

# *Complejidad y conocimiento: algunas reflexiones<sup>1</sup>*

## *Complexity and knowledge: some reflections*

*Luis Alvaro Cadena Monroy<sup>2</sup>*

### **Resumen**

Se presentan algunos elementos de la lingüística relacionados con el conocimiento, y algunas propuestas sobre la producción científica. Con base en esto, se hace una propuesta sobre el proceso de conocimiento. Se sugiere que el conocimiento tiene dos fases: una primera fase en la cual el sistema de conocimiento crea y configura su fuente de información, y una segunda fase en la cual el sistema de conocimiento se adapta a su fuente de información. Desde las perspectivas de las estructuras disipativas y de la teoría del caos, se discute si el conocimiento puede ser considerado como un proceso complejo. Se discuten las sugerencias de V. Garrafa y P. L. Sotolongo –presentadas en el Estatuto epistemológico de la bioética- de introducir la perspectiva de los sistemas complejos dentro del conocimiento bioético.

**Palabras claves:** lingüística, producción científica, sistema de conocimiento, sistemas complejos, conocimiento bioético.

<sup>1</sup> Artículo de reflexión teórica elaborado en el doctorado en Bioética, Universidad El Bosque. Entregado 18/02/2008 y aprobado el 30/05/2008.

<sup>2</sup> PhD. Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. D.C., Profesor e Investigador, Universidad El Bosque, Departamento de Bioética, investigador, grupo A Colciencias, “Bioéticas”. e-mail: L\_a\_cadena\_m@yahoo.es

## Abstract

Some elements of linguistics that are related with knowledge and some proposals about scientific production are presented in order to support some proposals about cognitive processes. It is suggested that knowledge has two phases, the first one in which the cognitive system creates and shapes its informative source, and a second one, in which the cognitive system adapts to the informative source. From the perspective of dissipative structures and chaos theory, it is discussed whether knowledge can be considered as a complex system. V. Garrafa's and P. L. Sotolongo's proposals about introducing a complex system perspective within bioethics' knowledge –in the bioethics' epistemological statute- are discussed.

**Keywords:** linguistics, scientific production, cognitive system, complex systems, bioethics' knowledge.

## Introducción

Algunos investigadores de la bioética piensan que es necesario considerar a la sociedad como un fenómeno que debe ser estudiado desde la perspectiva de los sistemas complejos. Como consecuencia de lo anterior, el conocimiento de la realidad social debería ser, también, un proceso complejo. Para abordar este problema, analizaremos en primera instancia el proceso de conocimiento a partir de dos perspectivas: la lingüística y la producción científica. Tomando como referencia algunas discusiones de la lingüística y la producción científica, se hará una propuesta sobre cómo puede ser el proceso de conocimiento. Con base en esto, se analizará el conocimiento, en general, y el conocimiento bioético en particular, desde el punto de vista de los sistemas complejos.

## 1. Algunos enfoques de la lingüística

### 1.1 Estructuralismo lingüístico

El fundador del llamado estructuralismo lingüístico fue F. de Saussure. Según él, la lengua puede ser estudiada desde dos perspectivas complementarias. Una es la de -en un momento dado de la historia de la lengua-

hacer una verdadera abstracción y estudiarla como conjunto ordenado de elementos. La otra es la de estudiar su evolución en el tiempo, como un conjunto de sistemas superpuestos. El primer enfoque se denomina sincrónico, mientras que el segundo se llama diacrónico.<sup>3</sup>

F. de Saussure hace la siguiente reflexión sobre la relación entre la palabra como combinación de elementos fonéticos provistos de significación y el objeto de la realidad a que se refiere: el signo lingüístico resulta ser una entidad psíquica que está constituida por dos elementos, el significante y el significado. El significante –o imagen acústica- es la huella psíquica que en nuestros cerebros genera el escuchar la palabra árbol, por ejemplo. Unimos inmediatamente este significante con el concepto o significado que tenemos de lo que es un árbol. Los dos elementos están inseparablemente unidos como las dos caras de un papel, y están dominados por algunas leyes: *a.* la relación entre el significante y el significado es arbitraria, *b.* el significante tiene un carácter lineal debido a que es imposible que en un mismo mensaje puedan presentarse simultáneamente dos significantes: necesariamente, uno debe seguir al otro. La lengua sería un conjunto de símbolos relacionados que forman un sistema, es decir, un conjunto de relaciones. Son éstas las que definen a los símbolos.<sup>4</sup>

Para el estructuralismo lingüístico, toda lengua sería un conjunto de elementos dotada de una estructura de carácter abstracto. El lingüista podría únicamente analizar esta estructura, y debería dejar de lado elementos extralingüísticos. Hacia 1943 el lingüista H. Hjelmslev sostenía que para construir una verdadera lingüística, deberían desecharse todos los elementos extralingüísticos (psicológicos, físicos o sociológicos) y representarse al lenguaje como un todo autosuficiente.<sup>5</sup>

En 1957 N. Chomsky –discípulo de los lingüistas estructuralistas Harris y Jacobson- publica “Las estructuras sintácticas”. Allí sugiere que se debe pasar de la descripción a la construcción de modelos de predicción. Para ello, Chomsky parte de un hecho trivial: cualquier hablante de una lengua está capacitado para producir mensajes que nunca antes se

<sup>3</sup> Blecua, J. M. *Lingüística y significación*. Barcelona: Salvat Editores, S.A., 1973, p. 73.

<sup>4</sup> *Ibid.*, p. 37.

<sup>5</sup> Blecua, J. M. *Revolución en la lingüística*. Barcelona: Salvat Editores, S.A., 1973, p. 110.

habían producido. Estos nuevos mensajes pueden ser entendidos por los oyentes. De esta forma, la lengua está constituida por un número finito de elementos, con los cuales se pueden crear, potencialmente, infinitos mensajes. En cada lengua existe un conjunto de reglas con las cuales es posible construir todas las frases existentes y todas aquellas que son posibles. A este conjunto de reglas puede llamársele gramática generativa, las cuales constituyen una serie de procedimientos capaces de producir todas las frases gramaticales de una lengua y de poner en relación cualquier significado posible con una determinada estructura fonética.<sup>6</sup>

## 1.2 Funcionalismo lingüístico

Chomsky tuvo la gran virtud de mostrar que el lenguaje puede ser considerado como un conjunto de reglas que pueden, incluso, ser ordenadas. Sin embargo, cuando se considera al hombre social, el ordenamiento mencionado puede llegar a desaparecer. En el contexto social, la mayoría de las oraciones no son emitidas por primera vez; buena parte del discurso resulta ser aproximadamente rutinario.<sup>7</sup> Los éxitos del estructuralismo hicieron que se descuidaran algunos aspectos que podrían tener relevancia para los estudios lingüísticos, es decir, los aspectos físicos, psicológicos o sociológicos.

Según Halliday, el lenguaje va erigiéndose en los individuos por medio del intercambio permanente de unos por otros significados. Al mismo tiempo que un niño aprende el lenguaje, se va formando una imagen de la realidad a su alrededor. De esta manera, la construcción de la realidad es inseparable de la construcción del sistema semántico en el cual se codifica la realidad. El lenguaje consiste más en el texto o en el discurso que en oraciones. Las variaciones en el lenguaje reflejan la diversidad de las estructuras sociales. El contexto influye en lo que se dice, y lo que se dice influye en el contexto.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> *Ibid*, pp. 130,131,134-136,140.

<sup>7</sup> Halliday, M. A. K. *El lenguaje como semiótica social*. México: Fondo de Cultura Económico de México, 1982, p. 13.

<sup>8</sup> *Ibid*, pp. 10-11.

En los enfoque estructuralistas se privilegia una perspectiva que va desde los fonemas, pasando por los morfemas hacia las palabras, etc., y se considera al morfema como la unidad mínima dotada de significado (así por ejemplo, en la palabra subdivisión se tienen tres morfemas: sub, división; cada uno de estos tres morfemas tiene significado, pero no es una palabra; sin embargo, corre es un morfema y una palabra a la vez)<sup>9</sup>. En los enfoques funcionalistas, la estabilidad o el cambio en el sistema social se refleja en el texto. El texto es el canal fundamental de la transmisión cultural, y es la verdadera unidad semántica<sup>10</sup>.

### 1.3 Lenguaje y conocimiento

Para A. Shaff la actividad del lenguaje implica el pensamiento: "... pensar siempre es pensar en un lenguaje determinado, y no algo que se pueda dividir en etapas: en un pensar antes de hablar y en un 'disfraz' secundario de los pensamientos con las palabras de un lenguaje...".<sup>11</sup> No es posible pensar de forma humana, y actuar de una manera condicionada por ese pensamiento, si no se ha adquirido en la época correspondiente de la vida de un individuo en una comunidad el uso de algún lenguaje.<sup>12</sup>

L. S. Wygotskij sostiene que el pensamiento debe tomarse en un sentido amplio como autoorientación en el mundo. De esta forma, podrían estudiarse los elementos y vías de producción del pensamiento separados de la producción del lenguaje, tanto desde el punto de vista filogenético, como del ontogenético. En las primeras etapas de la filogénesis y de la ontogénesis los elementos y vías de producción del pensamiento y del desarrollo del lenguaje son independientes entre sí. No obstante, hacia los dos años, aproximadamente, en el niño se unen las dos líneas que habían permanecido separadas y lleva a cabo el mayor de los descubrimientos de su vida: las cosas tienen nombre.<sup>13</sup> Más adelante, el discípulo de Wygotskij, A. R. Luria sostendría que el hombre puede sobrepasar la pura percepción sensorial directa gracias al lenguaje. Por éste, el pensamiento delimita

<sup>9</sup> Yuen Ren Chao. *Iniciación a la lingüística*. 2ª Ed. Madrid: Ediciones Cátedra, S. A., 1977, p. 69.

<sup>10</sup> Halliday, M. A. K. Op. cit., pp. 94, 185.

<sup>11</sup> Schaff, A. *Lenguaje y conocimiento*. México: Editorial Grijalbo, S. A., 1967, p. 164.

<sup>12</sup> *Ibid*, p. 164.

<sup>13</sup> *Ibid*, p. 150.

los elementos fundamentales de la realidad, puede reunir dentro de una misma categoría elementos y fenómenos que perceptualmente pudieran parecer como diferentes y, separar fenómenos hacia diferentes esferas de la realidad, que inicialmente aparecen a la percepción como semejantes.<sup>14</sup>

#### 1.4 El lenguaje y la configuración de lo real

Según A. Schaff<sup>15</sup>, hacia 1770 J. G. Herder sostuvo que el sistema lingüístico forma la concepción del mundo de los seres humanos. El lenguaje es una especie de “tesorería” y, a la vez, “forma” del pensamiento. Es “tesorería” porque a través del lenguaje se transmiten, por la educación y de una generación a otra, las experiencias y conocimientos. Y, a la vez, es “forma” del pensamiento en el sentido de que constituye el proceso de pensamiento y, de cierta manera lo limita. El lenguaje limita el conocimiento de los seres humanos.

Siguiendo a Herder, Wilhem von Humboldt decía que en cada lengua se presenta una concepción del mundo que le es particular. El lenguaje le da unidad al mundo y configura la realidad. En este sentido, el lenguaje es creador de este mundo. S. Szuman, citado por A. Schaff, sostenía que el niño configura el mundo de sus objetos al tiempo que aprende a llamarlos por su nombre. Al respecto, la historia de Kaspar Hauser es aleccionadora: desde muy corta edad (tal vez unos tres años) fue encerrado en una pequeña y oscura celda, siendo aislado de todo contacto humano. Sin saberse por qué, fue liberado cuando tenía 16 ó 17 años. Seis semanas después, y sorprendentemente, reaprendió a hablar rápidamente. Posteriormente mencionó que antes de su reaprendizaje, “percibía el mundo como un conglomerado de colores y sólo comenzó a concebirlo como un mundo de las cosas hasta el momento en que aprendió sus nombres”<sup>16</sup>.

La conclusión que puede extraerse de lo anterior es la siguiente: el lenguaje no resulta ser, únicamente, el medio de representar el mundo, sino que, de cierta manera, el lenguaje crea el mundo mismo.

<sup>14</sup> Luria, A. R. *Lenguaje y pensamiento*. Barcelona: Editorial Fontanella, 1980, p. 25.

<sup>15</sup> Schaff, A. Op. cit., p. 13.

<sup>16</sup> Schaff, A. Op. cit., p. 154.

## 2. Elementos de la producción científica

Miraremos brevemente, las propuestas que hacen K. Popper y T. Kuhn, entre otros, sobre la producción científica. Este recorrido, junto con el de la lingüística, nos permitirá llegar a una propuesta sobre el proceso de conocimiento.

### 2.1 Popper

En su lógica de la investigación científica, K. Popper parte del análisis que hace Hume sobre la relación de causa y efecto. Según Hume –dice B. Russell-, no hay nada en un objeto que implique la existencia de otro objeto. El hecho de que de un acontecimiento suela seguirse un segundo acontecimiento, no implica que el primer acontecimiento es la causa del segundo. Lo que aparece como una relación causal es en realidad fruto del hábito de la asociación entre los acontecimientos.<sup>17</sup> Este esclarecimiento de Hume con referencia a la relación de causa y efecto tiene una consecuencia clara en el llamado principio de inducción. Aunque este principio ha tomado formas diferentes con los distintos autores, tal vez la forma más difícil de justificar es la de que de una serie de acontecimientos particulares puede inducirse un caso universal.

K. Popper parte de afirmar que, con Hume, ya debía haberse visto con claridad que el principio de inducción lleva a incoherencias. Popper desarrolla una teoría que, según él, se opone a las propuestas que se apoyan en una lógica inductiva. Llama a su teoría el método deductivo de contrastar. Según este método, una hipótesis únicamente puede contrastarse empíricamente, y sólo después de haber sido formulada.<sup>18</sup> Para poder desarrollar esta propuesta, Popper cree que debe comenzar por distinguir entre la psicología del conocimiento, y la lógica del conocimiento. La etapa inicial del conocimiento es el acto de concebir o inventar una teoría. Este proceso ni exige un análisis lógico, ni es accesible a él. Un vez que se ha sugerido provisionalmente una idea nueva (“...una

<sup>17</sup> Russell, B. *Historia de la filosofía occidental. T. II*. Madrid: Espasa-Calpe, S. A., 1971, pp. 287-288.

<sup>18</sup> Popper, K. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Editorial Tecnos, S. A., 1985, pp. 29,30,32.

anticipación, una hipótesis, un sistema teórico o lo que se quiera...”), y por medio de la deducción lógica, deben extraerse conclusiones que deberán ser comparadas con otros enunciados y entre sí. El objeto de este proceso es el de esclarecer qué tipo de relaciones lógicas pueden presentarse entre estas conclusiones.

En este estado de cosas, podrían distinguirse cuatro métodos de contrastar una teoría. El primero consiste en ver si las conclusiones son consistentes entre sí. Luego se debe pasar a determinar si la teoría es empírica (científica) o si, tal vez, es tautológica. Viene, posteriormente, la comparación con otras teorías: en caso de que la teoría sobreviviera a las contrastaciones que vendrían después ¿es un adelanto científico con relación a las otras teorías? Por último, viene el método de contrastar la teoría por la aplicación empírica de las conclusiones que se deducen de ella<sup>19</sup>.

El último método de contrastación consiste en lo siguiente: de la teoría y de otros enunciados aceptados se deducen ciertos enunciados particulares –las «predicciones»– que sean fácilmente contrastable o aplicables. El conjunto de enunciados singulares susceptibles de ser contrastados constituye la base empírica del sistema científico o empírico. Lo que viene a continuación es la comparación de estos enunciados con resultados de aplicaciones prácticas o de experimentos. Si las predicciones son verificadas, por ahora, la teoría ha sobrevivido a la contrastación. Si las predicciones resultan no ser correctas, entonces, ellas habrán sido falsadas y, consecuentemente, la teoría de la cual se han deducido estas conclusiones o predicciones debe ser, también, falsa. El que la teoría sobreviva a las primeras contrastaciones, no significa que sea verdadera. Posteriores contrastaciones podrían acabar con ella.

Con base en esto, Popper entra en el problema de distinguir lo que es una ciencia empírica de lo que sería un sistema «metafísico». El criterio de demarcación entre lo que es ciencia y lo que no es ciencia será la falsabilidad.<sup>20</sup> Un sistema será científico o empírico si puede contrastarse mediante la experiencia: ha de ser posible refutar, por medio de

<sup>19</sup> *Ibid*, p. 32.

<sup>20</sup> Magee, B. “Popper”. En: Kermode E. Ed. *Fontana modern masters*. Fontana/Collins, pp. 8-55, 1985, p. 43.



la experiencia, un sistema científico empírico. Popper admite que este criterio de demarcación debe ser una "...propuesta para un acuerdo o convención".<sup>21</sup>

Según Popper, los enunciados científicos pueden considerarse objetivos en la medida en que puedan contrastarse empíricamente. Ahora bien, los enunciados fundamentales deben ser susceptibles de ser contrastados intersubjetivamente. Esto significa que, en ciencia, no puede haber enunciados últimos que no puedan pasar por el tamiz de la contrastación. "Los sistemas teóricos se contrastan deduciendo de ellos enunciados de un nivel universal más bajo; éstos, puesto que han de ser contrastables intersubjetivamente, tienen que poderse contrastar de manera análoga –y así *ad infinitum*". Esto no significa que todo enunciado científico deba ser contrastado, sólo que debe ser susceptible de poderse contrastar<sup>22</sup>.

## 2.2 Kuhn

Según T. Kuhn, la ciencia pasa alternativamente por períodos de investigación más o menos estables, dominados por lo que él llama un paradigma, a períodos en los cuales –debido a una serie de anomalías que no pueden ser asimiladas por el paradigma preponderante- varias teorías nuevas e interpretaciones compiten por explicar las anomalías. Pronto van "desapareciendo" las teorías de la competencia hasta que, finalmente, se impone una teoría, alcanzándose así un nuevo período de ciencia normal<sup>23</sup>. Ciencia normal es, para Kuhn, la investigación que se basa en una o más realizaciones científicas pasadas. Durante algún período de tiempo, estas realizaciones son reconocidas por una comunidad científica como la base para su práctica. De manera algo modificada, y actualmente, estas realizaciones son expuestas en los llamados libros de texto. Antiguamente, estos libros de texto eran libros escritos directamente por los autores de las realizaciones científicas. Por medio de estas obras, se definieron los problemas y métodos legítimos de un área de investigación para varias generaciones de científicos.

<sup>21</sup> Popper, K. Op Cit., p. 43.

<sup>22</sup> *Ibid*, pp. 46-47.

<sup>23</sup> Kuhn, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. 2ª ed. México: Fondo de Cultura Económico, 1978, p. 43.

Las realizaciones referidas no tenían un precedente semejante al de ellas, con lo cual podían atraer a un grupo permanente de partidarios, separándolos de la competencia; además, eran suficientemente incompletas como para dejar muchos problemas para ser resueltos posteriormente. Kuhn llama a las realizaciones que presentan estas dos características, “paradigmas”. Éstos logran su status debido al éxito que tienen frente a sus competidores en resolver ciertos problemas que la comunidad científica considera como agudos<sup>24</sup>. El paradigma define lo que serían problemas a ser resueltos y, a menudo, el aparato que puede resolver el problema. También define lo que no serían problemas científicos, y lo hace así debido a que no encajan dentro de los elementos conceptuales e instrumentales que él suministra.

La literatura de la ciencia normal se ve agotada, según Kuhn, por tres clases de problemas: la definición de lo que es el hecho significativo, el ajuste de los hechos con la teoría y la articulación de la propia teoría. La ciencia normal es, en esencia, un proceso acumulativo y gradual, que va permitiendo una más fina precisión de la actividad científica. No suele descubrir algo inusualmente novedoso. No obstante, la investigación científica lleva al descubrimiento de nuevos e inesperados fenómenos que les permiten a algunos científicos inventar teorías radicalmente nuevas. Los descubrimientos no son sucesos excepcionales, sino que se presentan regularmente con cierta estructura. Generalmente, el descubrimiento empieza con el reconocimiento de la anomalía, es decir, con la percepción de que, de cierta manera, la naturaleza ha violado las expectativas del paradigma. Esto atrae la atención de varios investigadores: se estudia la anomalía hasta que se estructura una nueva teoría que encaja más o menos bien con aquella.

Hasta un punto mayor o menor (correspondiendo a la continuidad que va de los resultados imprevistos al resultado previsto), las características comunes a [...] todos los descubrimientos [...] incluyen: la percepción previa de la anomalía, la aparición gradual y simultánea del reconocimiento tanto conceptual como de observación y el cambio consiguiente de

las categorías y los procedimientos del paradigma, acompañados a menudo por resistencia. Hay incluso pruebas de que esas mismas características están incluidas en la naturaleza del proceso mismo de la percepción<sup>25</sup>.

Así, se da paso a un período de competencia entre diferentes escuelas que buscan explicar la anomalía: no sólo deben explicarla, sino que deben ser capaces de solucionar una buena parte de los problemas que los anteriores paradigmas podían resolver. Para defender su paradigma cada escuela utiliza su propio paradigma. La elección de un paradigma sobre los demás no se resuelve exclusivamente mediante la lógica y la investigación. Este proceso, más bien, es como la selección natural: toma las más viables de las alternativas existentes, en su contexto particular.

En necesario decir que,

ninguna teoría resuelve nunca todos los problemas a que un momento se enfrenta, ni es frecuente que las soluciones ya alcanzadas sean perfectas. Al contrario, es justamente lo incompleto y lo imperfecto del ajuste entre la teoría y los datos existentes lo que en cualquier momento define mucho de los enigmas que caracterizan a la ciencia normal. Si todos y cada uno de los fracasos en el ajuste sirvieran de base para rechazar las teorías, todas las teorías deberían ser rechazadas en todo momento<sup>26</sup>,

lo cual no sucede en la práctica.

Con relación a su propuesta sobre la racionalidad científica y la inconmensurabilidad, pueden reconocerse tres etapas en la obra de Kuhn.<sup>27</sup> En la primera etapa, Kuhn sugiere que, durante las revoluciones científicas, la lógica no resulta suficiente para explicar el cambio de paradigma. En éste, y entre otros, intervienen la capacidad predictiva, la simplicidad, la precisión,

<sup>25</sup> *Ibid*, pp. 57,66,71,93,107.

<sup>26</sup> *Ibid*, pp. 227-228.

<sup>27</sup> Garma, A. "Thomas Khun y la racionalidad científica. Inconmensurabilidad y verdad". En: *A Prte Rei. Revista de Filosofía*, No. 40, pp. 1-9. Revista de la red, pp. 1-5.

la consistencia, las cuales funcionan más como valores que como criterios racionales. Por su parte, la inconmensurabilidad resulta ser instrumental al cambio científico, es decir, es funcional al incremento de la capacidad de resolución de enigmas. En la segunda etapa, y como respuesta a sus críticos, Kuhn establece algunos cambios, sobre todo, en su concepción sobre la inconmensurabilidad. Ésta se localiza en aquellos conceptos que cambian generando una inconmensurabilidad local. Aún siendo local, la inconmensurabilidad impide la traducción entre teorías. Finalmente, y en su tercera etapa, el objetivo fundamental “de la racionalidad científica ha de ser ahora reafirmar que ‘la inconmensurabilidad está lejos de constituir una amenaza para la evolución racional’”. El análisis de la inconmensurabilidad se reduce prácticamente al de la inconmensurabilidad de términos, es decir, del significado y referencia de los mismos”.<sup>28</sup> Kuhn habla del significado de los términos de manera taxonómica, es decir, habla de términos de clase. Algunos conceptos están incluidos en otros de manera jerárquica, de tal forma que se genera una taxonomía como clases de conceptos. Cuando una clase de conceptos resulta diferente en distintas teorías, la traducción, por lo menos en ese aspecto, se hace imposible.

### 2.3 *Feyerabend*

Alejándose de Popper, Feyerabend cree que la afirmación de que la ciencia se debe y puede regirse por unas reglas fijas y de que su racionalidad reside en un acuerdo con esas reglas no es realista y está viciada.

La investigación histórica entra en conflicto con la suposición de que los asuntos científicos están regidos por un método que contiene principios totalmente obligatorios e inmodificables. Por el contrario, no hay una sola regla, por firmemente establecida que sea, que no sea transgredida en una u otra oportunidad. Es más, tales transgresiones no sólo ocurren, sino que son necesarias para el progreso. “Puede demostrarse lo siguiente: considerando cualquier regla, por ‘fundamental’ que ella sea, hay siempre circunstancias en las que se hace aconsejable no sólo ignorar la regla, sino adoptar su opuesta”<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> *Ibid*, p. 5.

<sup>29</sup> Feyerabend, P. *Contra el método*. Barcelona: Editorial Ariel, 1974, pp. 15-16.

En el desarrollo de un punto de vista científico, se parte de una creencia muy firme que va en la dirección contraria a aquella en la cual se encuentra lo que se piensa que es razonable en la época. Esta creencia crece y se apoya en otras creencias que son, también, igualmente irrazonable o, a veces, más. Finalmente, las teorías llegan a ser claras y “razonables” un tiempo después de que fragmentos incoherentes de ellas han servido durante un buen tiempo. “Tal irrazonable y poco metódico prólogo resulta así ser una inevitable condición previa de claridad y éxito empírico”<sup>30</sup>.

Feyerabend sostiene que, en algunos casos, las teorías científicas pueden resultar inconmensurables entre sí. Para afirmar esto se basa en la siguiente interpretación de los diferentes elementos envueltos en el proceso de conocimiento científico: una teoría efectúa una serie de predicciones que dependen de sus postulados y de las correspondientes reglas gramaticales, en tanto que el significado de las “naciones primitivas” dependerá únicamente de los postulados y de las reglas gramaticales correspondientes. Con base en esto, Feyerabend afirma que

al extender los conceptos de una nueva teoría T, a todas sus consecuencias, informes observacionales incluidos, pueden cambiar la interpretación de estas consecuencias hasta tal extremo que desaparezcan, o bien del conjunto de consecuencias de las primeras teorías, o bien del conjunto de consecuencias de las alternativas disponibles. Estas primeras teorías y sus alternativas se harán, entonces, inconmensurables con T<sup>31</sup>.

## 2.4 Críticas a la inconmensurabilidad de Kuhn y Feyerabend

A. Rivadulla R. considera que la inconmensurabilidad de Kuhn resulta ser insostenible. Para ello analiza la posible inconmensurabilidad entre la teoría de la relatividad (TR) y la mecánica newtoniana (MN). Estudia ciertas cantidades físicas –como el momentum, la masa, la energía, el tiempo y la longitud- desde la perspectiva del análisis dimensional con-

<sup>30</sup> *Ibid*, pp. 20-21.

<sup>31</sup> *Ibid*, pp. 121-123.

cluyendo que cada una de estas cantidades, en las dos teorías referidas, tiene las mismas dimensiones, con lo que se puede pasar a afirmar que esas cantidades son homologables entre estas teorías y, por tanto, no habría una inconmensurabilidad nacida de la imposibilidad de hacer homologables las cantidades físicas fundamentales<sup>32</sup>.

Rivadulla<sup>33</sup> pasa a referirse a la tesis de Frege según la cual el sentido de un término determina su referencia. Si se acepta por completo esta tesis se puede llegar a la afirmación de Kuhn, según la cual, al cambiarse de teoría, se produce una transformación del significado de los términos descriptivos, con lo cual se produce un cambio de referencia apareciendo, así, la inconmensurabilidad entre las teorías.

“La idea de que el significado de un término, contextualmente definido, determina la referencia del término, no constituye pues doctrina aceptada unánimemente en la filosofía del lenguaje”<sup>34</sup>. Según Fine (citado por el referido Rivadulla), las diferentes concepciones sobre el electrón (Stoney, Thompson, Millikan) demuestran un cambio de referencia del electrón. Sin embargo, Rivadulla afirma que Fine no acudió a una base histórica rigurosa para hacer la afirmación que hizo. Por el contrario, dice Rivadulla, si se analizan las ideas de Stoney sobre el electrón como unidad de carga, se verá que coinciden con la propuesta de Helmholtz acerca de la naturaleza corpuscular de la electricidad. Este y otros ejemplos presentados por los partidarios de la determinación de la referencia por el significado son estudiados por Rivadulla, quien llega a la conclusión de que no se ha podido mostrar inequívocamente “que un cambio de teoría implica un cambio en la referencia de los términos compartidos”<sup>35</sup>.

De otra parte, Kuhn y Feyerabend creen que la masa en Newton y la masa en Einstein no se refieren a lo mismo, aún si se toma el límite en las ecuaciones apropiadas de TR. Según Rivadulla,

<sup>32</sup> Rivadulla, A. “Inconmensurabilidad y relatividad. Una revisión de la tesis de Thomas Kuhn”. En: *Revista de Filosofía*, Vo. 28, No 2, pp. 237-259, 2003, p. 243.

<sup>33</sup> *Ibid*, pp. 240,244.

<sup>34</sup> *Ibid*, pp. 248.

<sup>35</sup> *Ibid*, pp. 248-250.

la masa de una partícula es invariante, pues su valor no depende del estado dinámico del sistema de referencia en que se mida[...] Contra lo que afirman Kuhn y Feyerabend, la masa de una partícula es una propiedad invariante[...] La masa de un objeto no varía, tanto si se mide en reposo respecto de un sistema de referencia dado, como si se mide en movimiento respecto del mismo sistema, y nada autoriza a pensar que la referencia del término *masa* haya cambiado con el paso de la mecánica newtoniana a la teoría especial de la relatividad<sup>36</sup> (la cursiva es de Rivadulla).

La propuesta de la inconmensurabilidad –dice Rivadulla- tiene dos premisas supuestamente independientes: primera, el significado de los términos descriptivos de las teorías dependen del contexto; segunda, la referencia es determinada por el significado. La segunda premisa ya fue abordada por Rivadulla. Con respecto a la primera premisa, y desde una perspectiva instrumentalista de las teorías (las cosmovisiones de las teorías solamente son herramientas para manejarnos con la naturaleza), ella podría ser disuelta.

La mecánica newtoniana y la teoría de la relatividad se basan en geometrías incompatibles: tridimensional euclídea, la primera, cuatridimensional pseudoeuclídea la segunda.

La cuestión clave es: ¿Son estas geometrías representaciones de la naturaleza o más bien modelos instrumentales del mundo? [...] Si el mundo *real* es cuatridimensional o no es algo que ni podemos conocer ni tal vez tenga siquiera sentido preguntar [... Entonces], el problema de la inconmensurabilidad se enfoca desde una nueva perspectiva si las geometrías subyacentes a MN y TR no se consideran propiedades intrínsecas del Mundo, sino modelos geométricos de la naturaleza. Así concebidos los modelos clásico o relativista no son más que instrumentos para nuestro manejo con la naturaleza, cuya aceptación o rechazo depende sólo de su

<sup>36</sup> *Ibid*, pp. 252-253.

eficacia predictiva. En una concepción instrumentalista de la física la inconmensurabilidad resulta completamente inofensiva, ya que ningún compromiso ontológico, descriptivo o explicativo de la realidad resulta obligado<sup>37</sup> (la cursiva es de Rivadulla).

## 2.5 Lakatos

Lakatos<sup>38</sup> se pregunta si es posible distinguir entre el conocimiento científico y la ignorancia, o entre ciencia y pseudociencia. Según Popper, dice Lakatos, una teoría es «científica» si se puede precisar un experimento (u observación) crucial que pueda falsarla, y es pseudocientífica si se niega a especificar un «potencial falsador». Sin embargo, este criterio de Popper desconoce la tenacidad de las teorías científicas.

¿Son las revoluciones científicas sólo un cambio irracional de convicciones? A esta conclusión llega Kuhn después de descubrir que el falsacionismo de Popper resulta ser ingenuo. Pero, si Kuhn está en lo cierto, no habría un criterio claro para distinguir entre ciencia y pseudociencia; no podríamos distinguir entre progreso científico y decadencia intelectual. En este contexto, Lakatos propone la metodología de los programas de investigación científica que, según él, resuelve algunos de los problemas que no pudieron solucionar ni Popper ni Kuhn.

Lakatos afirma que la unidad descriptiva fundamental de los avances científicos no reside en alguna hipótesis aislada sino en un programa de investigación. La ciencia de Newton no sólo está constituida de cuatro conjeturas (las tres leyes, más la ley de gravitación universal). Estas cuatro leyes forman el «núcleo firme» del programa de investigación newtoniano. Este núcleo se protege de las posibles refutaciones por medio de un «cinturón protector» de hipótesis auxiliares. Además, este programa tiene una heurística, es decir, una serie de mecanismos para resolver problemas que, por medio de herramientas matemáticas poderosas, logran digerir las anomalías hasta el punto de transformarlas en evidencia positiva.

<sup>37</sup> *Ibid*, pp. 254-257.

<sup>38</sup> Lakatos, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1983, pp. 11-15.



Un programa de investigación es progresivo si la teoría lleva a descubrir nuevos fenómenos. Por otro lado, los programas regresivos fabrican teorías para ajustar los hechos ya conocidos. Las verificaciones triviales no indican un progreso empírico. Tampoco las «refutaciones» constituyen un fracaso empírico, como afirmaba Popper. Aquí, lo importante son las predicciones inesperadas y de gran envergadura. Unas pocas de estas pueden ser el eje de la decisión. De otra parte, si la teoría empieza a rezagarse con relación a los hechos, esta teoría ha entrado en el camino de los programas de investigación regresivos. Cuando se tienen dos programas de investigación y uno progresa mientras que el otro es regresivo, los científicos tienden a alinearse con los primeros.

En contra de Popper, la metodología de los programas de investigación científica no ofrece una racionalidad instantánea. Hay que tratar con benevolencia a los programas en desarrollo; pueden transcurrir décadas antes de que los programas despeguen del suelo y se hagan empíricamente progresivos. La crítica no es un arma popperiana que mate con rapidez mediante la refutación. Las críticas importantes son siempre constructivas; no hay refutaciones sin una teoría mejor. Kuhn se equivoca al pensar que las revoluciones científicas son un cambio repentino e irracional de punto de vista. La historia de la ciencia refuta tanto a Popper como a Kuhn; cuando son examinados de cerca, resulta que tanto los experimentos cruciales popperianos como las revoluciones de Kuhn son mitos; lo que sucede normalmente es que los programas de investigación progresivos sustituyen a los regresivos<sup>39</sup>.

## 2.6 Kitcher

Kitcher llama “Leyenda” a aquella concepción sobre la ciencia que supone que ella busca llegar a la verdad (toda la verdad, o la verdad de algunos aspectos de la naturaleza). Él propone como objetivo, investigar las propuestas de progreso y de racionalidad que son del afecto de los

<sup>39</sup> *Ibid.*, p. 16.

partidarios de la leyenda, pero que son objeto de ataques por parte de los adversarios de la leyenda<sup>40</sup>.

Después de intentar atrapar la idea de racionalidad, Kitcher encuentra que tiene muchas dificultades. Con base en esto, exclama: “¡basta! La lección de mi discusión no es que tendríamos que seguir perfeccionando nuestra definición de racionalidad y lograr algún análisis disyuntivo complejo que cubra todas las posibilidades. Propongo en lugar de ello que *disolvamos* la noción de racionalidad”. Y sugiere que se debe acudir a un modelo intermedio que involucre algunas de las ideas del racionalismo y algunas del antirracionalismo. El modelo intermedio comprende las siguientes afirmaciones:

(C1) La decisión de la comunidad se obtiene cuando un número suficiente de subgrupos lo bastante poderosos al interior de la comunidad ha tomado la decisión (posiblemente de manera independiente, posiblemente de manera coordinada) de modificar sus prácticas de una forma particular.

(C2) Por lo común, los científicos tienen como motivación tanto fines no epistémicos como fines epistémicos.

(C3) Hay una variación cognitiva significativa al interior de las comunidades científicas, en cuanto a prácticas individuales, propensiones subyacentes y exposición a estímulos.

(C4) Durante las primeras fases del debate científico, los procesos sufridos por quienes finalmente resultan vencedores no están (usualmente) mejor diseñados para fomentar el progreso cognitivo que los que sufren quienes finalmente resultan perdedores.

(C5) Los debates científicos se cierran cuando, como resultado de conversaciones con colegas y encuentros con la naturaleza parcialmente producidos por decisiones tempranas de

---

<sup>40</sup> Kitcher, P. *El avance de la ciencia*. México: Universidad Autónoma de México, 2001, pp. 1,2,21.

modificar prácticas individuales, surge en la comunidad un argumento al alcance de todos que resume un proceso para modificar la práctica que [...] es notablemente superior para fomentar el progreso cognitivo que otros procesos sufridos por los protagonistas del debate; el grupo victorioso acumula el poder principalmente en virtud de la integración de este proceso en el pensamiento de los miembros de la comunidad y el reconocimiento de sus virtudes<sup>41</sup>.

## 2.7 *Elkana*

Y. Elkana compara el pensamiento occidental con el no occidental, y sostiene que la ciencia es un sistema cultural. Afirma que no hay diferencia de fondo, ni por el conocimiento, ni por la lógica, entre el pensamiento de las sociedades occidentales y no occidentales. Por supuesto que hay algunas diferencias, sin embargo, éstas, junto con las similitudes pueden ser explicadas en términos socio-históricos<sup>42</sup>.

Como los demás, la ciencia es un sistema cultural. Instituciones sociales que pueden ser consideradas como sistemas culturales son: el mito, la magia, el arte en general, la epistemología y la ciencia. Son aproximaciones interpretativas que propenden por una significación nueva.

De otra parte,

las opiniones sobre las tareas de la ciencia (la comprensión, la predicción, etc.), sobre la naturaleza de la verdad (cierta, probable, alcanzable), sobre las fuentes de conocimiento (la revelación, el razonamiento, la experiencia basada en los sentidos), hacen parte de las imágenes de la ciencia, y dependen de la época y de la cultura. Es la imagen de la ciencia la que decide sobre los problemas que se deben escoger entre la infinidad de problemas sugeridos por el corpus del cono-

<sup>41</sup> *Ibid*, pp. 270-279.

<sup>42</sup> Elkana, Y. "La ciencia como sistema cultural: una aproximación epistemológica". En: Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología, Vol. III, No 10-11, pp. 65-80, 1983, pp. 65,68.

cimiento; son criterios formulados por la sociedad los que fijan su escala de importancia [...] Las imágenes del conocimiento son perspectivas sobre el conocimiento socialmente determinadas [...] <sup>43</sup>.

Con esta perspectiva, Elkana se introduce en la discusión entre las escuelas de conocimiento de corte realista y las de tipo relativista, y propone lo que llama pensamiento a dos niveles: una cosa es examinar diferentes marcos culturales, y otra es ubicarse dentro de un marco cultural específico. En el primer caso, se puede ser relativista, mientras que en el segundo se puede ser realista. En un nivel, podemos aceptar que no tenemos los recursos para decidir entre dos contextos culturales puesto que siempre acudimos a una cultura a la cual no podemos renunciar. En este nivel, podemos y debemos ser relativistas. Sin embargo, ubicados en un contexto cultural dado, debemos aceptar lo que ese contexto tiene por realidad. En este nivel podemos y debemos ser realistas: esa realidad resulta ser tan cierta para el mundo natural como para el mundo social.

¿Qué importancia tiene el tener que confesar que no existe ningún medio “objetivo” para escoger, entre otros, estos dos contextos diferentes si se les mira desde el exterior (acción esta última que por lo demás, nunca podemos llevar a cabo completamente puesto que siempre permanecemos en nuestro contexto)? Se trata así de un pensamiento a dos niveles y aceptarlo como inevitable nos conduce a encontrar un lugar armonioso entre el realismo y el relativismo [...] No es imposible ligar las dos posiciones, realismo y relativismo. El enlace se realiza sosteniendo las dos simultáneamente. Epistemológicamente hablando no se presentan dificultades si se tienen en cuenta dos cosas: Primero, la imposibilidad de ordenar objetivamente marcos conceptuales según su grado de racionalidad o de aproximación a una Verdad independiente de un contexto; segundo, la posibilidad, en un marco dado, de definir criterios de racionalidad y verdades relativas a ese

marco y ordenar el mundo en su interior según sus criterios.  
Es el pensamiento a dos niveles<sup>44</sup>.

### 3. El sistema de conocimiento

A partir de las discusiones sobre la lingüística y el conocimiento científico, presentadas en los apartados anteriores, haré una propuesta sobre lo que sería, para mí, un sistema de conocimiento. Supondremos que el conocimiento es tal, sólo dentro de una “estructura” que llamaremos sistema de conocimiento. Este sistema de conocimiento no es un sistema aislado, sino que es un sistema que interactúa con su medio ambiente mediante el intercambio de información.

Lucrecio decía hacia el siglo primero A. de C., nunca nació nada de la nada. Algo semejante decía K. Popper, con respecto al conocimiento: “El conocimiento no parte nunca de cero, sino que siempre presupone un conocimiento básico anterior...”<sup>45</sup>. Por nuestra parte, creemos que todo sistema de conocimiento presupone un conocimiento anterior sobre el cual se erige este nuevo sistema de conocimiento. Así por ejemplo, cuando Newton quiere construir la física del movimiento, tiene que -entre otras- acudir a un conocimiento previo: las propuestas de Copérnico, Galileo y Kepler; pero, además, debe construir él mismo, una matemática que es conceptualmente previa a sus desarrollos físicos. Sólo cuando Newton crea el cálculo, puede pasar a la construcción de su nuevo sistema de conocimiento físico.

El sistema de conocimiento se construye sobre la base de tres tipos de conocimiento que le preceden: uno, es el sistema (o sistemas) de conocimiento del cual proviene históricamente el sistema de conocimiento referido; otro es el conocimiento que reside en las estructuras perceptivas del sistema de conocimiento; y el tercero es el conocimiento previamente acumulado (“masa” crítica de conocimiento acumulada originariamente) para la construcción del nuevo sistema de conocimiento.

<sup>44</sup> *Ibid*, pp. 75-77.

<sup>45</sup> Popper, K. Realismo y el objetivo de la ciencia. Post Scriptum a la lógica de la investigación científica, Vol. 1. Madrid: Ténos, 1983, p. 75.

### 3.1 Sistema de conocimiento previo

En términos generales, diremos que un sistema de conocimiento se puede originar a partir de otro sistema de conocimiento anterior por medio de uno de dos mecanismos: por la formación de una restricción nueva, o por la anulación de una restricción anterior. Estos procesos de formación o anulación de alguna restricción están asociados al proceso de constitución de las estructuras perceptivas del sistema de conocimiento.

#### 3.1.1 Formación de una restricción

Veremos dos ejemplos sobre cómo es posible obtener un nuevo conocimiento a partir de un conocimiento anterior, por medio de alguna restricción: el primero es el de la mecánica estadística clásica, y el segundo es el llamado por Einstein principio de Boltzmann.

##### 3.1.1.1 Mecánica estadística clásica

Supóngase se tiene un sistema cerrado (es decir, un sistema que sólo puede intercambiar energía con su entorno, aunque sus estados energéticos son finitos) constituido por  $N$  partículas (átomos, por ejemplo), y que las partículas pueden encontrarse en diferentes estados, caracterizados éstos por ciertas coordenadas generalizadas y sus correspondientes momentums conjugados. Clásicamente, si damos el conjunto de coordenadas y momentums mencionados para un instante dado, habremos especificado el microestado del sistema. En un espacio multidimensional, constituido por tales coordenadas y momentums (el espacio de fases), el microestado del sistema se especificará por un punto (en realidad, por una región). El sistema pasará, con el tiempo, de unos a otros puntos (regiones) en tal espacio, es decir, pasará de unos a otros microestados que le son accesibles, según la energía del sistema.

Construyamos un conjunto de sistemas cerrados como los descritos (un macrosistema), de manera que ellos sean adyacentes y puedan intercambiar energía entre sí; sin embargo, el macrosistema será aislado, por lo que no podrá haber intercambio de energía ni de materia entre el macrosistema y el entorno. Digamos que el macrosistema aislado está

constituido por  $n$  sistemas cerrados, y que  $|$  es el número de estados cuánticos accesibles a un sistema cualquiera o al microsistema, según sea el caso. Sea  $nE$  la energía del macrosistema, y sea  $E_n$  la energía del  $n$ -ésimo sistema. Por otro lado, digamos que el número de sistemas que se pueden encontrar en el  $i$ -ésimo microestado es  $n_i$ .

A continuación, construimos una distribución en la cual enumeramos el número de sistemas que se encuentran en cada uno de los diferentes microestados. Es decir, tenemos una distribución cuando damos un conjunto de números  $n_i^v$ , cada uno de los cuales indica el número de sistemas pertenecientes al macrosistema que, en un instante dado, se encuentran en el  $i$ -ésimo microestado. Llamamos al número  $n_i^v$  el número de ocupación del  $i$ -ésimo estado cuántico. Para una distribución determinada,  $v$ , se tienen los dos siguientes constreñimientos o restricciones<sup>46</sup>:

$$\bullet \sum_{i=1}^k n_i^v = n \quad \text{y} \quad \bullet \sum_{i=1}^k n_i^v E_i = nE$$

Es decir, la suma del número de sistemas que se encuentran en diferentes microestados, debe ser igual al número total de sistemas del macrosistema, y la suma del producto del número de sistemas que se encuentran en los diferentes microestados por la energía del correspondiente microestado, debe ser igual a la suma de la energía total del macrosistema.

Es fácil demostrar que el número de microestados del macrosistema, correspondientes a una distribución dada,  $v$ , es:

$$|_v = \frac{n!}{\prod_{i=1}^k n_i^v !}$$

Lo que a continuación vamos a hacer –a partir de la expresión anterior– es encontrar la distribución ( $v$ ) que presente el mayor número de microestados, es decir, la distribución más probable. Representaremos a la distribución más probable mediante  $n_i^*$ . Para encontrar esta distribución, se acude a la llamada fórmula de Stirling, y a los multiplicadores de Lagrange. En este proceso, se debe partir de las dos mencionadas restricciones. Con

<sup>46</sup> Kestin, J. *A course in thermodynamics*. Revised Printing. Volume I. New York: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1979 pp. 128 y sts.

base en estas restricciones, y los procedimientos matemáticos señalados, se encuentra que la distribución más probable cumple con  $n_i^* = e^\alpha e^{-E_i/kT}$ , en donde  $\alpha$  es uno de los multiplicadores de Lagrange,  $E_i$  es el  $i$ -ésimo estado de energía de un sistema cualquiera del macrosistema,  $k$  es la constante de Boltzmann, y  $T$  es la temperatura del sistema. Esto quiere decir que, en la distribución más probable, el número esperado de sistemas para el  $i$ -ésimo microestado es función exponencial de la energía y de la temperatura del sistema. A la distribución más probable se le conoce como distribución de Maxwell - Boltzmann. A partir de esta distribución, se llega a la llamada función de partición clásica, que es una de las ideas centrales de la mecánica estadística clásica. De esta función de partición clásica se puede pasar a representar estadísticamente, según se podría ver, conceptos macroscópicos tradicionales como la energía, la entropía, la energía libre de Helmholtz, etc.<sup>47</sup> En síntesis, al colocar ciertas restricciones en el análisis, se genera todo un nuevo sistema de conocimiento: las dos restricciones mencionadas (por supuesto, más otras restricciones implícitas en todo este análisis: por ejemplo, la suposición de que la materia estaría constituida por partículas) nos llevaron a representar, mediante la mecánica estadística clásica (el nuevo sistema de conocimiento), los conceptos fundamentales de la termodinámica macroscópica (el sistema de conocimiento anterior).

### 3.1.1.2 Principio de Boltzmann

Ludwig Boltzmann buscó relacionar la mecánica clásica con la segunda ley de la termodinámica por medio de su concepto de probabilidad termodinámica  $W$ , o número de estados mecánicos de un sistema de partículas, compatibles con los constreñimientos termodinámicos. A este número de estados mecánicos lo denominaremos número de microestados del sistema, y lo representaremos mediante  $\Omega$ .

Si se tiene un sistema aislado compuesto por dos subsistemas 1 y 2, los cuales se encuentran en equilibrio entre sí, entonces, por las propiedades aditiva de la entropía, y multiplicativa de los microestados se tendría, respectivamente, que: la entropía del sistema compuesto será  $S = S_1 + S_2$ ,

<sup>47</sup> *Ibid*, p. 140.



y el número de microestados del sistema compuesto será:  $\Omega = \Omega_1 \times \Omega_2$ . Con base en estas dos restricciones, Boltzmann buscó relacionar entropía y la probabilidad termodinámica (o número de microestados), es decir buscó una función tal que  $S = f(\Omega)$ . La función requerida debería tener la forma siguiente:  $f(\Omega_1) + f(\Omega_2) = f(\Omega) = f(\Omega_1 \times \Omega_2)$ . Es decir,

$$\frac{\delta f(\Omega_1 + \Omega_2)}{\delta \Omega_1} = \frac{\delta f(\Omega_1 \times \Omega_2)}{\delta \Omega_1} = \frac{\delta f(\Omega_1 \times \Omega_2)}{\delta(\Omega_1 \times \Omega_2)}$$

De igual manera,

$$\frac{\delta f(\Omega_1 + \Omega_2)}{\delta \Omega_2} = \frac{\delta f(\Omega_1 \times \Omega_2)}{\delta(\Omega_1 \times \Omega_2)} \Omega_1$$

Igualando resultados,

$$\frac{1}{\Omega_2} \frac{\delta f(\Omega_1)}{\delta \Omega_1} = \frac{1}{\Omega_1} \frac{\delta f(\Omega_2)}{\delta \Omega_2} \quad \square \quad \Omega_1 \frac{\delta f(\Omega_1)}{\delta \Omega_1} = \Omega_2 \frac{\delta f(\Omega_2)}{\delta \Omega_2}$$

Como  $\Omega_1$  y  $\Omega_2$  son independientes, entonces, la única forma para que se cumpla la última igualdad es que los dos miembros de la igualdad sean iguales a una constante C. De esta manera,

$$\frac{\delta f(\Omega_1)}{\delta \Omega_1} = \frac{C}{\Omega_1}$$

Integrando se llega a que  $f(\Omega_1) = C \ln \Omega_1 + d_1$ . De igual manera,  $S_2 = C \ln \Omega_2 + d_2$ . En general,  $S = C \ln \Omega + d$ .

Boltzmann llegó a la última ecuación. Faltaba precisar las dos constantes (C y d). Para esto, M. Planck relacionó la ecuación anterior con la tercera ley de la termodinámica, según la cual la entropía no puede ser negativa, es decir,  $S \geq 0$ . Reconociendo que  $S = 0$  sólo si  $\Omega_1 = \Omega_2 = 1$ , y sólo si  $d_1 = d_2 = 0$ . Con ello, la ecuación de Boltzmann quedaría  $S = C \ln \Omega$ . Para determinar la constante C basta acudir a la experimentación. Por ejemplo, mediante el análisis de Boltzmann se demuestra fácilmente que,

durante una expansión adiabática de un gas ideal, el cambio de entropía es:  $\Delta S = N C \ln (V_f/V_i)$ , en donde  $N$  es el número de Avogadro, y  $V_f$  y  $V_i$  son, respectivamente, los volúmenes final e inicial. Para la termodinámica clásica, el cambio de entropía de un mol de un gas ideal es:  $\Delta S = R \ln (V_f/V_i)$ , en donde  $R$  es la constante de los gases. En consecuencia,  $C = R/N$ . Haciendo  $k = R/N$ , que es la constante de Boltzmann, se llega al referido principio de Boltzmann<sup>48</sup>:

$$S = k \ln \Omega.$$

Según este principio, la entropía de un sistema aislado es proporcional al número de microestados que le son accesibles. En este caso, los diferentes microestados accesibles tienen igual probabilidad de ocurrencia ( $1/\Omega$ ). A mayor número de microestados accesibles, mayor número de puntos (regiones) en el mencionado espacio de fases. Según pensaba Boltzmann, a mayor dispersión de puntos en el espacio de fases, mayor desorden del sistema. Es decir, a mayor entropía del sistema, mayor será su desorden. Como en un sistema aislado que presenta un proceso termodinámico su entropía tiende a aumentar, entonces y con gran probabilidad, el desorden del sistema aumentará también. Con esto, Boltzmann había abierto una nueva línea de pensamiento o, en nuestros términos, una nueva línea de conocimiento: partiendo de algunas restricciones (propiedad aditiva de la entropía y multiplicativa de los microestados), se había llegado a un nuevo conocimiento.

### 3.1.2 Anulación de una restricción anterior

El otro caso (anulación de una restricción) se evidencia en el proceso de construcción de los diferentes conjuntos de números. Supóngase que se tiene el conjunto de números naturales, y se define la sustracción para ellos:  $b - a$ . Para que esta operación genere un natural (y si se acepta que el cero es un natural) es necesario cumplir una restricción:  $b$  debe ser mayor o igual que  $a$ :  $b \geq a$ . Cuando se elimina la restricción, se da origen a los números enteros, de los cuales, los naturales resultan ser un

<sup>48</sup> Sears, F. W. and Salinger G. L. *Thermodynamics, kinetic theory, and statistical thermodynamics*. Addison-Wewlwy Publishing Company. 1986, pp. 323-326.

subconjunto. La eliminación de la restricción permite que se genere un nuevo conjunto de números, es decir, la eliminación de la restricción permite la construcción de un nuevo sistema de conocimiento. Este nuevo conocimiento resulta ser más general que el anterior (los naturales son un subconjunto de los enteros). Una vez que se tienen los enteros, resulta que estos deben cumplir con la siguiente restricción: en la ecuación  $x = a/b$ , ( $b$  diferente de cero) la división debe ser exacta. Si se anula tal restricción, se dará origen a los números racionales. La anulación de la restricción da origen a un nuevo conjunto de números (los racionales, de los cuales los enteros resultan ser un subconjunto). En general, la creación de otros conjuntos de números (irracionales, imaginarios, por ejemplo), nacen cuando se elimina alguna restricción que tenían los conjuntos de números previos. Este procedimiento de eliminar una determinada restricción puede constituirse en la puerta para la apertura de un nuevo sistema de conocimiento.

### 3.2 *Las estructuras perceptivas del sistema de conocimiento*

Una estructura perceptiva es un canal de información, es decir, un medio a través del cual es posible transmitir o almacenar información, pero como canal que es, no genera (¡sólo transmite!) información<sup>49</sup>. La estructura perceptiva es una estructura cognitivamente neutra asociada a un sistema de conocimiento. Éste sistema sí puede capitalizar cognitivamente la información transmitida por aquella estructura.

Consideramos que estas estructuras definen el elemento mínimo (o máximo) de información que puede ser percibido y transmitido por ellas. Además, definen la velocidad y la frecuencia a la cual pueden percibir y transmitir esos elementos de información. De esta manera, las estructuras perceptivas, pueden ser consideradas verdaderos sistemas de medición: miden el “tamaño”, la velocidad y la frecuencia a la cual pueden percibir y transmitir información; lo que quede por fuera de esos rangos (“tamaño”, velocidad y frecuencia) no puede ser percibido ni transmitido por ellas y, por tanto, no “existirá” para el sistema de conocimiento (aquí

<sup>49</sup> Dretske, F. *Conocimiento e información*. Barcelona: Salvat editores, S. A., 1987, p. 138.

“tamaño”, velocidad y frecuencia se deben tomar en un sentido amplio). La consecuencia de lo sugerido es que las estructuras perceptivas permiten definir y configurar lo posible y lo imposible para el sistema de conocimiento: ellas definen los “elementos informativos mínimo y máximo”, y las dimensiones espacial y temporal de la información que pueden transmitir.

### 3.3 *Conocimiento acumulado*

Un sistema nuevo de conocimiento presupone la acumulación de cierto conocimiento por parte de otros sistemas de conocimiento. Sobre este conocimiento originario, con estructuras perceptivas propias, y con una “gramática” propia (sistema de relaciones y significados de los elementos, o de los subsistemas, o de los niveles del sistema de conocimiento), se construye el nuevo sistema de conocimiento. Por medio de las estructuras perceptivas, el sistema de conocimiento adquiere nueva información. Si esta nueva información genera la conducta del sistema de conocimiento, esa información transformada por la “gramática” del sistema de conocimiento se convierte en nuevo conocimiento. De esta manera, la dinámica del conocimiento es, como dirían R. Riedl<sup>50</sup> y J. Piaget<sup>51</sup>, la de un proceso de acumulación por el cual la información adquirida y el conocimiento acumulado se entrelazan en un ciclo de realimentación en el que cada nueva adquisición de información, transforma el conocimiento previamente acumulado, y este conocimiento así transformado condiciona toda nueva entrada de información.

Una vez especificados los tres tipos de conocimiento sobre los cuales se erige el sistema de conocimiento, vamos a pasar a considerar los aspectos “estructurales” y los aspectos “funcionales” del conocimiento, es decir, veremos los aspectos “sincrónicos” (o componente vertical) y los aspectos “diacrónicos” (o componente horizontal) del conocimiento.

<sup>50</sup> Riedl, R. *Biología del conocimiento*. Barcelona: Editorial Labor, S. A., 1983.

<sup>51</sup> Piaget, J. *El estructuralismo*. Barcelona: Oiks-tau, S. A., Ediciones, 1974.

### 3.4 *Componente vertical del conocimiento*

En este apartado sugeriremos que los subsistemas o los elementos propios de un sistema de conocimiento –en términos muy amplios y generales– se entrelazan por medio de feed backs (superpuestos a la “gramática” propia del sistema de conocimiento). Estos feed backs o relaciones de realimentación pueden ser de dos tipos: positivos, o negativos. En la medida en que dos elementos o dos subsistemas del sistema de conocimiento interactúan por medio de feed backs positivos, estos elementos o estos subsistemas acumulan conocimiento de manera que el desarrollo del sistema de conocimiento es exponencial. Si los elementos o subsistemas interactúan por medio de feedbacks negativos, el nivel de desarrollo de uno de esos dos elementos o subsistemas es retardado y alcanza una fase “estacionaria”. Cuando los subsistemas de un sistema de conocimiento interactúan, principalmente, por medio de feed backs negativos, la acumulación de conocimiento se hace retardada, y el sistema alcanza la fase de desarrollo “estacionario”.

El sistema de conocimiento se estructura jerárquicamente: los niveles inferiores de la jerarquía corresponderán a los subsistemas o elementos de mayor rango significativo, en tanto que los niveles superiores corresponderán a los subsistemas o elementos de menor rango significativo. Los segundos se pueden construir a partir de los primeros por anulación de algunas posibilidades significativas, es decir, por reducción del espectro significativo de algunos elementos o subsistemas de los niveles inferiores.

### 3.5 *Componente horizontal del conocimiento*

En la medida en que la fuente de información propia del sistema de conocimiento genera nueva información, esa información es capitalizada por el sistema de conocimiento por medio de la formación de nuevos elementos, subsistemas o niveles de acuerdo a la “gramática” propia del sistema. Pueden formarse elementos (o subsistemas) nuevos y diversos. Sin embargo, sólo serán *seleccionados* aquellos elementos (o subsistemas) que, por un lado, se adapten a la “gramática” propia del sistema de conocimiento, y que, por otro lado, permitan la formación de nuevo

conocimiento, es decir, que puedan conducir a la formación de nuevos elementos entrelazados “gramaticalmente”.

En esta fase inicial de generación de nuevos elementos “gramaticalmente” seleccionados, los subsistemas estarán interactuando por medio de feed backs positivos: el desarrollo de cada subsistema aumenta con la adquisición de nuevos elementos. En esta fase, el sistema de conocimiento se desarrolla exponencialmente: se forman nuevos elementos, nuevas interacciones, nuevos subsistemas y nuevos niveles jerárquicos. Cada nuevo elemento es seleccionado por su adaptación “gramatical” al subsistema en el cual él se encuentra integrado por una serie de relaciones propias del subsistema particular. Cada nuevo subsistema es seleccionado en el nivel jerárquico en el cual se encuentra. Es decir, la selección de una entidad cognitiva determinada (elemento, subsistema, nivel) es seleccionada por el contexto inmediato. En general, los elementos son seleccionados por los subsistemas de los cuales hacen (o harán) parte. Los subsistemas son seleccionados por los niveles de los cuales hacen (o harán) parte. Los niveles serán seleccionados por los niveles jerárquicos inmediatamente inferiores. Finalmente, las variantes del sistema de conocimiento, en su conjunto, son seleccionadas por su fuente de información, es decir, el sistema de conocimiento se adapta a su fuente de información o, mejor, se adapta a las peculiaridades de su fuente de información o, lo que viene a ser lo mismo, las variantes del sistema de conocimiento, en su conjunto, son seleccionadas por su contexto.

Una vez que la fuente de información comience a generar cada vez menos nueva información, entonces, los elementos de los subsistemas, los subsistemas de los niveles, y los niveles del sistema pasarán a interactuar, principalmente, por medio de feed backs negativos. Se generan nuevos elementos y relaciones, pero ya a un ritmo cada vez más retardado. El desarrollo del sistema de conocimiento se desacelera. Los nuevos elementos seleccionados, fundamentalmente, serán aquellos que “corrobores” al sistema de conocimiento, sin llevarlo a mayor desarrollo. El sistema de conocimiento entrará en la fase de desarrollo “estacionario” en la cual ya, prácticamente, no se forman nuevos elementos, subsistemas y niveles. Esta es la fase más duradera del desarrollo del sistema de conocimiento: el sistema de conocimiento, en su conjunto, se encuentra adaptado a su contexto.

Ejemplo de lo anterior lo constituye el proceso que se originó con la síntesis de la genética de poblaciones y la teoría evolutiva de Darwin<sup>52</sup> (Stebbins, G. L., 1980). Cuando se presentó esta síntesis, se dio origen a un proceso de generación exponencial de conocimiento (indicativo de la existencia de un feed back positivo): la nueva teoría evolutiva pasó a explicar un número creciente de fenómenos dispares. Posteriormente, cuando parecía que la teoría sintética había entrado en la fase de desarrollo “estacionario” del conocimiento, se presentó el modelo de estructura y replicación del ADN de Watson y Crick<sup>53</sup> en 1953. De nuevo, la teoría sintética presentó una acumulación creciente de conocimiento: fenómenos hasta ahora no tocados por la teoría (como la evolución de los microorganismos) fueron asimilados por ella. Sin embargo, parece ser que en la actualidad esta teoría está generando conocimiento de manera relativamente “retardada”. Según todo indica, el neodarwinismo ha entrado en su fase “estacionaria” (lo que evidencia un feed back negativo subyacente y preponderante).

Sin entrar en detalles, que fácilmente se pueden encontrar en cualquier texto de genética de poblaciones y evolución, el desarrollo del neodarwinismo tuvo una dinámica jerárquica: el concepto de las estrategias evolutivamente estables (EEE) de John Maynard Smith<sup>54</sup> se erige sobre la propuesta de considerar el comportamiento innato de los animales (altruismo, y otros comportamientos) a la luz de la genética de poblaciones. Esta propuesta está cimentada en la teoría sintética, la cual, a su turno, se erigió a partir de la genética de poblaciones y de la selección darwiniana<sup>55</sup>. En este caso, el concepto de la selección darwiniana tiene un mayor espectro significativo que las estrategias evolutivamente estables. Es necesario aclarar que aquí se está hablando de selección en dos sentidos: selección darwiniana, por un lado, y por otro, una selección de tipo cognoscitivo, por la cual ciertas teorías propuestas logran “sobrevivir” en el medio de la comunidad académica. El contexto aclarará, en cada caso, a qué selección de estas dos nos estamos refiriendo.

<sup>52</sup> Stebins, J. W. “La naturaleza de la evolución”. En: Dobzhansky, Th. et al. *Evolución*. Barcelona: Ediciones Omega, S. A., 1980, pp. 18-19.

<sup>53</sup> Crick, F. And Watson, J. “Molecular Structure of nucleic acids”. In: *Nature*, Vol. 171, No 3, pp. 737-738, 1953.

<sup>54</sup> Maynard Smith, J. “La evolución del comportamiento”. En *Evolución*. Libros de Investigación y Ciencia. Barcelona: Editorial Labor, S.A., pp. 115-126. 1979, pp. 122-123. Ver También, Dawkins, R. *El gen egoísta*. Barcelona: Salvat Editores, S. A., 1987.

<sup>55</sup> Darwin, Ch. *El origen de las especies*. Madrid: SARPE, 1983, p. 136.

Sin embargo, el conocimiento no se detiene al llegar la fase “estacionaria”. Es posible constituir un nuevo sistema de conocimiento por medio de la *selección de una nueva fuente de información* y por la constitución de nuevas estructuras perceptivas. Esta fase del conocimiento es inversa a la anteriormente mencionada: son las entidades cognitivas en formación las que seleccionan su contexto. Esta fase de selección no es un simple tomar algo ya existente. Este período del conocimiento es el de la *configuración y creación de una nueva fuente de información*. Por medio de la constitución de nuevas estructuras perceptivas, por la agrupación relacional de elementos cognitivos, y por la formación de ciertas restricciones (o eliminación, en el otro caso, de alguna restricción) se crea y configura una nueva fuente de conocimiento. Esta es la fase creativa del conocimiento. Es el período en el cual los sistemas seleccionan y configuran sus fuentes de información. La dirección de la selección es inversa a la mencionada hasta ahora: son los sistemas de conocimiento en formación los que seleccionan (configuran y crean) sus fuentes de información. Estos períodos verdaderamente creativos son relativamente cortos. Al proceso de selección de variantes del sistema de conocimiento, por parte de la fuente de información, los llamaremos períodos de selección normal, en tanto que a los períodos en los cuales los sistemas de conocimiento incipientes seleccionan (configuran y crean) sus fuentes de información, los llamaremos períodos de selección invertida.

Ejemplo de la creación y configuración de una nueva fuente de información resulta ser el copernicanismo<sup>56</sup>: con él, ya la tierra no es más el centro del universo. Ahora lo es el sol. Esto no es sólo la sustitución de un universo (el geocéntrico) por otro (el heliocéntrico). Antes de Copérnico, se puede decir, no existía el universo heliocéntrico. A partir de Copérnico, *se crea un nuevo universo*. Después de Copérnico, el universo heliocéntrico adquiere el rango de real. Con esto, se ha creado una nueva fuente de conocimiento: el sol en el centro del universo permite la generación de nueva información. Esta información nueva lleva a Kepler y a Galileo (alineados los dos en el copernicanismo) a preparar el camino para una nueva teoría física: la concepción newtoniana del universo<sup>57</sup>.

<sup>56</sup> Khun, T. *La revolución copernicana*. Vol. II. Madrid: Ediciones Orbis, S. A., 1978, pp. 217 y .

<sup>57</sup> Newton, I. *El sistema del mundo*. Madrid, SARPE, 1983.



Otro ejemplo de la propuesta que se hace aquí de selección (creación y configuración) de una nueva fuente de información lo fue la teoría de los cuantos de Max Planck. En 1900 Planck propone que la energía estaba cuantizada (y que, por tanto, no podía ser considerada ya como una cantidad continua) en su famosa ecuación  $E = hv$  (en donde  $E$  es la energía,  $h$  la constante de Planck y  $v$  es la frecuencia). Luego, con la dualidad de la onda-partícula (el electrón puede ser considerado, en casos extremos, como una onda o como una partícula), y el principio de indeterminación de Heisenberg, el universo vuelve a cambiar.

En biología, y para la teoría evolutiva del equilibrio puntuado, la fuente de información principal es el registro fósil. Aquí resulta claro que el “mismo objeto” puede ser visto de formas diferentes, generando teorías diferentes. Resulta ser que en el registro fósil las especies aparecen con, aproximadamente, la misma estructura con la cual desaparecen<sup>58</sup>. Darwin (y con él, el neodarwinismo), creía que los cambios evolutivos debían ser graduales. En consecuencia, era de esperarse que este gradualismo se reflejara en el registro fósil. Sin embargo, en este registro, las especies aparecen de repente y casi totalmente formadas. Los cambios morfológicos son relativamente de poco peso con relación al cambio abrupto. Como esto no parecía concordar con sus ideas gradualistas, Darwin postuló, simplemente, que el registro fósil (en tiempos geológicos) estaba incompleto. Sin embargo, para la teoría del equilibrio puntuado, el registro fósil (en tiempos geológicos) está completo. Lo cual vendría a decir que el gradualismo no es posible: hay momentos en los cuales las especies cambian abruptamente de estructura y, luego, permanecen morfológicamente estables. Además, y según la teoría del equilibrio puntuado, sería necesario hablar de la selección en términos jerárquicos: una selección operaría a nivel de las tasas de mortalidad diferencial de los organismos, mientras que otra selección operaría a nivel macroevolutivo, es decir, operaría a nivel de tasas diferenciales de extinción de especies<sup>59</sup>. Entonces, se puede decir que el “mismo objeto” (el registro fósil) es configurado y creado como fuente de información de manera completamente diferente por parte del darwinismo (y del neodarwinis-

<sup>58</sup> Gould, S. J. *El pulgar del panda*. Barcelona: Ediciones Orbis, S.A., 1985, p. 192.

<sup>59</sup> Gould, S. J. “Propuestas para una nueva teoría general de la evolución”. En *Revista El Paseante*. No 13, Ramblas, pp. 106-113. 1989, p. 111..

mo), y por parte de la teoría del equilibrio puntuado. En consecuencia, no estamos tratando con un “mismo objeto” sino con objetos (referentes) diferentes. Esta diferencia en la configuración de la fuente de información lleva a la generación de conocimiento evolutivo diferente.

Pero no basta que un sistema de conocimiento seleccione y configure una fuente de información para que ese sistema de conocimiento sobreviva en la comunidad dedicada al conocimiento. Es necesario que ese sistema de conocimiento incipiente (y su selección invertida) pueda inscribirse en una selección normal más amplia. Cuando la teoría vigente se encuentre en su fase de desarrollo “estacionario”, dentro de la comunidad científica se aceptan sólo propuestas que puedan enmarcarse dentro del espectro de posibilidades de tal teoría. Las demás propuestas serán tomadas, por los seguidores de la teoría vigente o teoría estándar, como errores evidentes sobre los cuales no vale la pena discutir. En estas circunstancias, y a pesar del estigma de ser consideradas como errores evidentes, comienzan a aumentar las propuestas alternativas: al no ser tenidas en cuenta por la mayoría de la comunidad académica, se carecen de elementos que restrinjan las posibilidades de estas alternativas. A diferencia de Kuhn, se quiere sugerir, aquí, que no son las anomalías las generadoras de nuevas teorías. El terreno propicio para que se presenten, de manera creciente, nuevas teorías o propuestas es precisamente que ellas no son tenidas en cuenta por la comunidad científica como serias. Ello hace que la “presión de selección” sobre estas teorías o propuestas sea prácticamente inexistente. Cuando los seguidores de la teoría vigente o teoría estándar están tan seguros de la efectividad de la misma, “bajan la guardia” y comienzan a pulular teorías “evidentemente equivocadas”. De la interacción competitiva entre estas teoría “equivocadas” y de las posibles asociaciones entre elementos de algunas de ellas, emerge, casi “de la nada y repentinamente” una teoría rival de la teoría vigente o estándar. Si esta nueva teoría puede inscribirse dentro de un proceso de conocimiento más general que la teoría estándar, entonces, la nueva propuesta de conocimiento va constituyéndose en un verdadero sistema de conocimiento, nuevo y con estatus propio (aunque todavía incipiente). En estos periodos, la comunidad investigadora fluctúa entre los sistemas de conocimiento rivales. Debido al proceso de creación y configuración de las fuentes de información o contextos de los correspondientes sistemas de conocimiento incipientes

(teorías incipientes), los sistemas de conocimiento rivales resultan ser, en ciertos aspectos, inconmensurables entre sí.

Ejemplo de cómo una nueva teoría (o selección invertida) debe inscribirse en otra teoría más general (o en una selección normal más general) ya establecida en la comunidad académica es, otra vez, la propuesta de las estrategias evolutivamente estables (EEE) de Maynard Smith: esta teoría se inscribe dentro de la teoría de la evolución del comportamiento animal por eficacia reproductiva. A su turno, esta última teoría se inscribe dentro de la teoría del neodarwinismo.

Lo anterior nos permite decir que los sistemas de conocimiento no pueden ser considerados de forma descontextualizada. Los sistemas de conocimiento, en general, están inscritos unos dentro de otros: la lógica al interior de un sistema de conocimiento no es exactamente la misma que en el sistema de conocimiento más general en el cual se encuentra inscrito el primer sistema de conocimiento referido, es decir, la “gramática” que rige a los elementos (subsistemas y niveles) al interior del sistema de conocimiento no coincide exactamente con la “gramática” del sistema de conocimiento en el cual el primero se encuentra inscrito. Sugeriré lo siguiente: el sistema de conocimiento particular debe poder inscribirse en un sistema de conocimiento más general. Esto podría reiterarse a niveles cada vez más generales. A su turno, los sistemas de conocimiento más generales deberán poder inscribirse dentro del sistema productivo vigente y éste, a su vez, debe poder inscribirse dentro del proceso de adaptación evolutiva - orgánica de los seres humanos. Con esto quisiera decir que el proceso de evolución orgánica no quedó “congelado” con el surgimiento de una cultura simbólica como la nuestra. Nuestras culturas continúan inmersas dentro del proceso de evolución orgánica. Dentro de esta perspectiva, sólo sobrevivirán culturalmente aquellos sistemas productivos que permitan, a los seres humanos que los constituyen, responder a los mínimos criterios de supervivencia y reproducción biológicos, sin que esto quiera decir que la sociedad está gobernada por la reproducción diferencial de los seres humanos [sólo quiero decir que los sistemas productivos, de una u otra forma, deben poder garantizar la reproducción y supervivencia biológicas de los seres humanos]. En otras palabras, sobrevivirán culturalmente aquellos sistemas de conocimiento incipientes

que logren inscribirse dentro de sistemas de conocimiento más generales; los sistemas de conocimiento más generales sobreviven culturalmente si logran inscribirse dentro de algún sistema productivo vigente y, a su vez, sobrevivirán aquellos sistemas productivos que logren inscribirse en el proceso de evolución orgánica de los seres humanos. Este proceso de evolución orgánica está inmerso en una dimensión temporal, o a una escala de tiempo, completamente diferente a la de los sistemas productivos y a la de los sistemas de conocimiento. Sintetizando lo anterior, las selecciones invertidas (los procesos creativos) a un nivel de referencia, deben poder inscribirse dentro de selecciones normales a otro nivel de referencia.

Si la selección (configuración y creación) de la fuente de información es aceptada por la comunidad académica (dado que tal selección invertida logró inscribirse dentro de una selección normal más amplia), entonces, y a nivel del sistema de conocimiento incipiente que acaba de pasar por el período de selección invertida, el proceso vuelve a invertirse y se pasa al proceso de selección de elementos, subsistemas y niveles que se adapten “gramaticalmente” a su contexto inmediato. La fuente recién creada adquiere el rango de “real” en la comunidad académica o, lo que sería lo mismo, el contexto habrá adquirido la condición de “real”. El proceso de conocimiento, en esta segunda fase, podría calificarse como de “realista”: sobreviven culturalmente aquellas variantes del sistema de conocimiento que se adapten a esa nueva realidad. Así, y entonces, el proceso de conocimiento pasará por dos fases: una fase creativa inicial, y una fase “realista” posterior.

Por supuesto, un nuevo sistema de conocimiento no se forma completamente *de novo*: muchos de los conceptos propios de el, o los sistema(s) de conocimiento a partir del(os) cual(es) se originaron pasan a ser parte integral del nuevo sistema de conocimiento, conservando su espectro significativo, y su correspondiente referencial (en estos aspectos, la nuevas y las anteriores teorías no son inconmensurables). Sin embargo, varios de los niveles y elementos del sistema de conocimiento precedente pueden desaparecer completamente en el nuevo sistema de conocimiento. Éste se desarrolla de forma aproximadamente jerárquica: el primer obstáculo que debe afrontarse es el de la relación selectiva entre el espectro de posibilidades globales del nuevo sistema de conocimiento, y las presiones de la fuente de información a la cual busca adaptarse este sistema. De todo el

espectro inicial de posibilidades (que deben tener la forma de predicciones del sistema acerca de la fuente de información), se descartan algunas, y las demás son seleccionadas. Con base en las posibilidades seleccionadas, el sistema de conocimiento debe presentar una serie de “reestructuraciones” conceptuales, empezando, preferiblemente, por los niveles jerárquicos inferiores o de mayor espectro significativo. Estas “reestructuraciones” consisten fundamentalmente en la formación de algunos subniveles que asumen parte del espectro significativo del nivel al cual pertenecen. Estos nuevos subniveles aparecen, fundamentalmente, por la formación de una restricción, es decir, en cada uno de estos niveles, y por su proceso de adaptación al contexto inmediato, se pueden desechar algunas posibilidades (predicciones) y tomar otras estrechando su espectro significativo. Esto, a su turno, lleva a “reestructuraciones” conceptuales que pueden llevar a la formación de nuevos y más superiores niveles, y así sucesivamente, hasta alcanzar los elementos conceptuales más particulares. Con relación al tiempo, los cambios fundamentales (o más generales) del sistema de conocimiento, es decir, aquellos que involucran al sistema como un todo (o a la teoría como un todo), y a los niveles jerárquicos inferiores, resultan ser relativamente rápidos. Posteriormente viene el proceso de cambios y “reestructuraciones” de menor calibre, lo cual consume la mayor parte del tiempo de la historia del sistema de conocimiento (o teoría).

Veamos un ejemplo de lo anterior. Cuando Darwin propuso la teoría de la selección natural, se dio paso a toda una nueva serie de reestructuraciones del conocimiento biológico existente hasta ese momento. Los antiguos conceptos tomaron nuevas formas y significados dentro de la teoría evolutiva (organismos, células, comportamiento innato, etc.). Posteriormente, cuando se presenta la síntesis entre la genética de poblaciones y la teoría de la selección natural, dando paso a la teoría sintética, se originó una nueva teoría. Algunos de los conceptos fundamentales –como el de la selección natural– pasaron a tener una nueva formulación: Darwin la definía como supervivencia de los más aptos<sup>60</sup>. Posteriormente, la selección natural pasó a significar reproducción diferencial de los organismos. Con el avance de la genética de poblaciones se exageró el

<sup>60</sup> Darwin, Ch. Op. Cit., pp. 136,186.

componente genético de la evolución llegándose a definir la selección natural como el cambio de las frecuencias génicas. Aunque conservando algunos de sus elementos fundamentales, la selección natural adquirió nuevos significados en el contexto de la teoría sintética. Esto obligó a una serie de reestructuraciones en varias áreas de la teoría evolutiva. Por ejemplo, se afectó y transformó el enfoque que se tenía para la evolución del comportamiento: con Hamilton<sup>61</sup> ya no se creía más que el fin último del comportamiento era el bien de la especie. Por el contrario, el comportamiento innato debería aumentar la eficacia reproductiva del individuo que presentara tal comportamiento. Una serie de desarrollos en esta área de la teoría evolutiva llevó a reestructuraciones completas en la concepción evolutiva del comportamiento: el comportamiento cambió, por completo, su significado evolutivo. Una vez que se alcanzó este punto, fue posible que Maynard Smith hiciera su propuesta de las EEE para interpretar, entre otros, el fenómeno del altruismo. Aunque E. Mayr no está, del todo, de acuerdo con esta perspectiva del altruismo (relacionar altruismo y eficacia reproductiva en todos los casos), como lo manifestó en su última obra<sup>62</sup>, actualmente, la perspectiva abierta por Maynard Smith es la que se ha extendido ampliamente en la etología evolutiva.

Volvamos a la propuesta de conocimiento: el surgimiento de una nueva teoría no es, simplemente la construcción de nuevo conocimiento; es, también, la eliminación y el destierro del contexto investigativo de cierto conocimiento propio de teorías anteriores: con el neodarwinismo y su propuesta del cambio gradual de los organismos, desaparecieron todas las propuestas (y los conceptos asociados a estas propuestas) que se hacían sobre la posibilidad del cambio abrupto de los organismos. Hacia comienzos del siglo XX, H. de Vries proponía que las especies nuevas podían originarse por mutación. Hacia 1940 R. B. G. Golschmidt sugería que podía haber mutaciones sistémicas que podían dar origen a nuevos tipos de organismos superiores. Su propuesta fue criticada fuertemente por los neodarwinistas. E. Mayr mostraba la propuesta de Goldschmidt como un error evidente<sup>63</sup>. Aquí es claro cómo el sistema de conocimien-

<sup>61</sup> Maynard Smith, J. Op cit., pp. 122 y sts.

<sup>62</sup> Mayr, E. *Así es la biología*. Madrid: Editorial Debate, S.A., 1998, pp. 271-274.

<sup>63</sup> Mayr, E. "La evolución". En: *Evolución*, Libros de Investigación y Ciencia. Barcelona: Editorial Labor, S.A., pp. 2-12. 1979, p. 5.

to, o teoría aceptada por la comunidad académica, puede impulsar la investigación sólo dentro de ciertas perspectivas, y puede prohibirla en otras perspectivas. Sin embargo, y para desgracia del gradualismo del neodarwinismo, actualmente, la investigación ha llevado a reconocer, con el descubrimiento de los genes Hox u homeobox que controlan el plan corporal de la inmensa mayoría de animales macroscópicos que conocemos, que sí puede haber cambios abruptos en el proceso evolutivo<sup>64</sup>.

Como comentario final al presente apartado, quisiera decir que la propuesta de conocimiento que he ofrecido aquí no se puede enmarcar dentro de escuelas de pensamiento de tipo realista, ni de tipo idealista. Por el contrario, se afirma precisamente, que el conocimiento pasa primero por una etapa “idealista” (los sistemas de conocimiento crean y configuran sus fuentes de información) y, después, por una fase “realista” (el conocimiento se adapta a las peculiaridades de la fuente de información, la cual ha adquirido un carácter de real debido a su aceptación por parte de la comunidad académica). La presente propuesta no pretende ser un “punto medio” entre los polos de corte idealista y realista. Lo que se desprende de la presente propuesta es que, en una fase, el conocimiento debe ser “idealista” y, en otra fase, el conocimiento debe ser “realista”. De otra parte, la propuesta de conocimiento aquí presentada no se corresponde a un constructivismo, criticable por su solipsismo. Aquí se sugiere que los objetos de conocimiento (fuentes de información) recién creados deben inscribirse dentro de un proceso de conocimiento más general, y deben ser seleccionadas por la comunidad investigadora que, en este proceso, le confiere al objeto recién creado el carácter de objeto real.

### 3.6 Otra vez la inconmensurabilidad

Hemos sugerido que, debido al proceso de creación y configuración de la fuente de información por parte de los sistemas de conocimiento, se podría presentar una cierta inconmensurabilidad entre algunos aspectos de las teorías (sistemas de conocimiento) rivales en aquellos períodos de cambio de teorías en la comunidad académica. Sin embargo, y como lo mencionamos, A Rivadulla cree que la inconmensurabilidad entre las teorías, según lo proponen Kuhn y Feyerabend, es insostenible.

<sup>64</sup> Sampedro, J. *Deconstruyendo a Darwin*. Barcelona: Editorial Crítica, S.A., 2002, pp. 87-98, 109-119.

Retomemos, entonces, las críticas de Rivadulla a la inconmensurabilidad. En primer lugar, Rivadulla sugiere que cuando ciertas cantidades físicas –como el momentum, la energía, la masa, el tiempo y la longitud- tienen las mismas magnitudes en diferentes teorías (MN y TR, específicamente), son homólogas y, por tanto, la inconmensurabilidad con relación a tales cantidades físicas es inexistente. Sin embargo, es necesario hacer una precisión en este asunto del análisis dimensional al que acude Rivadulla. Al respecto, hace ya más de setenta años decía Max Planck:

The dimensions of a physical quantity are not inherent in it but constitute a conventional property conditioned by the choice of the system of measurement. If this circumstance had always been properly appreciated, a great number of unfruitful controversies in physical literature ... would have been avoided<sup>65</sup>.

Como las dimensiones de una cantidad física no son inherentes a tal cantidad, entonces, el análisis dimensional no nos puede llevar a afirmar que dos cantidades con las mismas dimensiones pertenecientes a teorías diferentes son homólogas. Si esto fuera así, entonces, el calor y el trabajo –como mostró experimentalmente J. P. Joule en lo que resultó ser llamado el equivalente mecánico del calor- serían cantidades físicas de la misma naturaleza, lo cual, por supuesto, no es cierto.

It should be realized that the dimension of any physical quantity depends on the system used and differs from system to system; it does not, as is sometime erroneously stated, express the ‘physical nature’ of the quantity considered. [...] In thermodynamics the specific heat [...] and entropy [...] have identical dimensions in spite of the fact that they are of entirely different physical nature<sup>66</sup>.

Por otro lado, Rivadulla sostiene que –al contrario de Frege- el sentido de un término no determina su referente. Con ello, la inconmensurabilidad que podría surgir de términos que determinan su referente en teorías

<sup>65</sup> Kestin, J. *A course in thermodynamics*. Revised Printing. Vol. I. New York: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1979, p. 10.

<sup>66</sup> *Ibid*, p. 10.



diferentes, desaparecería. Sin embargo, en la propuesta de conocimiento que aquí se hace, la afirmación de Frege es del todo correcta: el sentido de un término debe ser asociado a su referente, con lo cual, reaparece la inconmensurabilidad que quería eludir Rivadulla.

Finalmente, Rivadulla sostenía que la afirmación de que el significado de los términos descriptivos de las teorías depende del contexto llevaría a la inconmensurabilidad. No obstante, desde una perspectiva instrumentalista esto no tiene por qué ser así. Con una perspectiva así, la inconmensurabilidad desaparecería, según dice Rivadulla. Por el contrario, la propuesta de conocimiento que aquí se hace está alejada de las escuelas realistas y de las escuelas instrumentalistas. En nuestra propuesta, las teorías no son simples instrumentos para modelar una realidad. Por el contrario, los sistemas de conocimiento crean y configuran sus fuentes de información. Si este proceso logra inscribirse, como se dijo, en un proceso de selección normal más amplio, y la comunidad académica selecciona la teoría o sistema de conocimiento, entonces –sólo entonces- esa fuente de información (o contexto, o universo si se quiere) adquiere el carácter de real. Por tanto, al ser creadas y configuradas las fuentes de información (contextos), el instrumentalismo pierde todo su piso: no existe una realidad independiente de los sistemas de conocimiento. Los sistemas de conocimiento crean su propia realidad. Las teorías no son simples instrumentos para modelar una realidad que “existe” independiente de los sistemas de conocimiento. Con una propuesta de conocimiento como la que aquí se hace, entonces, renace, una vez más, la posibilidad de la inconmensurabilidad entre teorías rivales.

## 4. Conocimiento y complejidad

Se podría pensar que el conocimiento es un proceso complejo. Por supuesto, existen diferentes perspectivas sobre la complejidad (por dar algunos ejemplos, la complejidad algorítmica<sup>67</sup>, la complejidad compu-

<sup>67</sup> Chaitin, G. “A theory of program size formally identical to information”. En *J. Assoc. Comput. Mach.*, Vol. 22, No 3, pp. 229-340. Ver también, Chaitin, G. *Algorithmic information theory*. 3ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

tacional<sup>68</sup>, la profundidad lógica<sup>69</sup>, la profundidad termodinámica<sup>70</sup>), sin embargo, se podría hablar en términos generales de sistemas complejos, y podría sugerirse que la construcción de un sistema de conocimiento es, también la construcción de un sistema complejo: se decía más arriba que, en ciertos períodos de crisis de los sistemas de conocimiento, se presenta un grupo diverso de sistemas de conocimiento incipientes, y que los diferentes investigadores fluctúan alrededor de estos sistemas de conocimiento. Pueden ser estos sistemas de conocimiento incipientes –que se alejan del sistema de conocimiento establecido- considerados como fluctuaciones alrededor del estado de referencia, que sería el sistema de conocimiento establecido (Glandorsff, P., and Prigogine, I., 1971). Si la nueva fuente de información se configura, y esta selección invertida se inscribe en una selección normal más amplia (con lo cual, se podría decir que se atraviesa un umbral crítico de inestabilidad), y el nuevo sistema de conocimiento es aceptado por una buena porción de la población investigadora, este sistema de conocimiento se afianzará y se irá estableciendo en la mayoría de la comunidad investigadora. Una vez que se ha alcanzado este afianzamiento, podría sugerirse que el desarrollo del sistema de conocimiento (su adquisición de elementos significativos coherentes con la “gramática” del subsistema correspondiente, la adquisición de nuevos subsistemas y niveles, la articulación del sistema de conocimiento con la fuente de información) es el resultado de un proceso de autoorganización que culmina con la formación de una estructura disipativa<sup>71</sup>, que sería el nuevo sistema de conocimiento.

Supóngase, por otro lado, que en la situación de crisis del sistema de conocimiento establecido, dos sistemas de conocimiento incipientes entran en competencia. Como se había mencionado, en las primeras etapas de desarrollo de estos sistemas de conocimiento, y desde un contexto social amplio, las diferencias entre teorías incipientes tienden a ser de menor calibre. Con el desarrollo de estas teorías, las diferencias aumentan. En estos

<sup>68</sup> Watanabe, O. Ed. *Kolmogorov Complexity and Computational Complexity*. New York: Springer-Verlag, 1992.

<sup>69</sup> Bennett, C. “Logical Depth and physical complexity. In: R. Herker Ed. *The universal Turing machine: a half century survey*. Oxford: Oxford University Press, 1988.

<sup>70</sup> Lloyd, L. And Pagels, H. “Complexity as thermodynamics depth”. In: *Ann. Phys.*, Vol. 188, pp. 186-213.

<sup>71</sup> Glandorsff, P. and Prigogine, I. *Thermodynamics theory of structure, stability and fluctuations*. London: WILEY-INTERSCIENCE a division of John Wiley & Sons, Ltda., 1971, pp. 73,163,165.

períodos, la comunidad investigadora fluctúa entre unas y otras propuestas. Sin embargo, en la medida en que las teorías se van desarrollando como fruto de la competencia, las diferencias se acentúan, creando un espacio para que aquellas teorías que logren inscribirse en un proceso de conocimiento más general y de selección normal, puedan sobrevivir. Diríamos que cada sistema de conocimiento en formación es una fluctuación, o desviación del estado de referencia (o sistema de conocimiento establecido). Entonces, las trayectorias de estos dos sistemas de conocimiento incipiente divergirán cada vez más, lo que podría indicar que estas trayectorias estarían gobernadas por un atractor caótico<sup>72</sup>. Finalmente, con la subsiguiente estabilización de las trayectorias, el atractor caótico cederá su influencia a atractores no caóticos. En este caso, el proceso de origen de uno o algunos nuevos sistemas de conocimiento podría pasar por ciertos períodos de comportamiento caótico, el cual cederá ante un nuevo comportamiento no caótico en la formación de el, o los nuevos sistemas de conocimiento. Debido a la mencionada divergencia de las trayectorias, el proceso de formación de los nuevos sistemas de conocimiento podría presentar una sensibilidad a las condiciones iniciales: pequeñas diferencias llevarán a dos sistemas de conocimiento a ser completamente diferentes.

## 5. Conocimiento bioético y complejidad

En el “Estatuto epistemológico de la bioética”, V. Garrafa<sup>73</sup> y P. L. Sotolongo<sup>74</sup> sugieren que la bioética debe adoptar la perspectiva de los “sistemas complejos” (las comillas son de Sotolongo).

V. Garrafa introduce la propuesta de la complejidad desde el punto de vista de E. Morin, con la esperanza de poder abordar problemáticas que están fuera del alcance de la ciencia clásica:

<sup>72</sup> Fernández Rañada, A. “Movimiento caótico”. En: *Orden y caos*. Barcelona: Prensa Científica, S.A., pp. 66-71. 1990, pp. 70 y sts.

<sup>73</sup> Garrafa, V. “Multi-inter-transdisciplinariedad, complejidad y totalidad concreta en bioética”. En: Coordinadores: V. Garrafa, M. Kottow y A Saada, *Estatuto epistemológico de la bioética*. México. Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética de la UNESCO, pp. 67-85. 2005, p. 85.

<sup>74</sup> Sotolongo, P. L. “El tema de la complejidad en el contexto de la bioética”. En: Coordinadores: V. Garrafa, M. Kottow y A Saada, *Estatuto epistemológico de la bioética*. México. Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética de la UNESCO, pp. 95-123. 2005, pp. 114-115.

el paradigma de la complejidad permite entrever las cualidades emergentes de la interacción entre las partes y sus relaciones con el todo, proyectándose más allá del clásico modelo determinista, al aprehender desde ahora en adelante las nociones de desorden, imprevisibilidad, error y caos como fomentadoras de la evolución y de las transformaciones [...] La complejidad surge de la necesidad epistemológica de un nuevo paradigma capaz de romper los límites del determinismo y de la simplificación, incorporando al azar, a la probabilidad y a la incertidumbre como parámetros necesarios para la comprensión de la realidad en su totalidad concreta<sup>75</sup>.

Por su parte, P. L. Sotolongo plantea que tanto en el pensamiento como en la praxis actual está teniendo lugar un cambio que puede verse reflejado –hasta cierto punto– en la reflexión y práctica bioética: la racionalidad clásica que busca darle prioridad a la razón y pretende una objetividad del conocimiento. No obstante, es necesario ir hacia un nuevo ideal de racionalidad. Los cambios en la racionalidad clásica tienen importantes implicaciones éticas que obligan a un saber y a una praxis nuevos, con un profundo sentido transdisciplinario.

El enfoque “de la complejidad” (comillas de P. L. Sotolongo) se erige en dirección contraria a la idea de la racionalidad clásica actual: todo se puede conocer, predecir y manipular en la naturaleza y en la sociedad. Los sistemas “complejos” (naturales y sociales) pueden autoorganizarse a partir del desorden. Desde el punto de vista ontológico son creativos y no lineales (es decir, son sensibles a pequeñas diferencias en las condiciones iniciales). Se desarrollan -por medio de sucesivas bifurcaciones- a través de continuos procesos de autoorganización originando nuevos órdenes de “complejidad”. Los elementos del sistema interactúan por medio de relaciones no lineales. Como consecuencia de lo anterior, surgen nuevas paridades: la paridad ontológica del orden y el desorden, de la estabilidad y la inestabilidad, del equilibrio y del desequilibrio, de la necesidad y el azar, del determinismo y del indeterminismo, y la paridad epistemológica de la predictibilidad y la impredictibilidad. La no linealidad lleva a que surjan

circunstancias, procesos y fenómenos bioéticos emergentes, inesperados en su mayoría, sorprendentes y paradójicos, para los que no hay una solución o pensamiento contruidos de antemano. Esto no es otra cosa más “que ‘la complejidad’, manifestándose ‘en las entrañas’ de la bioética”<sup>76</sup>.

## 6. Conocimiento y complejidad: algunas reflexiones

En este apartado, voy a retomar algunas de las reflexiones que presenté en torno a la vida y la complejidad<sup>77</sup> (Cadena, L. A., 2006): podría parecer, en primera instancia, que el desarrollo de un sistema de conocimiento corresponde a la formación de una estructura disipativa a partir de un proceso caótico.

Decía más arriba que los sistemas de conocimiento incipientes, que suelen presentarse cuando el sistema de conocimiento establecido comienza a tener problemas, podían interpretarse como fluctuaciones alrededor del estado de referencia (el sistema de conocimiento establecido). Para poder afirmar esto, debería determinarse qué serían los grados de libertad del sistema de conocimiento establecido, debería precisarse qué es el “estado” de referencia (no sólo referirse a él, únicamente, como el sistema de conocimiento establecido). Sería, entonces, conveniente resolver el siguiente interrogante: ¿podría hablarse de “estado” de un sistema de conocimiento como se habla de estado de un sistema físico, o se estaría haciendo una analogía o una simple metáfora? Si este interrogante se solucionara favorablemente hacia la dirección de presentar la construcción de los sistemas de conocimiento como un proceso de formación de estructuras disipativas, habría que aclarar en qué sentido se puede hablar de fluctuación alrededor del estado de referencia, y ver si en los sistemas de conocimiento con muchos grados de libertad, la probabilidad de una fluctuación no es despreciable. La propuesta de las estructuras disipativas hace referencia

<sup>76</sup> Sotolongo, P. L. Op. Cit, pp. 99,106,114-115,118.

<sup>77</sup> Cadena, L. A., “Complejidad y vida: algunas reflexiones”. En *Revista Colombiana de Bioética*. Vol. 1, No 2, pp. 127-164, 2006.

a flujos y fuerzas. ¿Tendría algún sentido hablar de flujos y fuerzas en los sistemas de conocimiento? En las estructuras disipativas el comportamiento de la entropía es fundamental ¿Podría hablarse de entropía en los sistemas de conocimiento? ¿Podría considerarse a los sistemas de conocimiento como sistemas termodinámicos abiertos alejados del equilibrio? ¿Puede tenerse a la formación de un sistema de conocimiento como un proceso de amplificación de una fluctuación? La estabilización de una estructura disipativa corre por cuenta de flujos de masa y energía, ¿qué sentido tendrían estos flujos en los sistemas de conocimiento? De otra manera, ¿qué forma –permisible- adoptan estos flujos en los sistemas de conocimiento? Antes de sugerir que un sistema de conocimiento es una estructura disipativa, deberían resolverse favorablemente los anteriores interrogantes.

Por otro lado, y como se sugirió, algunos de los procesos de la construcción de los sistemas de conocimiento –según la propuesta de conocimiento que aquí se hace- parecieran tener una fuerte similitud con algunos de los fenómenos de los sistemas de comportamiento caótico. ¿Presentan, en alguna etapa de su construcción, los sistemas de conocimiento un comportamiento caótico?

Generalmente, en los sistemas caóticos, su comportamiento depende de ciertos valores de un parámetro que permite la descripción del estado del sistema en el espacio de los estados. Dentro de ciertos valores de este parámetro, el estado del sistema presentará un comportamiento caótico. Con respecto a esto ¿puede “reducirse” el comportamiento de un sistema de conocimiento en construcción a la variación de un parámetro? ¿Puede “reducirse” el sistema de conocimiento a uno o unos pocos parámetros que, para ciertos valores, puedan implicar que el estado del sistema se comporta caóticamente? ¿Cómo mostrar convincentemente que, en los primeros estadios de formación de dos o más sistemas de conocimiento, su “trayectoria evolutiva” está gobernada por un atractor caótico-fractal? ¿Tiene algún sentido hablar de “trayectoria evolutiva” en los sistemas de conocimiento en construcción?

Los interrogantes formulados para los sistemas de conocimiento podrían reelaborarse para las propuestas –acerca del camino que debe seguir la bioética- de V. Garrafa y P. L. Sotolongo: V. Garrafa sugiere que es posible,

hablar de nociones como las de desorden, imprevisibilidad, error y caos, las cuales fomentarían la evolución y las transformaciones. La pregunta que surge es la siguiente: ¿cómo introducir rigurosamente estas nociones en el ámbito social? ¿En qué sentido se podría hablar de azar, incertidumbre, desorden y caos en el campo social? ¿Tendrían el mismo significado que el que tienen en el campo de los llamados sistemas complejos?

P. L. Sotolongo sugiere que los sistemas sociales son autoorganizantes, ontológicamente creativos y no lineales. En estos sistemas emergen nuevos órdenes “de complejidad” a partir de los existentes, o a partir del desorden (las comillas son de Sotolongo). Sugiere proyectar el cuerpo de saber transdisciplinario de la complejidad hacia una u otra problemática bioética. Para ello habla de interacciones no lineales, atractores, conflicto de atractores que generan bifurcaciones. En mi opinión, creo que sería necesario pensar cuidadosamente cada uno de estos conceptos. La sugerida proyección –si se le da un sentido riguroso- me parece que es un poco osada y, tal vez, precipitada. Sería necesario, una vez más, precisar los rangos significativos de todos estos conceptos (autoorganización, atractores, bifurcaciones, órdenes de “complejidad”, desorden, no linealidad). Estrictamente ¿se están haciendo únicamente analogías o, a lo más, metáforas? No debería responderse, tampoco, precipitadamente con un sí o un no a este último interrogante. Una respuesta seria a tal interrogante debería ser fruto de una cuidadosa investigación.

## Bibliografía

BENNETT, C. “Logical depth and physical complexity”. En R. Herker ed. *The universal Turing Machine: a half century survey*, pp.227-258. Oxford University Press. 1988.

BLECUA, J. M. *Lingüística y significación*. Barcelona: Salvat Editores, S.A., 1973.

BLECUA, J. M. *Revolución en la lingüística*. Barcelona: Salvat Editores, S.A., 1973.

CADENA, L. A. “Complejidad y vida: algunas reflexiones”. En *Revista Colombiana de Bioética*. Vol. 1, No 2, pp. 127-164, 2006.

CRICK, F. and WATSON, J. "Molecular Structure of nucleic acids". In: *Nature*, Vol. 171, No 3, pp. 737-738, 1953.

CHAITIN, G. "A theory of program size formally identical to information". In: *J. Assoc. Comput. Mach.*, Vol. 22, No 3, pp. 229-340, 1975.

CHAITIN, G. *Algorithmic information theory*. 3ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

DARWIN, Ch. *El Origen de las Especies*. Madrid: SARPE, 1983.

DAWKINS, R. *El gen egoísta*. Barcelona: Salvat Editores, S. A., 1986.

DRETSKE, F. *Conocimiento e información*. Barcelona: Salvat Editores, S. A., 1987.

ELKANA, Y. "La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica". *Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología*, Vol. III, No 10-11, pp. 65-80, 1983.

FERNÁNDEZ-RAÑADA, A. "Movimiento caótico". En: *Orden y Caos*. Barcelona: Prensa Científica, S. A., 1990.

FEYERABEND, P. *Contra el método*. Barcelona: Editorial Ariel, 1974.

GARMA, A. "Thomas Kuhn y la racionalidad científica. Inconmensurabilidad y verdad". En: *A Parte Rei. Revista de Filosofía*, No 40, pp. 1-9. Revista de la Red, 2005.

GARRAFA, V. "Multi-inter-transdisciplinariedad, complejidad y totalidad concreta en bioética". En: Coordinadores: V. Garrafa, M. Kottow, A., Saada, *Estatuto epistemológico de la bioética*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética de la UNESCO. 2005.

GLANDORSFF, P., and PRIGOGINE, I. *Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations*. London: WILEY – INTERSCIENCE a division of John Wiley & Sons, Ltd., 1971.

GOULD, S. J. *El pulgar del panda*. Barcelona: Ediciones Orbis, S. A., 1985.

GOULD, S. J. "Propuestas para una nueva teoría general de la evolución". En: *Revista El Paseante*, No. 13. Ramblas, 1989.



HALLIDAY, M. A. K. *El lenguaje como semiótica social*. México: Fondo de Cultura Económica de México, 1982.

KESTIN, J. *A course in thermodynamics*. Revised Printing, Volume I. New York: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1979.

KESTIN, J. *A course in thermodynamics*. Revised Printing, Volume II. New York: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1979.

KITCHER, P. *El avance de la ciencia*. México: Universidad Autónoma de México, 2001.

KUHN, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. Segunda edición. México: Fondo de Cultura Económica, 1976.

KUHN, T. *La revolución copernicana*, Vol. II. Madrid: Ediciones Orbis, S. A., 1978.

LAKATOS, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1983.

LURIA, A.R. *Lenguaje y pensamiento*. Barcelona: Editorial Fontanella, 1980.

LLOYD, L., and PAGELS, H. "Complexity as thermodynamics depth". *Ann. Phys.* Vol. 188, pp. 186-213, 1988.

MAGEE, B. *Popper*. En: F. Kermode ed., *Fontana modern masters*, pp. 8-55 Fontana/Collins. Fourth impression, 1985.

MAYNARD Smith, J. "La evolución del comportamiento". En *Evolución*, Libros de Investigación y Ciencia. Barcelona: Editorial Labor, S. A., 1979.

MAYR, E. "La evolución". En: *Evolución*, Libros de Investigación y Ciencia. Barcelona: Editorial Labor, S. A., 1979.

MAYR, E. *Así es la biología*. Madrid: Editorial Debate, S. A., 1998.

NEWTON, I. *El sistema del mundo*. Madrid: SARPE, 1983.

PIAGET, J. *El estructuralismo*. Primera Edición Castellana. Barcelona: Oikos-tau, S. A., Ediciones, 1974.

POPPER, K. R. *Realismo y el objetivo de la ciencia*. Post Scriptum a la lógica de la investigación científica, Vol. 1. Madrid: Técnos, 1983.

POPPER, K. R. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Editorial Tecnos, S. A., 1985.

RIEDL, R. *Biología del conocimiento*. Primera Edición. Barcelona: Editorial Labor, S. A., 1983.

RIVADULLA, A. "Inconmensurabilidad y relatividad. Una revisión de la tesis de Thomas Kuhn". En: *Revista de Filosofía*, Vol. 28, No 2, pp. 237-259, 2003.

RUSSELL, B. *Historia de la filosofía occidental*, T. II. Madrid: Espasa - Calpe, S. A., 1971.

SAMPEDRO, J. *Deconstruyendo a Darwin*. Barcelona: Editorial Crítica, S. L., 2002.

SEARS, F. W. and SALINGER, G. L. *Thermodynamics, kinetic theory, and statistical thermodynamics*. Addison-Wesley Publishing Company, 1986.

SCHAFF, A. *Lenguaje y conocimiento*. México: Editorial Grijalbo, S. A., 1967.

SOTOLONGO, P. L. "El tema de la complejidad en el contexto de la bioética". En: *Estatuto epistemológico de la bioética*. Coordinadores: V. Garrafa, M. Kottow, A., Saada. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética de la UNESCO, 2005.

STEBBINS, J. W. "La naturaleza de la evolución". En: *Evolución*, Dobzhasky, Th., Ayala, F., Stebbins, G. L. y Valentine, J. W. Barcelona: Ediciones Omega, S. A., 1980.

WATANABLE, O., Ed. *Kolmogorov Complexity and Computational Complexity*. New York: Springer-Verlag, 1992.

YUEN REN CHAO, *Iniciación a la lingüística*. Madrid: Ediciones Cátedra, S. A. Segunda edición, 1977.