

*Las modalidades de la complejidad**

NICHOLAS RESCHER**

1. LO QUE LA COMPLEJIDAD IMPLICA

LA COMPLEJIDAD DEL MUNDO ES UN HECHO DE LA VIDA que tiene para nosotros implicaciones profundas y de largo alcance. La complejidad es primero y ante todo una cuestión de número y variedad en los elementos constitutivos de algo, así como de complicación en su estructura interrelacional, sea ésta organizativa u operativa. Cualquier clase de sistema o proceso –todo lo que sea una totalidad estructurada consistente en partes interrelacionadas– será complejo en algún grado. De acuerdo con esto, todo tipo de cosas pueden ser más o menos complejas: objetos naturales (plantas o sistemas fluviales), artefactos físicos (relojes de pulsera o embarcaciones de vela), procesos engendrados por la mente (lenguajes o instrucciones), cuerpos de conocimiento, etc. En un grado mayor o menor, la complejidad está presente por todas partes en el dominio de lo real. E incluso, así como una persona «simple» es una persona ingenua y sencilla, un personaje «complejo» en una novela o un drama será aquél cuyas acciones no son fáciles de explicar y cuyas motivaciones son variadas y llenas de recovecos. La complejidad, por lo tanto, pertenece también al ámbito de la ficción.

En un artículo publicado hace más de un siglo, C. S. Peirce concluía «que en la naturaleza hay probablemente algún medio por el cual pueden

* Traducción de Antonio Diéguez y Pascual Martínez-Freire.

** Universidad de Pittsburgh.

acrecentarse la complejidad y la diversidad de las cosas»¹. Para Peirce, esta idea de una complejidad del mundo en constante despliegue estaba estrechamente ligada al ímpetu de la naturaleza por la *novedad*, puesto que Peirce también mantenía que conforme los sistemas naturales evolucionan, desarrollan continuamente nuevos rasgos que requieren una especificación descriptiva cada vez más elaborada² –un estado de cosas que queda de manifiesto en la emergencia de nuevos niveles de leyes en el curso de la evolución cósmica (así como en la sucesión de la física, la química, la biología, la sociología, etc.). Hay mucho que decir acerca de este modo de ver la cuestión. En la naturaleza, ciertos factores, como la energía, la materia, la vida y la complejidad, entre otros, parecen ser auto-potenciadores: cuanto más hay de ellos, mayor es el ímpetu para la producción de más aún. Dicha tendencia, si se la deja funcionar sin estorbo ni obstáculo, es susceptible de generar un crecimiento exponencial³, tal como lo ilustran la fase inicial de un universo que comienza con una gran explosión y la expansión de la vida a través de la evolución biológica en el ámbito de lo orgánico⁴. La complejidad vale también para esta clase de cosas, ya que las operaciones de un sistema complejo tienden, por su propia naturaleza, a producir aún mayor complejidad (cuyo tratamiento, ya sea cognitivo o de otro modo, resulta cada vez más difícil⁵).

¹ En el segundo de cuatro artículos, titulado «The Doctrine of Necessity», que aparecieron en *The Monist*, vol 2 (1892), pp. 321-37. Reimpreso en *Collected Papers*, vol. 6 (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1935), ver secc. 6.58.

² «Pero ¡pensemos en lo sorprendente que es esta idea de la *diversificación*! ¿Existe en la naturaleza algo así como un incremento de la variedad? ¿Eran más simples las cosas, o era menor la variedad en la nebulosa originaria a partir de la cual, según se supone, surgió el sistema solar, de lo que es ahora, cuando la tierra y el mar están poblados de formas animales y vegetales con sus intrincadas anatomías y sus aún más maravillosas economías? ¿No parece como si hubiera un incremento en la variedad?» (C. S. Peirce, *Collected Papers*, vol. I, secc. 1.174. Véase también vol. VI, secc. 6.50).

³ Esto ocurre siempre que F crece proporcionalmente al tamaño ya alcanzado por F . En tal caso tenemos que $DF(t) @ F(t)$. Y cuando esto es así, entonces $DF(t) / F(t) @ \text{const}$, de modo que $\int dF(t) / F(t) @ \log F(t) = t$. Por lo tanto: $F(t) @ e^t$. Q.E.D.

⁴ Sobre el proceso en general, véase John H. Holland, *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity* (Reading, MA: Addison Wesley, 1995). Sobre el aspecto específicamente evolutivo del proceso, véase Robert N. Brandon, *Adaptation and Environment*. Princeton: Princeton University Press, 1990.

⁵ Ya sea en cuestiones de adaptación (*fitness*) en la evolución biológica o en cuestiones de adecuación (*adequacy*) en la explicación cognitiva, la exploración de un paisaje de parámetros desiguales (azarosos) es tal que con cada paso que damos hacia arriba el número de direcciones que conducen aún más arriba se reduce en una fracción constante (v. g. un medio). Esto significa que cuando se escala más alto, no sólo

Encontramos además este fenómeno en el terreno social tanto como en el material. Un ejemplo impresionante es la hipercomplejidad de las leyes y de las regulaciones en nuestra época; objeto de queja general, para cuyo remedio se erigen, siempre en vano, numerosas propuestas⁶. Y del mismo modo, el crecimiento de la complejidad caracteriza también el dominio de la creatividad humana, la cual, literalmente, no conoce límites.

Pero ¿por qué son tan complejos los dominios de la naturaleza y de los artefactos?

En una revisión abreviada de lo que sería una larga historia, cabe explicar el incremento de la complejidad en el ámbito del artificio humano en términos de un principio de selección *racional*. Y cabe explicar la complejificación de la naturaleza en términos de selección *natural*. Los modos principales de explicación que se han propuesto han sido cuatro: la teoría del diseño inteligente, la teoría de la teleología inherente, la teoría del azar-más-autoperpetuación y la teoría de la auto-potenciación. Cada una de ellas merece al menos una breve consideración.

La Teoría del Diseño Inteligente representa eficazmente el punto de vista de la teología tradicional. Ve la complejidad como la obra de la inteligencia, y contempla el mundo como el teatro de operaciones de un agente inteligente y poderoso, un espíritu del mundo creador, si se quiere, pero al que podría darse también el nombre de Dios. Este agente guía el curso de la evolución, tanto física como biológica, en la dirección de una sofisticación funcional creciente. De este modo, el incremento de la complejidad es impuesto a la naturaleza «desde las alturas», por así decirlo.

En lo que se refiere al diseño en la evolución biológica, el exponente más reciente y sofisticado de esta postura es Michael J. Behe, cuyo reciente libro razona esencialmente del siguiente modo: La complejidad en la naturaleza, y en particular en el ámbito biológico, se explica mejor

resulta más difícil, sino exponencialmente más difícil, realizar mayores progresos. Sobre esta cuestión véase Stuart Kaufmann, *At Home in the Universe*. New York y Oxford: Oxford University Press, 1998, pp. 169-80.

⁶ Véase, por ejemplo, Richard A. Epstein, *Simple Rules for a Complex World*. Cambridge MA: Harvard University Press, 1995. Existen pocos monumentos tan imponentes de la complejidad administrativa como el código fiscal de los Estados Unidos. Cuando se creó el Servicio de Hacienda en 1913, las regulaciones fiscales federales ocupaban más de 400 páginas, en 1993 eran ya 80.000, un incremento de doscientas veces en ochenta años, lo que presagia una laboriosidad creciente de proporciones impresionantes. (En uno de los espacios informativos de su campaña electoral, Ross Perot señaló que los norteamericanos dedican anualmente más de cinco mil millones de horas-hombre en rellenar la declaración de la renta; más que en la producción de automóviles).

(o quizás incluso *solamente* puede ser explicada) suponiendo la acción de un diseñador inteligente⁷. La teoría darviniana sobre el desarrollo encuentra dificultades cuando trata de explicar el desarrollo de la célula, dado que son muchos los sistemas celulares que pueden caracterizarse como «irreductiblemente complejos». Esto es, tales sistemas necesitan diversos componentes debidamente coordinados antes de poder funcionar adecuadamente. Una ratonera, por ejemplo, está compuesta de varias piezas (la tabla, el percusor, el resorte, etc.). Probablemente, un sistema así no puede formarse al modo de la evolución darviniana, mejorando gradualmente su función. No se puede cazar un ratón sólo con la tabla y después cazar unos pocos más añadiendo el resorte. Todas las piezas deben funcionar en común con sus funciones debidamente coordinadas antes de que la trampa pueda cazar algún ratón. Siempre que encontremos sistemas intrincados que comprendan sistemas interactivos, podemos (y debemos) suponer que son productos de una actividad inteligente. Y este razonamiento –según se afirma– debe extenderse a los sistemas celulares carentes de inteligencia. La tesis es que simplemente no conocemos ningún otro mecanismo, incluyendo el darviniano, que produzca esa complejidad. Esta es en esencia la posición de Behe en relación al papel de la inteligencia en la evolución biológica⁸. Pero la Teoría del Diseño Inteligente extiende esta posición por un paisaje más amplio.

La Teoría de la Teleología Natural ve la naturaleza como portadora de una predilección inherente y auto-engendrante del incremento de la complejidad. El exponente filosófico más claro de esta posición es C. S. Peirce, quien, en una de sus muchas discusiones sobre este tema, expuso la cuestión del siguiente modo:

La evolución no significa otra cosa que *crecimiento* (*growth*) en el más amplio sentido de la palabra. La reproducción, por supuesto, es

⁷ Así, si los *hechos* son reflejados en proporciones irreductiblemente «atómicas», los «hechos» complejos (por ejemplo, los disyuntivos o conjuntivos) no pueden ser calificados como tales. Y si en realidad «los hechos pertenecen al mundo objetivo» (como escribe Russell en la página 183 de *The Philosophy of Logic Atomism*) o si los hechos abarcan «todo lo que hay en el mundo» [como dice Russell en la página 143 de *Human Knowledge*], entonces los hechos disyuntivos y generales se encuentran en dificultades, y no digamos los hechos *infinitamente* conjuntivos. (Obsérvense las dificultades de Bertrand Russell con estas concepciones en *Human Knowledge: Its Scope and Limits*. (New York: Simon & Schuster, 1948), pp. 126-144.) Pero estos giros no nos llevan a ninguna parte, salvo a sumergirnos en los tecnicismos tendenciosos de una doctrina problemática.

⁸ Ver Michael J. Behe, *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution*. New York: Free Press, 1996.

sólo uno de los episodios del crecimiento. ¿Pero qué es el crecimiento? No es mero incremento. Spencer dice que es el paso de lo homogéneo a lo heterogéneo –o, si preferimos el castellano al spencerés– *diversificación*. Y ciertamente éste es un factor importante. Spencer dice además que es un paso de lo no-organizado a lo organizado; pero esta parte de la definición es tan oscura que la dejaré de lado por el momento. Pero ¡pensemos en lo sorprendente que es esta idea de la *diversificación*! ¿Existe en la naturaleza algo así como un incremento de la variedad? ¿Eran más simples las cosas, o era menor la variedad en la nebulosa originaria a partir de la cual, según se supone, surgió el sistema solar, de lo que es ahora, cuando la tierra y el mar están poblados de formas animales y vegetales con sus intrincadas anatomías y sus aún más maravillosas economías? ¿No parece como si hubiera un incremento en la variedad? Y, sin embargo, una ley mecánica, que es lo único que actúa en la naturaleza según nos dice el infalibilista científico, nunca puede producir diversificación. Esto es una verdad matemática, una proposición de la mecánica analítica; y cualquiera puede ver sin necesidad de ningún aparato algebraico que en una ley mecánica el antecedente sólo puede producir el consecuente. En eso consiste la idea misma de una ley [mecánica]. De modo que si los hechos observados apuntan a un desarrollo real, apuntan entonces a otra acción, la de una espontaneidad para la cual el infalibilismo no tiene ninguna explicación⁹.

Según esta opinión, el crecimiento, la diversificación y la complejificación son simplemente tendencias al desarrollo intrínsecas en la naturaleza. El universo físico es, en este respecto, auto-teleológico, impulsándose a partir de sus propios recursos hacia una complejidad siempre mayor.

La teoría del Azar-Más-Estabilidad es el tercer enfoque importante para explicar el incremento de la complejidad. Toma la línea de afirmar que (1) la fluctuación meramente aleatoria de las cosas trae ocasionalmente a la existencia multiplicidades de complejidad mayor que la prevalente, y (2) esta complejidad, una vez presente, tiende a auto-perpetuarse. Tal situación conduce a reforzar una complejidad siempre creciente. Sobre la base ya lograda el azar engendra continuamente complejidad nueva que se conjuga a partir de entonces con la capacidad de la complejidad para mantener en el tiempo esas nuevas ganancias. En contraste con los enfoques alternativos del incremento de la complejidad, éste es completamente naturalista. No combina una inteligencia supra-natural ni una teleología intra-natural para proporcionar sus mecanismos explicativos,

⁹ Charles Sanders Peirce, *Collected Papers*, Vol. I, *op. cit.*, secc. 1.174.

sino que se contenta con los procesos puramente naturales de la fluctuación aleatoria y el auto-mantenimiento. (El principal obstáculo al que se enfrenta esta teoría, por lo demás atractiva, es la cuestión de si el curso histórico real del incremento de la complejidad en la naturaleza no es demasiado rápido como para ser explicado satisfactoriamente por las actuaciones del mero azar. Pero este reto podría afrontarse de forma plausible adoptando un principio adicional. Podría aceptarse que, aún cuando los retos que las fluctuaciones aleatorias plantean para las multiplicidades complejas pueden dar lugar tanto a la interrupción como a la adición de más complejidad, la segunda clase de respuesta debe ser la que predomine en un mundo que manifiesta auto-preservación.)

La Teoría de la Auto-Potenciación pone en juego la idea de que la complejidad, en su naturaleza inherente, es auto-propagadora (y que incluso la complejidad, como la inteligencia, por ejemplo, empuja hacia niveles superiores el ímpetu de su propia acción). La complejidad es expansiva por naturaleza; una vez presente se repliega sobre sí misma para producir mayores niveles de complejidad. El incremento de la complejidad funciona de forma análoga al incremento de poder en asuntos personales o institucionales, el cual prepara el escenario para ulteriores incrementos de poder en cualquier proporción por encima de un punto fijado por el contexto del caso. Generalmente, los sistemas más complejos no sólo permiten, sino que de hecho demandan, la adición de más complejidades. Como ilustra la evolución de los organismos y de las máquinas –sean mecánicas o electrónicas–, el incremento de la complejidad genera aún mayores incrementos¹⁰.

Tales son, pues, los diferentes enfoques para explicar el aumento de la complejidad en la naturaleza. En cualquiera de ellos, el tipo de diversidad natural que C. S. Peirce enfatizaba y el tipo de fertilidad natural sobre el que Leibniz insistía llegan a ser parte del esquema natural de las cosas y producen una expansión natural de la complejidad en la naturaleza¹¹.

¹⁰ Surge la cuestión de cómo encaja este fenómeno de la extensión de la complejidad con el aumento de la entropía reflejado por la Segunda Ley de la Termodinámica, es decir, con la predilección de la naturaleza por el camino de menor resistencia en el sistema vial de las transiciones probabilísticas. En un análisis final, la respuesta estaría en la capacidad de las leyes simples para engendrar productos de gran complejidad de manera completamente consistente con los principios entrópicos. Una discusión asequible de esta cuestión aparece en P. W. Atkins, *The Second Law*. New York: Scientific American Library, 1984.

¹¹ Una excelente visión de conjunto sobre este tema tanto en su aspecto específicamente científico como en su aspecto sistemo-teórico se encuentra en Klaus Mainzer, *Thinking in Complexity: The Complex Dynamics of Matter, Mind, and Material*. Berlin: Springer Verlag, 1994.

No tenemos necesidad de resolver aquí la elección que nos presentan estas alternativas. Para nuestro propósito actual la consideración más importante es simplemente *que* el aumento de la complejidad es un hecho de la vida en la naturaleza. La cuestión de *por qué* ha de ser así, por interesante e importante que sea en un esquema más amplio de las cosas, en los límites de nuestros propósitos presentes puede permanecer abierta sin riesgo. Sin embargo, lo que sí puede y debe decirse es que el sobrenaturalismo no es plausible dado el estado actual de nuestros conocimientos, y su justificación requeriría una demostración convincente de que es en principio imposible una respuesta naturalista. Evidentemente, no disponemos de dicha demostración ni hay perspectiva de que podamos tenerla. Más bien al contrario. Como muestra la bibliografía sobre el tema, la emergencia de la complejidad y su pervivencia y propagación son asuntos acerca de los que se investiga intensamente en muchos sectores de la ciencia contemporánea, desde la astrofísica a las ciencias sociales. Sería en extremo imprudente suponer que el expediente desesperado de decir: «Puesto que no puede haber una explicación natural, recurramos a una sobrenatural» nos pone la verdad a mano. La explicación de la *existencia* de la naturaleza bien puede apelar a algún recurso sobrenatural, pero la explicación de los diversos *aspectos descriptivos* de su carácter –tal como su complejidad– es algo que ciertamente deberíamos poder hacer una vez que disponemos de una comprensión de su existencia y de las leyes de su *modus operandi*¹².

La historia del incremento de la complejidad *cognitiva* es, sin embargo, más sencilla que la del incremento de la complejidad *ontológica* de la naturaleza. La exploración de la realidad nos lleva generalmente de lo comparativamente simple a lo comparativamente más complejo. En todas las ramas de la ciencia tanto los dolores de cabeza como los manuales son cada vez mayores y más elaborados. Los nuevos instrumentos de experimentación y observación permiten contemplar extensiones más amplias de fenómenos, desestabilizar las explicaciones excesivamente simples e introducir una complejidad cada vez mayor. Y la base lógica de este proceso es clara. Es la misma razón por la que los seres racionales comienzan con lo simple e introducen complicaciones sólo en la medida en que se lo exige el curso de los eventos. Es esta dialéctica natural de la investigación racional la que nos introduce en una complejidad cognitiva cada vez más profunda.

¹² Sobre estas cuestiones consúltese también mi libro *The Riddle of Existence*. Lanham, MD: University Press of America, 1984.

A pesar de que los filósofos de la ciencia en particular no han sido capaces de evitar el concepto, el hecho es que la idea de la complejidad no sólo no ha desempeñado virtualmente ningún papel en la mayor parte de los sistemas metafísicos –salvando algunas excepciones honorables como las de Leibniz, Peirce y Whitehead–, sino que el propio término está ausente en los diccionarios y enciclopedias filosóficos al uso. Sin embargo, está claro que la complejidad del mundo tiene implicaciones y ramificaciones importantes en todos los asuntos de nuestro interés; y no sólo en la filosofía y en la ciencia, sino también en la vida cotidiana. Afecta profundamente a nuestra comprensión del mundo, tanto en lo que se refiere al conocimiento de sus hechos como en lo que se refiere al gobierno de nuestros asuntos en él. La complejidad de las cosas y de las situaciones que confrontamos a través de la experiencia es uno de los aspectos más significativos y portentosos de la realidad, proporcionándonos tanto oportunidades como posibilidades de frustración.

2. MODOS DE COMPLEJIDAD

No existe una definición de «complejidad» en la que todos convengan, como no existe tampoco una de «silla». En ambos casos podemos por lo general reconocer una de esas cosas cuando la vemos, pero no podemos arreglarnoslas para concretar la cuestión con claridad en alguna fórmula verbal completamente adecuada. Y mientras que normalmente, en lo que se refiere a la complejidad, podemos comparar cosas de la misma clase general, no disponemos de algo parecido a una medida global de complejidad. Lo que sí sabemos es que la complejidad es el inverso de la simplicidad. Esta última es una cuestión de economía, la primera lo es de profusión. La simplicidad representa la economía y el orden en la fabricación o en el funcionamiento de algo; la complejidad representa la complicación reflejada en lo intrincado e incluso en la disonancia real de estos aspectos.

Como indica el cuadro 1, los sistemas pueden ser más o menos complejos de maneras sustancialmente diferentes. Según indican estas distinciones, la complejidad es en sí misma a una idea notablemente compleja.

Desde un punto de vista conceptual, el concepto de complejidad funde e integra una pluralidad de elementos distintos en una coordinación detalladamente articulada¹³.

¹³ Para más explicaciones sobre este punto véase Charles H. Bennett, «How to Define Complexity in Physics, and Why», en W. H. Zurck (ed.), *Complexity, Entropy and the Physics of Information, SFI Studies in the Science of Complexity*. New York: Addison Wesley, 1990.

CUADRO 1. MODOS DE COMPLEJIDAD

MODOS EPISTÉMICOS

COMPLEJIDAD FORMULATIVA

1. **COMPLEJIDAD DESCRIPTIVA:** Extensión de la explicación que se ha de dar para proporcionar una descripción adecuada del sistema en cuestión.
2. **COMPLEJIDAD GENERATIVA:** Extensión del conjunto de instrucciones que se ha de dar para proporcionar una receta con la que producir el sistema en cuestión.
3. **COMPLEJIDAD COMPUTACIONAL:** Cantidad de tiempo y esfuerzo exigido para la resolución de un problema.

MODOS ONTOLÓGICOS

COMPLEJIDAD COMPOSITIVA

1. **COMPLEJIDAD CONSTITUCIONAL:** Número de elementos constituyentes o de componentes. (Compárense, por ejemplo, triciclos, automóviles y aviones a reacción).
2. **COMPLEJIDAD TAXONÓMICA (HETEROGENEIDAD):** Variedad de elementos constituyentes: número de *tipos* diferentes de componentes en sus configuraciones físicas. (Considérese de nuevo el ejemplo precedente, o compárese el dominio de los elementos físicos, que son algo más de 100, con el de los insectos, de los cuales existen muchas miles de especies).

COMPLEJIDAD ESTRUCTURAL

3. **COMPLEJIDAD ORGANIZATIVA:** Variedad de las diferentes maneras posibles de disponer los componentes en diferentes modos de interrelación. (Compárese un rompecabezas normal, con su disposición bidimensional, con los bloques de un LEGO, que se ensamblan tridimensionalmente).
4. **COMPLEJIDAD JERÁRQUICA:** Complicación de las relaciones de subordinación en los modos de inclusión y subsunción. Disgregación organizativa en subsistemas. (Por ejemplo: partículas, átomos, moléculas, objetos físicos macroscópicos, estrellas y planetas, galaxias, grupos galácticos, etc.; o también: moléculas, órganos celulares, organismos, colonias, etc.) Aquí las unidades de orden mayor son siempre, por esta misma razón, más complejas que las de orden menor.

COMPLEJIDAD FUNCIONAL

5. **COMPLEJIDAD OPERATIVA:** Variedad de modos de actuación o de tipos de funcionamiento. (Los primates tienen un estilo de vida más complejo que los moluscos. La estructura procesual del ajedrez es muchísimo más elaborada que la de las damas).
6. **COMPLEJIDAD NÓMICA:** Complicación y enmarañamiento de las leyes que gobiernan los fenómenos en cuestión. (Las máquinas de vapor son más complejas en este sentido que las poleas).

La complejidad descriptiva es quizás la forma más fundamental. La idea fue explicada en primer lugar por C. S. Peirce, quien construyó la complejidad de un sistema físico en términos del número de valores de parámetro que tienen que ser especificados para su descripción completa¹⁴. Está claro que cuanto más elaborada sea la descripción de un caso en comparación con otro, más complejo es dicho caso.

La secuencia

1212121212121212...

es descriptivamente bastante menos compleja que:

123456123456123456...

Y también lo es en los aspectos compositivo y estructural. El primer grupo tiene sólo dos componentes (1, 2), el segundo tiene seis (1, 2, ..., 6).

Además, los dos grupos anteriores difieren también en su complejidad generativa, puesto que el primer grupo de dieciocho entradas puede ser reproducido mediante instrucciones bastante más simples que las del segundo. («Repetir incesantemente el grupo 1-2» vs. «Repetir incesantemente el grupo 1-2-3-4-5-6»). Contrástense de nuevo dos series:

- Una serie de ceros y unos generada aleatoriamente.
- Una serie de números enteros cuyo n -ésimo lugar está ocupado por el n -ésimo entero después del punto decimal en la representación decimal de la raíz n -ésima de n .

La primera serie puede ser producida mucho más fácilmente que la segunda –basta con arrojar una moneda. Pero mientras que la primera sólo puede ser identificada mediante una presentación *in toto*, la segunda queda completamente identificada mediante la fórmula indicada.

Explotando la idea de que la complejidad es el inverso de la simplicidad, el matemático ruso Andrei Kolmogorov propuso medir la complejidad generativa por la extensión mínima de un programa de instrucciones para generar la secuencia (mediante el uso de una máquina universal de Turing estandarizada)¹⁵. Esta idea articula de forma elegante al menos una clase de complejidad formulativa. Estructuras aleatorias, como la «nieve» en la pantalla de la televisión o el ruido parásito en la radio, son sobre esta base mucho más complejas que cualquiera de sus

¹⁴ C. S. Peirce, *Collected Papers*, Vol. VI, secc. 6.56.

¹⁵ Esto significa que un alto índice de redundancia numérica en un programa, como el que se da en las partes repetidas del llamado ADN de desecho, consistente en una proporción amplia de cromosomas que pueden ser descartados, contribuye a disminuir la complejidad.

congéneres más ordenados. Así pues, una serie estrictamente aleatoria será la quintaesencia de la complejidad descriptiva: para producirla se debe especificar por separado todos y cada uno de sus componentes.

Desde un punto de vista computacional, el tiempo es oro, de modo que la complejidad de un asunto, una pregunta o un problema se corresponde con la suma total de los gastos en que se ha incurrido para resolverlo. La complejidad computacional es una cuestión de complejidad operativo/funcional en relación con el manejo de la información en el dominio particular de la resolución de problemas. En este modo de complejidad tenemos que $C = P \times t$, donde P es una medida de la potencia del procesador de información de que se trate y t es el tiempo requerido para su despliegue en el contexto de la resolución de un problema. Así, un asunto que puede resolverse en pocos minutos de trabajo con papel y lápiz es bastante simple, mientras que otro que requiere muchas horas en un superordenador es mucho más complejo.

La complejidad constitucional es quizás la forma más llamativa del concepto genérico. Es difícil percibirla y no quedar impresionado por ella. Una nave espacial moderna, por ejemplo, tiene más de 60 millones de piezas, todas las cuales han de someterse a la evaluación de los ingenieros durante las revisiones de los vuelos de la NASA. (Como desveló una investigación tras el desastre del *Challenger*, todos los componentes de esta nave espacial pasaron esta revisión airoosamente).

Los biólogos están particularmente interesados por la complejidad taxonómica o heterogeneidad en la composición. J. T. Bonner, por ejemplo, sostiene que la complejidad orgánica tiene que medirse simplemente como el número de tipos de células diferentes en un organismo¹⁶.

La complejidad organizativa y la jerárquica son también versiones generalizadas del fenómeno. Un sistema complejo que incorpore subsistemas puede ser organizado bien *jerárquicamente*, mediante las relaciones de subordinación entre sus elementos, bien *coordinadamente*, mediante sus interrelaciones recíprocas. Un ejército o un ministerio gubernamental constituyen ejemplos de lo primero; el reino de los organismos biológicos o una economía de mercado ilustran lo segundo. En un complejo jerárquico hay una secuencia de dominaciones engranadas, en uno coordinado hay ajustes mutuos, con interacciones recíprocas, carentes de un control global unificado. Generalmente es más fácil el manejo cognitivo de un sistema jerárquico, porque el dominio del elemento controlador proporciona en gran medida la llave para abrir el todo.

¹⁶ John Tyler Bonner, *The Evolution of Complexity*. Princeton: Princeton University Press, 1988.

Los sistemas altamente complejos tienden generalmente a poseer un aspecto jerárquico, ya que ello conduce a la coherencia de su composición. Consistirán en subsectores que, a su vez, tendrán sus propios subsectores. En la geografía tenemos regiones compuestas de subregiones; los automóviles poseen componentes que tienen partes; los libros tienen capítulos que tienen secciones que tienen párrafos. Dicha organización jerárquica no tiene necesariamente que ser funcional (aunque por lo general lo es), pero en todo caso será estructural¹⁷.

Las estructuras fractales son particularmente interesantes desde la perspectiva de su complejidad organizativa. Una estructura *fractal* es la que posee un único modo de organización repetido ad infinitum en diferentes niveles de escalas: su complejidad organizativa es mínima, en cambio su complejidad jerárquica no tiene límite.

La complejidad funcional adopta dos formas: puede ser *operativa*, mostrando una complejidad dinámica en el despliegue temporal de sus procesos (como en la formación de una capa de aceite sobre el agua), o puede ser *nómica*, mostrando una complejidad atemporal en las relaciones de sus elementos (como en una multiplicidad matemática de leyes complejas). En lo que se refiere a la complejidad operativa, cuanto más grado de libertad exhiba un sistema en su estructura y operaciones, es decir, cuanto más versátil sea, tanto más operativamente complejo será también de forma inevitable¹⁸. El movimiento de un automóvil, por ejemplo, tiene dos grados de libertad (dirección y velocidad, controladas respectivamente por el volante y el conjunto freno-acelerador). Un avión, con su capacidad para cambiar de altitud, introduce un tercer grado de libertad. Y no hace falta decir que este último requiere una información más amplia para su comprensión, y su manejo requiere controles más elaborados.

La complejidad operativa está estrechamente vinculada con otras formas de complejidad. En particular, el manejo del incremento de la complejidad constitucional provoca nuevos desafíos operativos. Por ejemplo, para la construcción y mantenimiento de máquinas cada vez más complejas necesitamos manuales más extensos. Y lo mismo sucede con el manual de operaciones de los organismos cada vez más complejos. Para ser un ratón se ha de tener la capacidad de hacer una mayor variedad de cosas que para ser un paramecio¹⁹.

¹⁷ Cf. H. A. Simon, *Science of the Artificial*, 2ª ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1981, pp. 116-17 y 195 ss.

¹⁸ Cf. K. R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Basic Books, 1959, pp. 139-140.

¹⁹ Resulta interesante que la complejidad del código de montaje de los organismos, encapsulado en su ADN, no esté reflejada por la mera longitud de dicho ADN.

Una de las formas principales en las que la complejidad operativa se manifiesta es como impredecibilidad. La clave está en que en la medida en que un sistema está desordenado, sus estados futuros son impredecibles y el azar excluye la previsión. La entropía del sistema servirá aquí como un primer indicador. Un sistema cuyos pocos estados posibles tengan una probabilidad comparativamente alta (i.e., un sistema de baja entropía) será un sistema operativamente simple, mientras que un sistema con muchos estados, todos los cuales tienen baja probabilidad (i.e., un sistema de entropía alta) será un sistema operativamente más complejo.

Merece la pena observar que un proceso caracterizado por principios operativos muy simples puede deparar un producto muy complejo, del mismo modo que un río que simplemente «sigue el curso de menor resistencia» puede trazar meandros que giran continuamente, o del mismo modo que los cristales pueden formar estructuras enormemente complicadas. Considérese la regla: «Añada 1 al número que tenga y multiplique el resultado por sí mismo». Cuando aplicamos esta sencilla regla de operación al número 2, se genera la secuencia:

$$2, (2 + 1)^2 = 9, (9 + 1)^2 = 100, (100 + 1)^2 = 10201, \dots$$

El resultado es claramente una serie de sustancial complejidad constitucional, generada sin embargo por una regla funcionalmente bastante simple²⁰.

De acuerdo con esto, los diferentes modos de complejidad no van necesariamente unidos; al menos en teoría pueden tomar caminos separados. Por ejemplo, un cadáver humano es estructuralmente complejo, pero funcionalmente simple —es decir, inerte. Por otro lado, la complejidad *funcional* no reclama necesariamente una complejidad *compositiva*.

Hace algunas décadas los biólogos intentaban comparar la complejidad de los diferentes organismos midiendo la longitud de sus cadenas de ADN, pero llegaron a resultados que estaban drásticamente en conflicto con nuestras intuiciones. Por ejemplo, entre los vertebrados son los anfibios (¡no los mamíferos!) los que tienen mayor cantidad de ADN por célula; y lo que es aún más sorprendente, las células de las cebollas tienen cinco veces más cantidad de ADN que las de los humanos, y las de los tulipanes diez veces más.

²⁰ La parte más desarrollada de nuestro tema dentro de las matemáticas es la teoría de la complejidad computacional, que versa sobre cuestiones como la longitud de los programas y la duración de las computaciones. El tema es abstruso pero relevante para nuestra discusión en su sentido más amplio. No conozco ninguna buena introducción elemental y al alcance del gran público. Un tratamiento informativo pero muy técnico (y ya algo anticuado) es el de J. Hartmann y J. E. Hopcroft, «An Overview of the Theory of Computational Complexity», *Journal of the Association for Computing Machinery*, 18 (1971), pp. 444-475.

Una máquina de escribir puede producir con un número modesto de teclas una infinita variedad de textos. Los ejemplos de juegos como el ajedrez o similares, de los sistemas de axiomas en lógica y matemáticas, o de los idiomas cuyos diccionarios abreviados pueden dar origen a bibliotecas enteras, sirven para indicar que sistemas cuya complejidad constitucional es relativamente modesta pueden generar en sus operaciones productos de gran complejidad estructural y operativa. Incluso un mundo en el que la complejidad estructural de sus constituyentes físicos es finita bien puede exhibir una complejidad funcional que implique una «jerarquía de órdenes nómicos» en sus operaciones, con una secuencia continua de niveles de leyes de orden siempre creciente.

Aún cuando los diferentes modos de complejidad son separables en teoría, tienden, sin embargo, a ir juntos en la práctica. Por ejemplo, los sistemas que presentan complejidad compositiva y estructural presentarán también en general complejidad funcional. Cuando en su *modus operandi* están dirigidos hacia fines, generalmente lo están hacia una pluralidad de fines potencialmente competidores. El hombre no solo vive de pan, ni la velocidad es el único desideratum para los automóviles, también cuentan la seguridad, el ahorro en el consumo de combustible, etc.

Es seguramente un truismo decir que los científicos tratan de explicar el mayor abanico de fenómenos mediante un sistema de leyes explicativas que conlleven la menor complejidad funcional²¹. Pero la naturaleza no es tan obsequiosa por lo normal, sino que aumenta las apuestas mediante el incremento conjunto de diferentes tipos de complejidad. Para funcionar de forma efectiva, los sistemas de mayor complejidad compositiva presentan generalmente mayor complejidad estructural (los mamíferos poseen una diversidad de subsistemas más complejamente elaborados que las amebas). Y los sistemas de mayor complejidad estructural también son generalmente más complejos en lo que a sus modos de operar se refiere. Los sistemas tecnológicamente más sofisticados suelen ser mayores (compárese el aeroplano de los hermanos Wright con un Boeing 777 de nuestros días, o el cerebro de un chimpancé con el de un humano), y además ponen de manifiesto principios operativos más elaborados. No se trata sólo de que el inventario de partes de un coche de los 90 sea más abultado que el del modelo-T de Ford, sino que su manual de instrucciones es mucho más extenso. Muy a menudo un tipo de complejidad consiste en complejidad de otros tipos.

²¹ Según Leibniz Dios se basa exactamente en este principio para tomar su decisión de reconocer uno de los innumerables mundos posibles alternativos. Véase Nicholas Rescher, *Leibniz's Philosophy of Nature*. Dordrecht: D. Reidel, 1981.

La complejidad no puede emerger y persistir sin el orden, entendiéndose que incluso el caos es algún tipo de orden. (En este sentido el caos –ausencia de regularidad– es algo bastante diferente de la más extrema de las amenazas cognitivas: la *anarquía*, que es la ausencia de cualquier orden legal). Sin embargo, la presencia misma de la complejidad acarrea nuevas formas de orden²². Ello se debe a que las unidades complejas interactuarán en formas que hasta ese momento no eran factibles: la física de los complejos formados por los elementos conduce hasta la química; la reunión de libros da lugar a bibliotecas. En especial, es natural que los sistemas biológicos –sea cual sea la proporción en que se den dentro de un ambiente siempre cambiante– desarrollen con el tiempo una complejidad creciente. Pues se requieren nuevos modos de comportamiento allí donde el cambio desestabiliza el equilibrio de consecuencias entre el *modus operandi* y las condiciones ambientales. Y es probable que estos nuevos modos de funcionamiento induzcan al desarrollo de nuevas estructuras que permitan una mayor eficacia y efectividad. De este modo, en la evolución biológica, la complejidad estructural irá a la zaga de la creciente complejidad funcional demandada por las circunstancias cambiantes. (El desarrollo del cerebro con la evolución de la inteligencia es un ejemplo de esto)²³.

3. EL ASPECTO COGNITIVO

Cualquier clase de cosa es susceptible de una mayor o menor complejidad, pero donde esta situación es particularmente relevante es en los cuerpos de conocimiento. De hecho, la complejidad, al igual que la simplicidad, pertenece en primera instancia a los artefactos cognitivos: descripciones, explicaciones, presentaciones. Ahora bien, esto no carece de repercusiones ontológicas. Así, cuando no podemos imaginar una explicación satisfactoria del sistema A que sea tan simple como la que tenemos del sistema B, no hay más remedio que decir que A es más complejo que B. La complejidad ontológica va acompañada por lo general de la complejidad cognitiva, ya que la complejidad de un objeto tendrá su reflejo en la mayor dificultad de nuestras mentes finitas para abordarlo cognitivamente.

²² Véase Stuart Kauffman, *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*. New York y Oxford: Oxford University Press, 1995.

²³ Para este asunto, véase Peter Godfrey-Smith, *Complexity and the Function of Mind in Nature*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

Dado que la cognición es un medio para la detección del orden, esta conexión entre la complejidad y el orden significa que la complejidad ontológica constituye una abierta invitación a la complejidad cognitiva. Los sistemas ontológicamente complejos no pueden ser modelados adecuadamente por medios conceptuales simples, y no porque así sea por definición, sino como consecuencia de esta misma complejidad. Intentar representar un sistema complejo mediante modelos poseedores de la rigidez conceptual necesaria para su gestión y manejo adecuados es como intentar envolver una pelota con una tabla rígida: sencillamente no podemos lograr que encajen. En resumen, los modos de complejidad tienden a mantenerse en compañía.

Naturalmente, la complejidad cognitiva es de particular interés para nosotros los humanos, como criaturas de limitada capacidad que somos. El esfuerzo de la ciencia para lograr comprender los fenómenos de la naturaleza se enfrenta a los desafíos que por todas partes plantea la complejidad. Y la estructura sistémica de la realidad significa que cada campo de conocimiento está rodeado por otros: la historia de China está ligada a la historia de Japón, la literatura de Francia está ligada a la literatura de Alemania. Dondequiera que haya una interacción causal, es impracticable la idea de efectuar una separación nítida en la comprensión de los fenómenos. Pero incluso donde no haya *interacción*, hay *interrelación*. Cabe realizar en cada una de las partes comparaciones y contrastes que iluminen los fenómenos de la otra, poniéndose así ante nuestros ojos una nueva multiplicidad de fenómenos. La literatura comparada, la lingüística comparada y similares desarrollan, vía relaciones de similitud y contraste, un conjunto de cuestiones que no existen en cualquiera de las dos partes por separado. Y con tales estudios de orden superior alcanzamos siempre nuevos niveles de sofisticación y complejidad en nuestra comprensión de los hechos del mundo²⁴.

La complejidad del mundo real es, pues, algo con lo que hemos de contar cuando intentamos adaptarnos cognitivamente a él²⁵. En la medi-

²⁴ El tratamiento de procesos complejos mediante la fusión combinada de procesos simples es la estrategia cognitiva habitual en las investigaciones sobre inteligencia artificial y, en general, de la heurística cognitiva. La literatura sobre el tema es extensa, pero un buen comienzo puede ser el libro de William Bechtel y Robert C. Richardson, *Discovering Complexity*. Princeton: Princeton University Press, 1993.

²⁵ Para una articulación actual y estimulante de la idea decimonónica de que lo que impulsa la evolución de la mente es posibilitar que sus procesos puedan enfrentarse de forma cada vez más eficaz con la complejidad de su entorno funcional, véase Peter Godfrey-Smith, *Complexity and the Function of Mind in Nature*. Cambridge: Cambridge University Press - Studies in the Philosophy of Biology, 1996.

da en que la realidad sea compleja de hecho, encontraremos inevitablemente dificultades para esa adaptación, lo que es tanto como decir que habremos de gastar más tiempo, esfuerzo, energía, etc, en su domesticación cognitiva. Las matemáticas, la ciencia, la teología y los sistemas legales de la Edad Media eran mucho más complejos que sus predecesores en la antigüedad clásica. Y en nuestro tiempo son mucho más complejos aún, casi inmensurablemente más complejos.

Ciertamente la complicación es algo bastante distinto de la complejidad. «Complicar», como verbo, designa una cuestión de proceso y procedimiento: es tratar las cosas de modo que se hace más complejo algo que comparativamente lo era menos, introduciendo así una complejidad *imputada* que en realidad estaba ausente.

Algunos autores creen que la complicación es lo único relevante en este contexto y rechazan la complejidad como algo completamente perteneciente a los ojos del observador. Para ellos no hay implicado en ello nada de una naturaleza realmente objetiva. Así, K. R. Popper escribe:

Para empezar, excluiré de nuestra discusión la aplicación del término ‘simplicidad’ a todo lo que sea un planteamiento o una exposición. Se dice a veces de dos exposiciones de una y la misma prueba matemática que una de ellas es más simple o más elegante que la otra. Ésta es una distinción que tiene poco interés desde el punto de vista de la teoría del conocimiento, ya que no cae dentro del terreno de la lógica, sino que indica meramente una preferencia de carácter *estético o pragmático*. La situación es parecida a cuando la gente dice que una tarea se puede «llevar a cabo por medios más simples» que otra, queriendo decir que puede hacerse más fácilmente o que para hacerla se necesita menos práctica o menos conocimientos. En todos estos casos se puede eliminar fácilmente la palabra ‘simple’; su uso es extra-lógico²⁶.

Popper ve la simplicidad como una cuestión de preferencias proyectadas por la mente. Sin embargo, esto es un error. El hecho de que un proceso o un procedimiento sea más eficaz y más efectivo que otro para generar un cierto producto o para realizar una cierta tarea puede ser, y generalmente es, un hecho importante sobre el producto y la tarea mismos. Bajo ningún concepto se trata de una mere cuestión acerca de lo que da la casualidad que deseamos o valoramos²⁷. La capacidad y el tiempo que un ordenador necesita para resolver problemas es una cuestión perfectamente objetiva. Incluso un Dios omnisciente que no tenga

²⁶ Karl R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, p. 137.

²⁷ Cf. Moritz Schlick: «La simplicidad es [...] un concepto indicativo de preferencias que tienen un carácter parcialmente pragmático y parcialmente estético»: *Die Naturwissenschaften*, 19 (1931), p. 148.

ninguna dificultad para manejar información, reconocerá pese a todo que un objeto de conocimiento es más complejo que otro (la estructura de un cuento para niños, pongamos por caso, comparada con la de una obra de Shakespeare), o que una línea de razonamiento es más intrincada que otra.

Debemos reconocer que la incompetencia cognitiva puede dar por resultado la complejidad percibida, es decir, puede complicar las cuestiones. Por ejemplo, en el caso de una secuencia completamente regular de los números 1 y 2 en orden alternativo, si se tiene dificultad para discriminar entre ellos y se confunde con frecuencia un 1 con un 2 (o al contrario), el resultado será percibido como una secuencia aleatoria y, por tanto, presentará gran complejidad. Y, por supuesto, también puede suceder a la inversa. Si no se puede discriminar los 1 de los 2, una serie aleatoria de 1 y 2 parecerá (o podrá parecer) una serie uniforme, XXXXXX..., que es la simplicidad misma. Sin embargo, por lo general, la dificultad cognitiva más que crear complejidad, la refleja. La complejidad de un asunto viene normalmente indicada por la dificultad que encontremos para tratarlo cognitivamente de forma adecuada²⁸. Por lo general, la cantidad de esfuerzo que debemos emplear para describir y comprender la estructura y el funcionamiento de un sistema es el mejor índice práctico de su complejidad, y su inverso es el mejor indicador práctico de su simplicidad.

Desde este punto de vista, resulta manifiesto que la gestión del conocimiento y la información es un factor central en el estudio de la complejidad. En efecto, los tipos de complejidades operativas que dificultan el control cognitivo de un sistema contribuyen también a impedir que la acción del mismo pueda ser descrita, explicada y predicha sobre la base la determinación de las leyes de su funcionamiento. La anarquía real (carencia completa de leyes) es un ejemplo de ello, pero también lo son sus primos menos radicales: el azar y el caos. En la medida en que intervengan tales factores, el sistema se resistirá a la domesticación cognitiva y consecuentemente sus acciones serán vistas como complejas.

Para este punto de vista, es posible arguir que la complejidad computacional en relación a la resolución de problemas proporciona la

²⁸ Esta circunstancia es la que permite conectar el tema que nos ocupa (simplicidad/complejidad) y el de la economía cognitiva, de la cual me he ocupado en libros anteriores: *Scientific Progress* (Oxford: Blackwell, 1978), *Cognitive Economy* (Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1989) y *Priceless Knowledge?* (Lanham, MD: University Press of America, 1996). Es posible disponer de traducciones de *Scientific Progress* al alemán (*Wissenschaftlicher Fortschritt*. Berlin: De Gruyter, 1982) y al francés (*Le Progrès scientifique*. Paris: Presses Universitaires de France, 1994).

medida más asequible de la complejidad en general, ya que cualquier tipo de complejidad queda reflejada en el nivel epistémico en la dificultad cognitiva para razonar una explicación adecuada del sistema en cuestión.

4. LA UBICUIDAD DE LA COMPLEJIDAD

El progreso de los esfuerzos del hombre, tanto en su faceta de artífice como en los dominios cognitivos y prácticos, muestra una implicación cada vez mayor con la complejidad. Consideremos, por ejemplo, las bellas artes. Hasta no hace mucho los museos de arte exhibían pinturas y esculturas, y nada más. Pero hoy en día se exponen artefactos muy diferentes, ya sean estáticos o dinámicos, ya estén en un entorno estable o en un entorno variable. Consideremos la pintura solamente. En el inicio de su historia no sólo era representacional, sino también temática. Al principio trataba temas religiosos y mitológicos exclusivamente, después llegaron los cuadros de tema histórico, y más tarde fueron los retratos los que destacaron, seguidos por las vistas naturales y urbanas y las escenas domésticas. A todo ello siguió una proliferación de temas que hizo estallar finalmente todos los límites de los vínculos temáticos, centrando primero la atención en el proceso más que en el producto («impresionismo») y después desbordando las preocupaciones temáticas y representacionales. Cuando las artes gráficas, en el curso natural de su desarrollo, de proyecto de representación de la realidad visible se trocaron en exploración de la posibilidad imaginable, se encaminaron por la senda del proyecto de una complejificación sin fin siempre en despliegue. El elenco de «enfoques» en el arte actual es tan abigarrado que, para cualquier intento y propósito, rebasa el proyecto de un inventario factible.

El mismo fenómeno es el que produce el aumento de la complejidad del conocimiento. Consideremos, por ejemplo, los temas sobre los que tratan nuestros libros. Para indicar «sobre qué versa un libro» podríamos decir que es un tratado acerca del diseño de muebles domésticos en el siglo XIX francés. Consideremos ahora los factores taxonómicos relevantes:

Lugar: países, áreas geográficas, etc.

Tiempo: décadas, siglos, eras, etc.

Tema: geografía, política, historia, etc.

Naturalmente, las caracterizaciones espacio-temporales pueden ser refinadas y detalladas continuamente, dividiéndolas y reajustándolas de formas cada vez más intrincadas. Pero el tema está abierto a una complejificación virtualmente sin final. Dado cualquier par de temas o

asuntos sustantivos, surgen de inmediato una variedad de relaciones que sientan las bases para la expansión del conocimiento. Así, una vez que tenemos la historia, la filosofía y la ciencia, podemos emprender elaboraciones ulteriores, como:

- historia de la filosofía de la ciencia
- economía del filosofar sobre la historia

El potencial para componerlas es inacabable. La refocalización temática (la superposición de una cierta perspectiva de un problema sobre los intereses de un dominio temático particular) es algo susceptible de una elaboración virtualmente sin fin.

Las ciencias naturales estudian el mundo de la naturaleza, las humanidades estudian el mundo de los artefactos. Y así como la naturaleza acrecienta continuamente su extensión debido a la expansión del universo causada por el Big Bang, expansión descubierta por Hubble, así también la explosión de imprentas, que comenzó con Guttenberg, aumenta continuamente el reino de los artefactos. El dominical del *New York Times* contiene más información de la que podrían manejar en el tiempo de una vida humana los miembros de una sociedad tribal primitiva. Por ello, resulta profundamente simbólico el crecimiento actual de nuestras bibliotecas, que sobrepasa el punto de saturación. La complejidad en el dominio de la información queda vivamente reflejada en el volumen de publicaciones. Alrededor de 50.000 títulos se publican anualmente sólo en los Estados Unidos, más de las dos terceras partes de los mismos pertenecen al ámbito del conocimiento más que del entretenimiento²⁹.

A medida que se despliegan nuestros procedimientos en el ámbito del desarrollo cognitivo salen a la luz nuevos hechos y las cosas se complican de forma creciente. Dichas complicaciones cognitivas revelan claramente las complejidades que caracterizan el tema de que se trate (¡pero no las crean!). También aquí la complejidad cognitiva, cuando es adecuadamente tratada, resulta ser un índice de la complejidad ontológica.

Uno de los principios más fundamentales de la epistemología es que una inteligencia poco potente queda forzosamente desconcertada por los modos de una más potente. En tal situación no se puede dar una comprensión adecuada: un niño de siete años no puede captar lo que dice un adulto experto en matemáticas. Pues bien, el progreso científico presenta el mismo fenómeno. Una persona equipada con los conocimientos científicos de la época de Aristóteles no puede leer con provecho ni agrado un tratado

²⁹ Véase *The Bowker Annual: Library and Book Trade Almanac*, 40^o ed., New Providence, NJ: P. R. Bowker, 1995.

actual de física o de cosmología. Dado que la ciencia nos adentra en espesuras de complejidad cada vez más profundas, nos enfrentamos a limitaciones tales que la cuestión de su posible superación en el futuro se vuelve imponderable. En resumen, la complejidad crea desafíos, tanto serios como frívolos, en todas las áreas del esfuerzo humano³⁰.

³⁰ El abanico de opciones ante el cual nos sitúa en el mundo del espectáculo la tecnología moderna es realmente asombroso. Los mismos vídeos, cassettes y disquetes que inundan el mercado de la información, inundan también el del espectáculo. A través de los cientos de canales operativos de televisión por cable, la magia de la electrónica pone al alcance de nuestras manos miles de películas y decenas de miles discos compactos. (El que piense que la tecnología moderna hace más simple la vida es que vive en otro planeta).