationale* del derecho. Exactamente en este sentido, una teoría general del derecho es igualmente reduccionista y, así, no sirve como *analogon* a una TGC.

Tesis 2: no es deseable ni tampoco es necesaria una teoría general de la complejidad en cualquiera de estos sentidos.

El espíritu de la complejidad –de hecho su programa mismo– es ajeno a cualquier filosofía de tipo reduccionista. También en este sentido, una TGC no puede ni debe ser una teoría disciplinaria, como lo han sido todas las teorías hasta la fecha. De hecho, el reduccionismo coincide plano por plano con la disciplinariedad. De esta suerte, el sentido de esta segunda tesis consiste en afirmar que la exploración de una teoría de la complejidad puede tener un carácter cruzado, disciplinarmente hablando, y que, sin embargo, sea lo suficientemente amplia o comprensiva como para iluminar un espectro fundamental del universo o de la realidad, en general. Tradicionalmente todas las teorías han sido –o han querido ser– concluyentes y conclusivas, teorías cerradas en el sentido de que explican suficientemente el mundo o una parcela del mundo, en contraste con otras parcelas o con otros modelos explicativos. Pues bien, la dimensión de la complejidad o de la no-linealidad no admite ninguna de estas opciones.

Tesis 3: una TGC no debe ser axiomática.

Aquí cabe una analogía con la situación en matemáticas. De un lado, la geometría euclidiana establece que una teoría solo puede ser deductiva y con fundamento en determinadas verdades que son, para decirlo en lenguaje clásico, naturales a la razón y que no requieren por tanto de demostración. Se trata de los axiomas. Este paradigma teórico tiene como basamento a la geometría, hasta el punto de que todas las teorías modernas en ciencia, tanto como en filosofía, son posibles y admisibles solamente *more geometrico*. Sin embargo, a raíz, particularmente, del surgimiento de las geometrías no-euclidianas se produce una crisis en las matemáticas y, por extensión, en el paradigma deductivo de las teorías. Esta crisis se conoce parcialmente como la crisis de los fundamentos de las matemáticas y también, desde otro punto de vista, como la crisis de la axiomática (de Lorenzo, 1980). Por decir lo menos, a partir de ese momento se hizo claro que no era necesario ni tampoco deseable que una teoría tuviera un carácter axiomático o axiomatizable. Hicimos, en consecuencia, el aprendizaje de que son posibles otras clases de teorías. La manera escueta de decirlo aquí, a título exploratorio, es que se trata de teorías que no se fundan en axiomas de ninguna índole. En esta historia K. Gödel desempeña un papel fundamental. Desde otro ángulo cabe decir que la teoría que buscamos tiene un carácter híbrido.

Ahora bien, ¿cuál es, propiamente, la necesidad de una teoría? ¿Cuál es la función social y el valor de una teoría? Estas preguntas se encuentran lejos de ser asuntos claros o evidentes. Por el contrario, son numerosas las voces y los intereses que desestimarían la importancia del trabajo de elaboración de una teoría, que es, al fin y al cabo, un asunto referente a la investigación básica, en medio de un clima social, académico e intelectual que sospecha de la importancia y la necesidad de las teorías y que, por el contrario, recalca de diversas maneras y con acentos distintos la necesidad de adelantar investigación experimental y aplicada, en nombre de la importancia *a priori*, del impacto social. Impacto social del conocimiento, impacto social de la investigación. Por este camino, la innovación tiene el riesgo de ser relegada a lugares secundarios en nombre de la pertinencia, la relevancia y el impacto social del conocimiento.

N. Bobbio es una de las voces que se escuchan con claridad, en medio de un coro atonal, que le canta a la inutilidad o irrelevancia de la investigación básica a favor de la investigación experimental y aplicada. El campo al que se refiere

Bobbio específicamente es el de los derechos humanos. Para este autor los derechos humanos no tienen que fundamentarse, sino que tienen que ser defendidos.

Es cierto que la intención de Bobbio pudiera leerse –con beneficio de la duda– en el sentido de una crítica a un espíritu fundacionalista, por ejemplo, en consonancia con la manera en que se trató, durante mucho tiempo, de la importancia y urgencia de la fundamentación de las matemáticas.

Esta observación en torno a Bobbio no debe entenderse aquí en el sentido –ese sí acertado– de que los trabajos y los esfuerzos de fundamentación son vanos e inocuos, sino, mejor, en el sentido de que un trabajo teórico –que Bobbio entiende, desafortunadamente en el sentido exclusivo de una fundamentación– no es necesario, y lo que se impone a la orden del día es un trabajo práctico –casi de activista– de defensa y promoción de los derechos humanos.

Las teorías científicas constituyen el ser mismo de los fenómenos, en general, en cuanto que un fenómeno, comportamiento o sistema no son tales si no encuentran una explicación al interior de un modelo teórico. La teoría no simplemente contiene y expresa el ser mismo de las cosas, sino, además, arroja luces de comprensión acerca de lo que sucede en el mundo, cómo sucede, e incluso acerca de lo que deja de tener lugar.

4. El problema de las teorías en el contexto nacional y latinoamericano

Dicho en términos generales, un defecto bastante extendido en el contexto de los países de América Latina es el hecho de que la mayor parte de la educación sucede de espaldas al estudio, discusión, reconstrucción y crítica de las teorías. El grueso de la educación –*normal* (T. Kuhn)– se compone de una serie de áreas y componentes que son en realidad auxiliares o subsidiarios. Se trata de elementos tales como ética, epistemología (en sentido instrumental generalmente, cuando no con un espíritu fundacionalista), historia, técnicas y métodos determinados, y demás. Pero el núcleo de la educación no son las teorías ni, por consiguiente, las referencias y correspondencias con el mundo y con las prácticas sociales, por ejemplo.

Sería deseable, por decir lo menos, que la educación universitaria pivotara en torno a los tres ejes mencionados con anterioridad, a saber: el estudio de las teorías científicas constitutivas de cada disciplina, cómo surgen, se defienden y son suprimidas estas teorías. Se relegaría de este modo al resto de los compo-

nentes en boga en los currículos a lugares periféricos. Este giro no solamente permite una visión de profundidad, sino que además establece puentes y vasos comunicantes sólidos con otras teorías, modelos explicativos, en fin, procesos históricos y lógicos que definen las dinámicas de las ciencias y disciplinas en general. Esta observación, desde luego, es igualmente válida para las ingenierías y no debería ser omitida incluso en la formación técnica.

La situación de un país como Colombia es, al respecto, sencillamente dramática, si no crítica. De acuerdo con un informe reciente (2006) de Colciencias, Colombia se encuentra apenas en una etapa premodélica. Esto significa, visto en perspectiva histórica, que Colombia es un país medieval, educativa, cultural y científicamente hablando.

En efecto, como se recordará, desde el punto de vista filosófico el factor determinante que permitió el final de la Edad Media y el surgimiento de la Modernidad –atravesando el Renacimiento– fue justamente la constitución de teorías. Galileo, Kepler y Copérnico son los ejemplos más conspicuos, pero con seguridad en otras áreas pueden mencionarse otros. Basten aquí las referencias a estos tres casos procedentes de la física. Pues bien, lo propio de la obra de estos científicos consistió en haber formulado modelos teóricos –en el caso de Galileo principalmente–, sobre todo a partir de la concepción de experimentos mentales.

En otras palabras, la Edad Media se caracteriza por el hecho de que carece de teorías y de modelos explicativos –en el sentido preciso que el término adquirirá gracias a los desarrollos científicos de la Modernidad–. Ser medievales significa carecer de, o ignorar las teorías (por eso solamente se posee “metafísica”). Por el contrario, ser modernos significa estar cargados de teorías, discutir las, criticarlas –y por derivación experimentos, observaciones y demás– y enfrentar el problema específico de la defensa y eliminación de teorías –mediante criterios como la verificación, la falseación, la aceptación sociológica (comunidades científicas y académicas y su relación con la sociedad en sentido amplio: perspectiva de los estudios CTS)–.

Como quiera que sea, el siguiente esquema en términos generales resume el topos de una teoría:

Explicación – Modelos – Teoría – Ciencia

|

Simulación

El sentido de este gráfico es señalar que la finalidad de la ciencia, en general, es la de lograr explicar los fenómenos. Para ello apela a la formulación de un modelo (o varios, según el caso) gracias al cual es posible, posteriormente, elaborar una teoría. Gracias a ello emerge una ciencia o, en términos generales, un nuevo campo científico o de investigación. Gracias al desarrollo y la importancia del computador es perfectamente posible que en el tránsito de la explicación hasta la teoría pueda tener lugar una simulación, de tal suerte que en varios casos, la simulación viene a ocupar el lugar de los modelos en el camino hacia la constitución o formulación de una teoría.

Puede decirse que América Latina ha realizado hasta la fecha cuatro contribuciones claras, en el campo de teorías y modelos, a la historia de la humanidad. Con una importancia y reconocimiento desiguales –debido principalmente a la inscripción o la resonancia social de una determinada teoría o ciencia ante la sociedad–, estas contribuciones son las siguientes:

- a) R. Prebisch - Teoría del desarrollo (CEPAL).
- b) M. Max-Neef - Desarrollo a escala humana.
- c) H. Maturana y F. Varela - Autopoiesis.
- d) N. da Costa - La lógica paraconsistente (o lógicas paraconsistentes).

Es cierto que a estas contribuciones pudieran agregarse, ya en un sentido eminentemente práctico y no tanto teórico, dos contribuciones desiguales. La primera sería la válvula de Reynolds, desarrollada por el cardiólogo colombiano Carlos Reynolds y de amplio reconocimiento e implementación mundial. De otra parte, puede citarse la investigación –hasta la fecha inacabada– de Manuel E. Patarroyo acerca de la vacuna sintética contra la malaria.²

² En esta historia deben mencionarse los tres premios Nobel que tiene en ciencias América Latina –con todo y el reconocimiento de que varios de ellos no trabajan en el continente–, así como, de otra parte, varios profesores que han colaborado en equipos que han obtenido, igualmente, el premio Nobel.

Puntualizando: la relación entre teoría y ciencia puede ser aquí condensada en dos elementos, cuyo mérito consiste en establecer el piso común de lo que hasta el momento ha sido una teoría científica. Al respecto, es importante recordar que el concepto de teoría implica de manera necesaria el concepto de ciencia o también, en un espectro más amplio, el de investigación (científica). La filosofía no se compone de teorías ni, en el sentido tradicional de la palabra, sabe de teorías. Lo suyo es, justamente, la filosofía, que ocupa un lugar y una dimensión diferentes a los de las teorías. A lo sumo, la filosofía sabe de las teorías gracias a vías de acceso como la filosofía de la ciencia o la historia de la ciencia. En resumen, los dos elementos clásicos de las relaciones entre teoría y ciencia son:

- Importancia de comprender a la teoría no como un componente de la ciencia, sino como una unidad de explicación. En estrecha relación con esto:
- Una teoría es una unidad de explicación de dominios del mundo, dimensiones de la realidad o escalas temporales.

5. Exploración de la TGC

En lo que sigue quisiera plantear algunas modalidades o posibilidades de lo que podría ser o cómo podría ser una teoría –de carácter general o universal– de los fenómenos caracterizados por complejidad creciente. Para efectos pedagógicos y lógicos presento estos rasgos de una TGC de manera breve, aunque hay que advertir, de un lado, que existen serios nexos entre varios de ellos, y de otro, que la consideración acerca de la plausibilidad de estas modalidades o posibilidades exige un trabajo más elaborado de ponderación, que queda para otro momento y lugar. Con esto quiero decir dos cosas: una, que la presentación que sigue no implica en manera alguna jerarquía; y la segunda es que puede ser posible que varios de estos rasgos se enlacen en el momento de la constitución de la TGC. Si y cómo quedan enlazados es, sin embargo, el trabajo de otro texto que queda para otra ocasión.

5.1. Síntesis

Buena parte de las teorías científicas han tenido lugar como síntesis. El caso más claro es, desde luego, la teoría de la gravitación universal desarrollada por Newton, aunque podrían mencionarse otros casos. La síntesis es una forma de

creatividad consistente en el desarrollo de una nueva idea a partir de otras pre-existentes, pero de tal forma que la nueva idea concebida es más que las ideas anteriores y no podía ser anticipada simplemente mediante el (re)conocimiento de estas. Tan solo se puede ver el proceso creativo *ex post*. En este sentido, una teoría como síntesis es un resultado emergente que no cabía anticipar a partir de los elementos preexistentes, pero cuya génesis sí puede ser explicada y reconstruida una vez que la nueva teoría ha sido formulada.

Si ello es así, cabe preguntarse con total naturalidad: ¿es posible una teoría general de la complejidad como síntesis? La respuesta espontánea es que sí puede serlo. La parte verdaderamente significativa –y difícil– consiste en la identificación de los elementos teóricos preexistentes a dicha teoría. La dificultad consiste, en efecto, en el reconocimiento de aquellos elementos –modelos, explicaciones, simulaciones, teorías, etc.– que pueden servir, por así decirlo, de caldo de cultivo para la nueva teoría. Un avance en esta dirección se encuentra en Maldonado (2007b).

La complejidad de la teoría (llamada provisoriamente aquí TGC) radica en que se encuentra en algún lugar intermedio entre el caos, los fractales, la termodinámica del no-equilibrio, las lógicas no-clásicas, la teoría de catástrofes y la ciencia de redes.⁵ Sin embargo, es fundamental advertir expresamente que la TGC no se reduce a alguna de ellas. Mejor aún, es una teoría de orden superior, en el sentido preciso en que se habla en lógica y en filosofía de la lógica de lógicas de segundo orden y/o de orden superior. En este sentido:

5.2. Teoría de segundo orden

La TGC es o puede ser una teoría de segundo orden (también en el sentido que en las matemáticas D. Hilbert le otorga a este concepto). En términos generales es importante, en la tarea de exploración de la teoría de los sistemas complejos no-lineales, tener en cuenta que las lógicas no clásicas pueden servir de guía, en contraste con la lógica formal clásica (que es la lógica simbólica o lógica matemática).

Quizás, como una analogía, podría pensarse en la TGC –en cuanto teoría de segundo orden– a la manera de la metamatemática, propuesta y desarrollada por

⁵ Para una visión general de las ciencias constitutivas de las ciencias de la complejidad, cfr. Maldonado (2005b).

D. Hilbert a raíz de la crisis de los fundamentos de las matemáticas. (Como se recordará, a esta crisis Hilbert propuso dos alternativas de una importancia y de una extensión desiguales: de un lado, la teoría de la demostración *–Beweistheorie–*, que, con algunas variaciones importantes sobre las propuestas originales de Hilbert, puede decirse que todavía está vigente; y de otro, la metamatemática, que, *à la lettre*, consiste en el estudio de los símbolos que emplea la matemática.)

Ahora bien, de cara a la elucidación de lo que sea pensar complejamente, el reconocimiento de la pluralidad de inferencias y, muy específicamente la importancia de las inferencias no-adjuntivas, puede ser un aspecto que contribuya de manera significativa en la exploración propuesta. Pero ello no debería ir en desmedro de otros contenidos y preocupaciones propios de ese conjunto amplio que son las lógicas no-clásicas, más adecuadamente llamadas lógicas filosóficas, con toda seguridad una de las aristas más sugestivas en el estudio de los fenómenos complejos no-lineales.

La complejidad *–es claro–* no lo es todo, y una teoría general de la complejidad, por tanto, no se aplica o se refiere a todos los fenómenos, ni siquiera a todos los fenómenos complejos. En este sentido, un tema constitutivo de la teoría de la complejidad puede ser el de establecer los criterios de aquellos fenómenos, comportamientos o sistemas complejos que entran nuclearmente en ella *–lo cual significa, en contrapartida, que no todos los fenómenos deben ser incluidos, necesariamente–*. De esta suerte, la teoría puede cumplir no tanto un papel normativo o prescriptivo, cuanto que debe servir de luz para iluminar los flujos, procesos, dinámicas y evoluciones que son característicos de la complejidad.

Dicho de una manera precisa, la *–TGC–* no debe ocuparse tanto de objetos (“fenómenos”), cuanto de dinámicas o procesos. Aquí radicaría su principal novedad. Los objetos quedan así relegados a los procesos, lo cual no es sino una variante de la expresión que afirma que en complejidad la función es condición de la estructura.

Pues bien, que la teoría pueda ser de segundo orden tiene implicaciones fundamentales para el problema de la medición *—edición de la complejidad—*, que es con toda seguridad una de las puntas de lanza del estudio de la complejidad creciente. Digámoslo de manera lapidaria: de acuerdo a uno de los postulados centrales de la filosofía de la ciencia una teoría que explica todo no explica nada. Es decir, una teoría de la complejidad no se ocupa de medir todos y cada uno de los fenómenos complejos, con todo y el reconocimiento de que la medición

no consiste ni se agota, en la ciencia de punta contemporánea y, *a fortiori*, en complejidad, en un dato numérico, como era efectivamente el caso en la ciencia de la modernidad.

5.3. Teoría subdeterminada

Prigogine, primero, y luego también S. Kauffman han puesto de relieve –con seguridad con mayor énfasis en el caso del segundo–, la posibilidad, la validez y la importancia de que una teoría general de la complejidad pueda ser una teoría subdeterminada.

Se dice que una teoría es subdeterminada en el espíritu de la indeterminación y de la decoherencia de la mecánica clásica. Esto significa que no es necesario conocer el mundo en todos sus detalles para explicarlo y para actuar y vivir en él, tanto como tampoco es necesario que el futuro esté dado de antemano y de una vez y para siempre. Por el contrario, es específico de los fenómenos complejos el hecho de que son, por definición, objetos o procesos inacabados, lo cual no significa en manera alguna que la teoría de la complejidad haya de ser una teoría de rango medio, sino, mejor, que tenemos entre manos la eventualidad de una teoría que gradualmente se hace más y más determinada pero que no llega a serlo de una manera taxativa o concluyente.

En este sentido es fundamental atender al hecho de que la complejidad es, en general, ciencia de flujos –no de objetos– en el sentido tradicional o positivista de la palabra. Por consiguiente, la finalidad de la TGC no es otra que la explicación de los flujos, de las bifurcaciones, inestabilidades, equilibrios dinámicos, transiciones de fase a partir de los estados y puntos críticos, pero esto tiene lugar, justamente, como una determinación gradual, inacabada e incompleta de aquello de lo cual se trata en complejidad. Es esto lo que se denomina como una teoría subdeterminada. La historia de las teorías –científicas y filosóficas– en sentido usual no conoce, en absoluto, algo semejante. Aquí se encuentra con toda seguridad una fuente de dificultades –sociológicas, psicológicas, lingüísticas, en fin, epistémicas–. Este reto, hay que decirlo, no es menor, y a una TGC –suponiendo que haya de ser una teoría subdeterminada– la esperan serios desafíos no solamente de cara a las comunidades científicas y académicas, sino también de cara a la sociedad, en sentido laxo.

Es posible, a la luz de lo que precede, sostener que la TGC puede y debe ser vista como una teoría de la contingencia, en el sentido preciso en que, por

ejemplo, S.J. Gould entiende el estudio de la evolución, a saber: como el estudio de fenómenos y procesos esencialmente contingentes. Como la vida misma.

La dificultad estriba en el reconocimiento de que la ciencia occidental tradicionalmente se ha caracterizado por una búsqueda de lo necesario, lo permanente, en fin, lo sustantivo. Existe aquí, en contraste, una vía de aproximación al pensamiento oriental, como el budismo o el hinduismo cuando afirman que el mundo es esencialmente una ilusión. La obra de F. Varela se sitúa en esta dirección; pero aquella abierta y elaborada por Gould tiene un espíritu diferente y, sin embargo, congruente.

Una posibilidad, a todas luces plausible, de cómo puede ser explorada la teoría de la complejidad consiste, en este sentido, en el reconocimiento de que pensar en términos de complejidad equivale a pensar en términos de conjuntos: Cantor, Serpienski, Koch, Julia, Mandelbrot - Mendeleiev, aunque no necesariamente en el sentido técnico que en matemáticas tiene la teoría de conjuntos (*set theory*). Existe aquí una dificultad grande. La mejor manera de abordarla consiste en afirmar que pensar en complejidad equivale no tanto a pensar en términos algebraicos cuanto en términos geométricos; notablemente, en términos de topología y de congruencia.

Es cierto que la complejidad se compone y se articula de una pluralidad de teorías y de modelos. Por ejemplo, en el caso de las teorías, el caos, las catástrofes, las turbulencias, las bifurcaciones, la teoría Arrow-Debreu, y otras más. Y en el caso de los modelos, los del Panadero, de Rössler, de Henin, computacionales (por ejemplo los desarrollos de Ch. Langton y de J. Holland con la vida artificial y los algoritmos genéticos). Pero si ello es así, en realidad la situación se invierte en el sentido de que estos modelos y teorías sí son o serían determinados, pero la TGC es o sería subdeterminada.

6. Rasgos de una TGC

A título estrictamente exploratorio cabe precisar –por lo pronto en forma de hipótesis, hay que recalcarlo– los rasgos generales (= aires de familia, por así decirlo) de la futura teoría de la complejidad en sentido fuerte. Estos rasgos son los siguientes:

- i) Es una teoría incompleta e imperfecta: la incompletud debe ser entendida en el sentido del teorema (en rigor los dos teoremas) de K. Gödel que

acusa o evita el carácter tautológico de una teoría; y la imperfección hace referencia al hecho de que los fenómenos caracterizados por complejidad creciente son esencialmente inestables. Ello, sin embargo, no debe significar, en manera alguna, que la complejidad sea fea. Por el contrario, los fenómenos y sistemas complejos son altamente simétricos; solo que se trata de una simetría que no termina en el tiempo.

- ii) Es una teoría indecible e inacabada: la indecibilidad debe ser entendida en el sentido de A. Turing en cuanto que no tiene una única solución. En relación estrecha con ello, el inacabamiento hace referencia a que la complejidad es, en general, ciencia de la vida; es decir, de sistemas vivos o que exhiben vida. Un referente claro de esta última idea son las estructuras disipativas, que permiten comprender mejor que los sistemas vivos son un caso particular de los sistemas físicos, salvo que por la física no hay que entender ya, en absoluto, a la mecánica clásica o relativista, sino la “nueva física” en la que el concepto de “estructura disipativa” atraviesa y constituye a la vez ambas instancias, superando, así, el dualismo física - biología.
- iii) Es una teoría evolutiva: la de la evolución es, hasta la fecha, la mejor teoría que se ocupa de procesos y dinámicas. Ahora bien, dado que la teoría de la evolución es una teoría inacabada e incompleta, existen, de parte de la complejidad, diversos ensayos, varios de ellos muy fructíferos, por complementarla. El más exitoso es la teoría de la autoorganización, que, por lo demás, se encuentra en la base de la ciencia de las conexiones (*science of connections*) desarrollada por D. Watts, S. Strogatz y L. Barabasi, notablemente.
- iv) No es una teoría de origen disciplinar: así como la ciencia contemporánea se caracteriza, en marcado contraste con la ciencia clásica, por el hecho de que es imposible explicar o abordar un fenómeno sin atender al mismo tiempo a otros o al entorno en el que se inscribe dicho fenómeno, asimismo es imposible una teoría de la complejidad que sea a la manera de las teorías tradicionales, es decir, como teorías disciplinares. Por decir lo menos, tenemos entre manos la posibilidad de una teoría híbrida, algo que constituye a todas luces un escándalo, cuando se la compara con las teorías habituales en la historia.

- v) Es una teoría abierta: no solamente los fenómenos y sistemas complejos son abiertos –lo cual significa el reconocimiento explícito de que, en contraste marcado con lo que sostienen los enfoques sistémicos, no existen ni son posibles los sistemas cerrados o aislados–, sino, justamente por ello, es absolutamente imperativo que la teoría de la complejidad sea abierta; por tanto, no puede ser en manera alguna concluyente y conclusiva acerca de las dinámicas complejas, sino una teoría en continuo proceso de perfeccionamiento o acabamiento. En este sentido, tenemos entre manos la idea de una teoría general que coincide, plano por plano, con la filosofía, en el mejor y menos dogmático de los sentidos; esto es, la filosofía como búsqueda, reflexión y crítica. Solo que la teoría que buscamos tiene, además y de entrada, un talante al mismo tiempo científico.
- vi) Es una teoría con incertidumbre (de espíritu probabilístico): dado que vivimos en un universo probabilístico (y que, de consuno, la teoría de las probabilidades constituye uno de los núcleos duros de las matemáticas en general –*hard core*–), la teoría sobre dicho universo debe ser necesariamente de índole o espíritu probabilístico. Esta es una idea que aún exigirá en el futuro de mayores y mejores consideraciones.
- vii) Es una teoría de mundos posibles: el mundo real es tan sólo uno de muchos mundos posibles, lingüísticamente hablando. Esto quiere decir, en consonancia con las lógicas no-clásicas, que es posible e incluso necesario pensar en modos distintos del indicativo, por ejemplo en el modo condicional o en el modo subjuntivo. Podría decirse, igualmente, que pensar en términos complejos equivale a pensar en términos difusos, modales o polivalentes, pero lo cierto es que la incorporación misma de las lógicas de la relevancia y paraconsistentes, al lado –por así decirlo– de la lógica del tiempo, o la lógica cuántica, también permite expresiones y aproximaciones semejantes a la estrictamente modal. El universo reales solamente un caso –local– de un mundo inmensamente más amplio y rico: el mundo de las posibilidades. Aquí la complejidad se funda en lo mejor del espíritu de las matemáticas contemporáneas y, por lo demás, de la cultura científica contemporánea o de punta, que es altamente contraintuitiva.

viii) La arquitectura de la complejidad es precisa, lo cual significa que el estudio de los sistemas caracterizados por inestabilidades, fluctuaciones, emergencias, autoorganización y no-linealidad, por ejemplo, no es algo que haya que tomar como un tema próximo al relativismo. En otras palabras, la teoría general de la complejidad, que exploramos aquí, es con toda seguridad una teoría formal, ya que el rigor –sintáctico, semántico, conceptual, matemático, computacional– no es algo que desechar o menospreciar. La exigencia y la demanda de rigor es un asunto incuestionable y que no admite dilaciones. Solo que se trata de una formalidad diferente a la de la ciencia clásica; dicho en términos filosóficos, distinta del positivismo, el neopositivismo o los criterios de la filosofía de la ciencia clásica que llega hasta K. Popper.

Ahora bien, las teorías científicas y filosóficas tienen siempre, naturalmente, un fundamento antropológico. Aquí vale la pena señalar lo que en otro contexto ha observado Y. Bar-Yam. Me refiero específicamente al carácter de la complejidad como guía en un cuadro ocupado por temas antropológicos, en el sentido al mismo tiempo más fuerte y amplio de la palabra.

La civilización humana, observa Bar-Yam, no parece ser un sistema complejo debido a dos razones fundamentales. De un lado, el hecho de que no interactúa con otros sistemas complejos del mismo tipo; y de otra parte, y al mismo tiempo, su respuesta al medioambiente no es, manifiestamente, compleja (Bar-Yam, 1997: 793).

A simple vista, estos dos rasgos mencionados podrían no ser cruciales si el escenario fuera el de la discusión de cualquier otra teoría. Pero en el marco de exploración de una teoría de la complejidad, el límite fáctico –*Faktizität*– de que no hayamos (hasta la fecha) interactuado con otros sistemas complejos semejantes impone una señal de advertencia justamente sobre el carácter abierto, incompleto e imperfecto de la teoría. Lo cual no significa, en absoluto, que este reconocimiento abra las puertas para posturas de tipo relativista, escéptico o ecléctico con respecto a las posibilidades de formular una teoría de gran envergadura y de amplio espectro acerca de los fenómenos caracterizados por complejidad creciente, cuando la especie humana misma constituye uno de estos tipos de sistemas y, más aún, el límite superior de los mismos. Por el contrario, creo que aquí se sientan las bases para el reconocimiento explícito de que la teoría

buscada –en consonancia con la dimensión de estudio considerada– implica una revolución radical, inaudita cuando se la mira con los ojos del pasado. Nos encontramos ante una nueva forma de racionalidad, en el sentido al mismo tiempo más amplio y fuerte de la palabra.

Precisamente por ello las respuestas del ser humano, o mejor todavía: de la teoría de la complejidad, significan la mejor disposición para afrontar los retos del medioambiente de una manera para la cual esta teoría aporta –debe aportar, por lo pronto– facultades y capacidades de nuevo tipo, distintas aunque quizás complementarias de las suministradas por la cultura científica y filosófica tradicional. La única observación puntual aquí es que “medio ambiente” es en realidad el título de un conjunto de problemas que hacen referencia a la naturaleza, al mundo, incluso a escalas cósmicas, pero que adopta también un especial significado cuando se lo asume en términos temporales, hacia el futuro –inmediato, a mediano y a largo plazo–. Encontramos aquí las raíces del carácter abierto e indeterminado de la teoría, análogamente a como el concepto mismo de medioambiente es –esencialmente– indeterminado.

Como se aprecia fácilmente, la teoría de los sistemas complejos inestables, al mismo tiempo que explica los fenómenos de complejidad creciente, modifica el modo como nos vemos a nosotros mismos y al mundo. Es cierto que este rasgo es válido para otras teorías en general –algo que ha sido puesto de relieve en múltiples ocasiones por parte de la historia y la filosofía de la ciencia–. Pero lo verdaderamente significativo estriba en el reconocimiento explícito de la revolución que es la complejidad.⁴

No obstante el punto de vista de Bar-Yam, existe otra perspectiva distinta. De acuerdo con E. Laszlo (1993), como especie y como individuos somos mucho más complejos y evolucionados que los sistemas en los cuales vivimos, lo cual equivale a decir que la nuestra es una posición privilegiada sobre cuyas bases se sentarían mejores fundamentos para la comprensión y explicación de la complejidad del mundo y de la naturaleza.

Personalmente, tengo serios motivos para dudar que la tesis de Laszlo sea más sólida que la de Bar-Yam. Pero no es este el núcleo del estudio aquí. Lo que interesa por lo pronto –además de mostrar, de pasada, un contraste fuerte entre dos posturas acerca de las raíces y las potencialidades de la comprensión y expli-

⁴ Al respecto, véase el texto de D. Campos en este mismo libro (*supra*).

cación que una teoría puede suministrar– es poner de manifiesto que la teoría de la complejidad no es una teoría inmaculada en el sentido de que está exenta de discusiones que circundan o que se alimentan de campos como la antropología, la sociología, la historia misma –los cuales eran considerados como elementos externos a las teorías (I. Lakatos)–. Pues bien, quiero afirmar expresamente que la exploración de una teoría general de los sistemas complejos no-lineales no solamente no puede ser ajena, sino que, por el contrario, se siente directamente interpelada por elementos, rasgos, aspectos y contextos que aparentemente eran ajenos a las teorías. Esta idea tiene que ver exactamente con el carácter o incluso, si se prefiere, con la definición misma de la complejidad.

Lo que sí es posible sostener, con la ayuda de Laszlo, es que existen elementos distintivos de la complejidad que imprimen una impronta en la teoría buscada. Estos elementos, aquí, hacen referencia a tres características de los procesos caracterizados por complejidad creciente que, afirmamos, inciden de manera necesaria en los propios rasgos o características de la teoría buscada. Estos son:

- a) Los sistemas fuera del equilibrio son mantenidos por ciclos catalíticos dentro de los flujos de energía duraderos;
- b) La alternancia de determinado orden en períodos de estabilidad con estados de caos creativo durante las bifurcaciones es un rasgo determinante;
- c) La tendencia estadística hacia una mayor complejidad en niveles de organización secuencialmente más elevados constituye un vector claro en la arquitectura de los sistemas complejos no-lineales (Laszlo, 1993: 148).

Es posible afirmar que el conjunto de los rasgos esbozados puede condensarse en, por así decirlo, un “rasgo (o aire) de familia”, a saber: se trata de una teoría transicional. La familia a la que hace referencia la teoría es aquella cuyos apellidos son: dinámica evolutiva, termodinámica del no-equilibrio, no-linealidad, conexiones con no más seis grados de libertad, etc. Y se caracteriza como una teoría transicional en un doble sentido: de un lado, en tanto el problema de base son dinámicas evolutivas no-lineales y, de otro, en tanto la teoría misma se encuentra en estado embrionario, con todo y que aún no podamos establecer aspectos claros y distintos. Trazando una analogía con la biología del desarrollo, se trata de aspectos tales como: determinar el sexo, el normal desarrollo del

embrión, eventuales anomalías o, por el contrario, un estado de salud normal, y otros semejantes.

Como quiera que sea, es importante atender, en general, a los tres frentes de trabajo en complejidad –simulación, medición y teoría–, pero, en particular, con respecto al problema –a todas luces fundamental– de la medición de la complejidad de un sistema determinado. En este sentido se trata, de cara a la ciencia tradicional, de poner expresamente sobre la mesa, a plena luz del día, la transición de la explicación de la complejidad de determinados fenómenos y sistemas a la medición de sus grados de complejidad. En determinadas ocasiones, en esta transición, las simulaciones pueden contribuir en la medida en que justamente permiten ver lo que sin ellas no podría representarse, dinámicamente, acerca de la complejidad creciente de un sistema o fenómeno determinado.

Pues bien, ulteriormente se trata, expresamente, de la transición hacia la elaboración de una teoría sobre las transiciones entre sistemas complejos, y de unas mediciones a –o con– otras.

7. En el camino hacia una TGC

Dicho de una manera general, la lógica tiene el mérito de servir de instrumento o criterio para el trabajo con rigor, exactitud, formalización y abstracción. Independientemente de la discusión histórica –siempre importante y sensible– acerca de sus relaciones con la matemática, puede decirse que la lógica contribuye al desarrollo del conocimiento tanto como del mundo en general, justamente poniendo de presente el carácter que una teoría –o más ampliamente, un cuerpo de proposiciones– puede y debe tener.

Esta idea es igualmente válida cuando se habla de las lógicas no-clásicas –sobre las cuales volveremos en el siguiente apartado–. Solo que, y en contraste notable con la lógica formal clásica y la filosofía que la rodea –que es el positivismo, el neopositivismo y el empirismo lógico–, las lógicas no-clásicas permiten avanzar un paso verdaderamente significativo en la exploración de una teoría que, por decirlo negativamente, se diferencia radicalmente de las teorías clásicas o tradicionales.

En efecto, gracias a las lógicas no-clásicas (= filosóficas) (Palau, 2002; Peña, 1993; Priest, 2004) sabemos que hay –y, *a fortiori*, que son efectivamente posibles y racionales– teorías que pueden contribuir absolutamente a la tarea propuesta y explorada aquí.

Destaco aquí estas *otras* teorías, a partir de una clasificación elaborada por Peña (1993):

- i) *Teorías inconsistentes*: se dice que una teoría es inconsistente si y solamente si una teoría X es inconsistente con respecto a algún functor monádico (de negación) – (simplemente I). Un ejemplo de una teoría semejante es la teoría atómica de Bohr.
- ii) *Teoría contradictorial*: una teoría es contradictorial –TC– si y solamente si es inconsistente y además contiene algún teorema de la forma ‘p Np’. Un ejemplo conspicuo es la obra de Wittgenstein, quien desarrolló dos teorías perfectamente distintas y en contradicción una con la otra: aquella que se ilustra en el *Tractatus*, y la que se origina en las *Investigaciones*.
- iii) *Teoría superconsistente*: se dice que una teoría es superconsistente si y solamente si toda extensión recia de la teoría que sea inconsistente con respecto a algún functor de negación de la teoría es una teoría delicuescente; en otras palabras, si toda fórmula bien formulada –fbf– es un teorema de dicha teoría. Más sencillamente, si no posee ninguna contradicción y rechaza cualquier contradicción y ni siquiera es paraconsistente.
- iv) *Teoría paraconsistente*: una teoría es paraconsistente si y solamente si no es superconsistente. El trabajo con lógicas paraconsistentes –y ocasionalmente también con la lógica de la relevancia– ilustra esta clase de teorías.

En términos negativos, o por vía de contraste, puede decirse que una teoría general de la complejidad puede no ser deductiva, axiomatizada, concluyente y conclusiva, en fin, autorreferencial, que son en términos generales los rasgos característicos o definitorios de las teorías habidas hasta el presente.

Quiero sostener la hipótesis de que una TGC –tomada la expresión *cum granus salis*– puede avanzar sobre terreno sólido en por lo menos uno de los cuatro sentidos expuestos. La demostración de esta hipótesis exigirá un trabajo posterior, que es justamente el paso siguiente en la investigación propuesta.⁵

⁵ Cfr. pie de página número 1.

Como quiera que sea, una TGC puede ser una teoría universal, pero puede también no serlo y referirse a fenómenos particulares. Esto quiere decir que al mismo tiempo que existen principios universales, hay también singularidades y dominios específicos. La explicación de estas singularidades da como resultado el hecho, a todas luces insólito cuando se lo mira con ojos del pasado, de que es posible una ciencia de la contingencia. Una referencia de lo que puede ser y cómo puede serlo se encuentra expuesta a lo largo de la obra de S.J. Gould con respecto al fenómeno de la vida –un fenómeno esencialmente contingente–.⁶

En síntesis: las ciencias de la complejidad son tanto ciencias universales como de la contingencia, algo totalmente anodino, visto desde el pasado –desde la ciencia tanto como desde la filosofía–. Asistimos, en efecto, a una verdadera revolución científica.

8. Complejidad y lógica

Finalmente, se impone una observación de tipo puntual. Hace referencia a lo que queremos determinar como el marco –esta es una metáfora– del trabajo en complejidad y para el desarrollo de la teoría propuesta o buscada. Este marco hace referencia al panorama de las lógicas no-clásicas, más adecuadamente llamadas lógicas filosóficas.

Estas lógicas son las siguientes (el orden no importa aquí):

- Lógicas paraconsistentes.
- Lógica de la relevancia.
- Lógica del tiempo.
- Lógica cuántica.
- Lógica polivalente.

⁶ Un buen referente puntual en el sentido anotado se encuentra en Gould (1999). Véanse, en particular, las páginas 306-332. “Sospecho que, dada la composición de las atmósferas y océanos primitivos, el origen de la vida fue una necesidad química. La contingencia surge después, cuando la complejidad histórica entra en el cuadro de la evolución” (Gould, 1993: 317).

Como se aprecia sin dificultad, existe aquí una línea de continuidad –subterránea, ciertamente–, en el contrapunto que establecíamos antes entre Bar-Yam y Laszlo. Pues bien, continuando esta línea, agrega más adelante Gould: “Somos la progenia de la historia, y debemos establecer nuestros propios caminos en el más diverso e interesante de los universos concebibles: un universo indiferente a nuestro sufrimiento y que, por lo tanto, nos ofrece la máxima libertad para prosperar, o para fracasar, de la manera que nosotros mismos elijamos” (1993: 332).

- Lógica difusa.
- Lógica intuicionista.⁷

Será necesario un texto con carácter propio que trabaje las correspondencias entre complejidad y lógicas no-clásicas. Mientras tanto, a título genérico, baste con señalar como un hito para este texto los trabajos adelantados en el Centro de Lógica y Epistemología (CLE) de la Universidad de Campinas, particularmente en torno a lógica –entiéndase lógicas no-clásicas y autoorganización–.

En cualquier caso, una mirada panorámica al conjunto de las lógicas no-clásicas pone inmediatamente de manifiesto el primero y más relevante rasgo de la existencia e importancia de estas, a saber: nos encontramos de frente y sin dilaciones con un pluralismo lógico. Esto significa que no existe una lógica única de la verdad (*There is no one true logic*), una observación a todas luces escandalosa si se mira con los ojos de la tradición. Por el contrario, asistimos a una pluralidad o diversidad de modos de verdad, o de realidad (Beal & Restall, 2006).

Es cierto que la lógica se ocupa de las consecuencias. Tanto la lógica formal clásica –que es la lógica matemática o la lógica simbólica– como las lógicas no-clásicas en general. Pero ello implica que el estudio de las consecuencias admite e incluso exige una variación de notaciones, interpretaciones y formalizaciones que tienen como resultado una ampliación y enriquecimiento importante del campo de las inferencias o consecuencias lógicas (*entailment*). El dominio en el que esta diversificación y profundización se muestran más fructíferas es, dicho de manera genérica, de cara al reconocimiento de la complejidad misma del mundo y de la realidad.

Existen –en el mundo, tanto como en la vida y en el conocimiento– vacíos con los que hay que contar y con los que podemos trabajar. Esto quiere decir que puede ser posible una lógica y –*a fortiori*– una teoría que no descarte, sino que cuente con los vacíos, el ruido (blanco), la entropía, en fin, las inconsistencias,

⁷ Un cuadro general sobre algunas de estas lógicas ha venido siendo elaborado, paulatinamente, en diversos textos. Cfr. Maldonado (2007). Comprensión positiva de las lógicas no-clásicas (4). *Zero. Dieciocho*, primer semestre, pp. 160-163; (2006) Lógicas no clásicas (3): Lógicas paraconsistentes. *Zero. Diecisiete*, segundo semestre, pp. 148-152; (2006) Lógicas no clásicas (2): la lógica del tiempo. *Zero. Dieciséis*, primer semestre, pp. 124-128; (2005) ¿Por qué hay múltiples lógicas? *Zero. Quince*, segundo semestre, pp. 112-117.

a condición de que no sean triviales. Diversos autores y trabajos podrían mencionarse aquí, pero deben ser el objeto explícito de otro trabajo.⁸

Ahora bien, la lógica es también posible, como es efectivamente el caso, acerca del mundo y de cosas del mundo, y no ya simplemente como mera consideración acerca de la validez de las proposiciones. En otras palabras, las lógicas no-clásicas pueden ser –y efectivamente son– *logos-legein* acerca del mundo mismo. Con todo y que el terreno de trabajo de la lógica permanezca siendo el lenguaje.

En fin, las lógicas son un conjunto de verdades lógicas y de inferencias. Y el tema de estas verdades e inferencias es inmensamente apasionante y vasto, aunque no difícil.

Cabe decir, para finalizar, que a propósito de las relaciones entre explicación y predicción la teoría general de la complejidad –no cejamos en decir que la expresión es ambigua y peligrosa– no requiere tener como primer criterio de validación a la predicción. Es un rasgo general de la ciencia contemporánea de punta que lo suyo no consiste tanto –como en la ciencia clásica– en predecir, sino en explicar, hacer comprensibles e inteligibles esa clase de fenómenos, comportamientos y sistemas que se caracterizan por complejidad creciente.

Creo que –en contraste con la ciencia moderna– una teoría general de la complejidad debe reconocer que no puede explicarlo todo, de la misma manera que no podemos predecirlo todo. Pero si ello es así, surge entonces ante la mirada reflexiva la necesaria implicación entre teoría y sabiduría –algo de lo cual la ciencia en general tanto como la filosofía en sentido usual y clásico, nada saben–. Podemos sostener, si lo que precede tiene sentido, que, al cabo, aquello de lo cual se trata en esta exploración es de una teoría en la que confluyen al mismo tiempo conocimiento y sabiduría, ciencia y sabiduría, filosofía y sabiduría; en fin, una vez más, de manera puntual, teoría sabiduría. Si esta exploración tiene algún sentido, entonces el problema y la tarea no son algo de poca monta.

⁸ De estos autores, uno inaplazable es W.H. Zurek, en particular: (1998) Algorithmic Information Content, Church-Turing Thesis, Physical Entropy and Maxwell's Demon. En *Complexity, Entropy and the Physics of Information*. SFI Studies in the Sciences of Complexity; (1989) Algorithmic Randomness and Physical Entropy. *Physical Review A*, vol. 40, 8, October 15, pp. 4731-4751; (1989) Thermodynamic Cost of Computation, Algorithmic Complexity and The Information Metric. *Nature*, vol. 341, September 14, pp. 119-124.

Bibliografía

- Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems*. Addison-Wesley.
- Beal, J.C. & Restall, G. (2006). *Logical Pluralism*. Oxford: Clarendon Press.
- Bonola, R., (1955). *Non Euclidean Geometry – and the Theory of Parallels by N. Lobachevski, with a Supplement Containing the Science of Absolute Space by J. Bolyai*. New York: Dover.
- Cowan, G., Pines, D. & Melzter, D. (eds.) (1999). *Complexity. Metaphors, Models and Reality*. Cambridge, MA.: Perseus.
- De Lorenzo, J. (1980). *El método axiomático y sus creencias*. Madrid: Tecnos.
- Gleick, J., (1988). *Caos. La creación de una ciencia*. Barcelona: Seix Barral.
- Gould, S.J. (1999). *La vida maravillosa. Burgess Shale y la naturaleza de la historia*. Barcelona: Crítica.
- Laszlo, E. (1993). *La gran bifurcación. Crisis y oportunidad: anticipación del nuevo paradigma que está tomando forma*. Barcelona: Gedisa.
- Maldonado, C.E. (2005a). ¿En qué sentido puede hablarse de diálogo de las ciencias? Acerca de las nuevas ciencias de la complejidad. *Revista de la Academia de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales*, vol. XXIX, No. 112, pp. 417-428.
- Maldonado, C.E. (2005b). “Ciencias de la complejidad: Ciencias de los cambios súbitos”. En *Odeón. Observatorio de Economía y Operaciones Numéricas*, pp. 85-125. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Maldonado, C.E. (2007a). “El problema de una teoría general de la complejidad de fractales”. En F. López Aguilar & F. Branbila Paz (comps.). *Antropología fractal*, pp. 9-24. México, D.F.: Centro de Investigación en Matemáticas.
- Maldonado, C.E. (2007b). “El problema de una teoría general de la complejidad”. En Maldonado, C.E. (ed.). *Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicaciones*, pp. 101-132. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Mandelbrot, B. (1997). *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona: Tusquets.
- Palau, G. (2002). *Introducción filosófica a las lógicas no-clásicas*. Barcelona: Gedisa-UBA.
- Peña, L. (1993). *Introducción a las lógicas no-clásicas*. México: UNAM.

- Priest, G. (2004). *An Introduction to Non-Classical Logia*. Cambridge University Press.
- Scott, A., (2007). *The Nonlinear Universe. Chaos, Emergence, Life*. Springer Verlag.
- Serres, M. (ed.) (2001). *Historia de las ciencias*. Madrid: Cátedra.
- Stegmüller, W. (1983). *Estructura y dinámica de teorías*. Barcelona: Ariel.
- Tymocko, T. (1998). *New Directions in the Philosophy of Mathematics. An Anthology. Revised and Expanded Edition*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Waldrop, M. (1992). *Complexity. The Emerging Science at the Edge of Chaos*. New York: Simon & Schuster.