

Bioética, incompletitud e inconmensurabilidad*

Bioethics, incompleteness and incommensurability

Luis Álvaro Cadena Monroy**

Resumen

Partiendo de un resultado anterior sobre la inconmensurabilidad de estimaciones de complejidad algorítmica de una cadena binaria tomando como referencia dos sistemas formales diferentes, y de la inconmensurabilidad presente entre la teoría de la relatividad y la mecánica newtoniana, se analiza la relación entre diferentes ciencias. Con base en esto, se analiza si la bioética puede ser considerada como una disciplina, en el sentido clásico, y si puede tener un carácter universal. Los resultados a los que se llega son: primero, la bioética no puede ser considerada como una disciplina, segundo, las disciplinas a las cuales acude la bioética son inconmensurables entre sí, tercero, la bioética es un saber que es necesariamente incompleto y, cuarto, la bioética no puede ser universal.

Palabras clave: ciencia, disciplina, saber, bioética, incompletitud, inconmensurabilidad.

Abstract

Starting from a previous result on incommensurability of algorithmic complexity estimations of a binary chain taking as a reference two different formal systems, and the incommensurability between the theory of relativity and Newton's mechanics, I analyze the relationship between sciences. Based on the above, I analyze if bioethics can be regarded as a discipline, in a classic sense, and if it can have a universal standing. Results suggest: first, that bioethics cannot be regarded as a discipline; second, disciplines on which bioethics is based are incommensurability among them; third, bioethics is, necessarily, an incomplete field of knowledge and; lastly, bioethics cannot be universal.

Key words: science, discipline, knowledge, bioethics, incompleteness, incommensurability.

Introducción

El presente artículo es el resultado de una investigación en la que analizó la Bioética como ciencia, como disciplina y si ella podía tener un estatuto epistemológico. Para ello, la presente investigación se basó en unos resultados previos de otra investigación (publicados en el presente número) sobre complejidad algorítmica; en el teorema de la incompletitud de Gödel, y la inconmensurabilidad entre dos teorías físicas, a

los que nos referiremos a continuación.

Complejidad algorítmica

Una máquina de Turing es un diseño que permite calcular una cadena binaria a partir de otra cadena binaria. De otra forma, una máquina de Turing es un programa de computador que permite calcular una cadena binaria a partir de otra cadena binaria. Imaginemos que podemos enumerar las máquinas de Turing así: T_1, T_2, T_3, \dots . A cada

* Artículo resultado del proyecto de investigación, "Saberes, epistemologías y prácticas en bioética", Grupo de investigación, "Bioética, ciencias de la vida", Departamento de Bioética de la Universidad El Bosque. Documento entregado el 20 de enero de 2011 y aprobado el 20 de octubre de 2011.

** Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia. PhD. Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Docente – investigador Departamento de Bioética, Universidad El Bosque. Correo electrónico: l_a_cadena_m@yahoo.es

máquina de Turing le asignamos un numeral o índice. En otras palabras, podríamos enumerar los programas de computador asignándole a cada programa un numeral o índice. Con una enumeración así, podríamos construir otra máquina de Turing que tuviese la enumeración de las máquinas de Turing. A esa máquina la vamos a llamar máquina universal de Turing o computador universal. La representaremos mediante el símbolo U . Entonces, cuando U necesita calcular una cadena binaria determinada, basta darle el numeral o índice i de la máquina de Turing que permite calcular esa cadena binaria (T_i), entonces, el control pasa a la máquina T_i , y se calcula la cadena binaria¹.

Las cadenas binarias pueden ser ordenadas si, por ejemplo, siguen una pauta que se reitera:

```
11111111111111111111111111111111
00000000000000000000000000000000
01010101010101010101010101010101
0001000100010001000100010001
```

La siguiente cadena binaria parece no seguir pauta alguna.

Decimos que esta cadena binaria es aleatoria:

```
010000111001111000111001
```

Una cadena binaria cualquiera puede ser calculada a partir de varios programas de computador. De todos los programas de computador que permiten calcular a la cadena binaria s , escogemos el programa más corto, es

decir, aquel que tenga el menor número de bits². Entonces, definimos la complejidad algorítmica de la cadena binaria s como la longitud (o número de bits) del programa más corto, o mínimo, que le permite al computador universal calcularla.

Las cadenas binarias ordenadas pueden ser calculadas a partir de programas muy cortos (por ejemplo: escriba 01 doce veces), es decir, pueden comprimirse en programas cortos. En cambio, las cadenas binarias aleatorias no pueden comprimirse en programas más cortos que ellas: el programa que las permite calcular sería: Escriba 000100010001000100010011. Toca escribir toda la cadena binaria, pues no es posible comprimirla. El programa que permite calcular la cadena binaria aleatoria será largo.

Entonces, como la complejidad algorítmica de una cadena binaria es el número de bits del programa más corto que permite calcularla en un computador universal, dado un número de dígitos de la cadena binaria. Las cadenas binarias ordenadas tendrán una complejidad algorítmica baja, en tanto que cadenas binarias aleatorias tendrán una complejidad algorítmica alta. En resumen, las cadenas binarias ordenadas son poco complejas; las cadenas binarias aleatorias son complejas.

Teorema de la invarianza

Llamemos C al computador que me permite calcular una cadena binaria s . Llamemos U al computador universal. Representemos mediante i al numeral o índice, en la mencionada numeración, que me indica cuál es el computador C que me permite calcular s , es decir C_i . Para calcular s , el programa de computador universal U debe tener dos elementos: el índice i de C y el programa de C .

Ahora bien, resulta que podemos estimar la

¹ LI, Ming y VITÁNYI, Paul. An introduction to Kolmogorov complexity and its applications. Tercera edición. New York: Springer, 2008. pp. 27–31. Ver también, aunque con una nomenclatura diferente, CHAITIN, Gregory. A theory of program size formally identical to information. *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol. 22 (3): 329–340. 1975. CHAITIN, Gregory. Algorithmics information theory. 3rd printing (with revisions). Cambridge: Cambridge University Press, 1990. pp. 107–108.

² CHAITIN, Gregory. Randomness in arithmetic. *Scientific American*, Vol. 259 (1): 80–85, 1988.

complejidad de la cadena binaria \underline{s} de dos formas: con base en el programa mínimo o más corto de los computadores C . A esta complejidad la llamaremos $K_C(s)$. También podremos estimar la complejidad de \underline{s} con base en el computador universal U . A esta complejidad la llamaremos $K(s)$. Teniendo en cuenta esta nomenclatura, veamos el teorema de la invarianza. Este teorema dice que³:

$$K(s) \leq K_C(s) + \text{sim}(C)$$

Más generalmente:

$$K(s/t) \leq K_C(s/t) + \text{sim}(C)$$

Este teorema nos indica que la complejidad de la cadena binaria \underline{s} , estimada por un computador cualquiera C , difiere de la complejidad de la misma cadena binaria \underline{s} , estimada por el computador universal U , en una constante, $\text{sim}(C)$, que depende del numeral o índice del computador C en la enumeración.

Kolmogorov, que fue uno de los tres creadores de la complejidad algorítmica, hizo hincapié en que toda esta teoría no tendría sentido, si no se hubiese construido una jerarquía de métodos de cálculo de cadenas binarias con ciertas propiedades. Esta jerarquía, para tener sentido, tiene que tener un único mínimo elemento. Esto destierra el aparente relativismo de las definiciones de complejidad de las cadenas binarias, al definirla a partir de métodos universales⁴. Con esto, se puede hablar de una complejidad absoluta de las cadenas binarias. La complejidad sería una propiedad de la cadena binaria, y no del método de cálculo que se use para especificarla o calcularla.

³ CHAITIN, Gregory. Op. cit., 1975. pp. 329–340; CHAITIN, Gregory. Op. cit., 1987. p. 110, Aunque con otra nomenclatura, ver: LI, Ming y VITÁNYI, Paul. Op. cit., p. 202.

⁴ LI, Ming y VITÁNYI, Paul. Op. Cit., p. 103.

Hilbert y Gödel

En el congreso Internacional de matemáticas (París, 1900), David Hilbert propone como problema demostrar que la teoría de los números reales no es contradictoria. Hilbert debía probar que, a partir de los axiomas, de ciertas reglas de inferencia y de un número finito de pasos, no se podía llegar a resultados contradictorios. Si el concepto demostrado no implicaba pasos contradictorios, el concepto existiría en un sentido matemático. Hilbert creía que podría encontrar una prueba absoluta y no simplemente una prueba la no contradicción de los axiomas a la de una disciplina que se suponía no contradictoria. La escuela de Hilbert, entre cuyos alumnos se encontraba Von Neumann y Ackermann, trabajó durante los primeros treinta años, llegando sólo a resultados parciales⁵.

En 1910, Bertrand Russell intenta demostrar que los conceptos matemáticos son definibles de conceptos lógicos, y que los axiomas matemáticos son deducibles de proposiciones lógicas verdaderas. Así, el problema de la consistencia de la matemática pasaría a ser un problema de la consistencia de la lógica formal. Si de unos axiomas deducimos tanto una fórmula como su contradicción, entonces, cualquier fórmula podría ser un teorema.

¿Puede demostrarse la consistencia de un sistema como el de los “Principia Mathematica” de Whitehead y Russell? Gödel demuestra, en 1931, que tales esfuerzos llevarían al fracaso. Mediante un procedimiento en el cual no podemos detenernos, Gödel demuestra que es posible construir una fórmula aritmética como una fórmula que afirma su propia indemostrabilidad. De manera simplificada, la fórmula diría: “esta fórmula aritmética... es indemostrable”. Gödel muestra que esta fórmula aritmética es INDEMOSTRABLE, es decir, ni la fórmula ni su

⁵ CAMPOS, A. Inédito, Universidad Nacional de Colombia.

contradicción pueden deducirse formalmente de sus axiomas. Ahora bien, si la fórmula fuese demostrable, entonces, su contradicción formal también sería demostrable⁶.

La mencionada fórmula resulta corresponder a una propiedad conocida de los enteros. Es decir, estaríamos frente a un enunciado que sería una verdad aritmética. En consecuencia, el sistema aritmético es esencialmente incompleto. No es posible probar, a partir de un conjunto de axiomas amplio, y utilizando las reglas de inferencia del sistema, que tal conjunto de axiomas sea a la vez consistente y completo: si es completo, contendrá contradicciones, y si es incompleto, habrá teoremas verdaderos no demostrables por ese conjunto de axiomas. Este es el llamado teorema de la incompletitud de Gödel. Es decir, si estamos tratando con un sistema formal no contradictorio, entonces, habrá teoremas verdaderos que no pueden ser demostrados a partir de ese sistema. Esto significa que ese sistema formal no será completo. De otra parte, si un sistema formal es completo, es decir, si es posible demostrar cualquier teorema verdadero a partir de un sistema formal, este sistema será contradictorio. Entonces, si no queremos caer en contradicciones, nuestro sistema formal debe ser, esencialmente incompleto.

Aleatoriedad e incompletitud

Se tiene por verdad que la mayoría de las cadenas binarias son aleatorias. ¿Podemos demostrar que una cadena binaria s es aleatoria? Para hacer esto, tenemos que demostrar que no existe un programa más corto que la cadena binaria s . Este es el punto de contacto entre la incompletitud de Gödel y la complejidad algorítmica.

Un sistema formal es consistente, según veíamos, si no es posible probar, dentro de él, que una proposición y su contradicción formal

son verdaderas. Por otro lado, un sistema formal es veraz si, y sólo si, pueden ser demostradas dentro del sistema como verdaderas, únicamente proposiciones consideradas como verdaderas. Un sistema formal veraz es un sistema formal no contradictorio⁷.

Tomemos como referencia cualquier sistema formal veraz V , en el que puedan ser expresadas proposiciones como la de " s es una cadena binaria aleatoria". Supongamos que V puede ser descrito en v bits. Afirmamos que, para todas las cadenas aleatorias finitas s (que, aunque finitas, son muchas), la proposición " s es aleatoria" no puede ser probada en el sistema formal no contradictorio y veraz, V ⁸.

Supongamos lo contrario. Buscaremos, en V , la prueba de que alguna cadena binaria de longitud $n \gg v$ es aleatoria. Cuando se encuentre tal cadena, la imprimimos. El proceso de imprimir s , que tiene una longitud n , necesitaría de sólo $\log n + v$ bits, que es mucho menor que los n bits. Entonces, s no puede ser aleatoria. Pero como V es veraz, y como se encontró la prueba de ello, s es aleatoria. Esto significaría que V no puede ser consistente, lo cual sería una contradicción⁹.

Ahora bien, la afirmación según la cual la mayoría de cadenas binarias son aleatorias, es considerada como una verdad. En consecuencia, habría verdades que no pueden ser probadas efectivamente desde mi sistema formal consistente y veraz, V . Por otro lado, si demuestro, dentro de V , la proposición " s es aleatoria", también podré demostrar, la negación de esta proposición: " s no es aleatoria". Mi sistema formal V , sería contradictorio. En consecuencia, si mi sistema formal V no es contradictorio, será un sistema formal incompleto¹⁰.

⁷ LI, Ming y VITÁNYI, Paul. Op. Cit., pp. 3–4.

⁸ *Ibidem.*, p. 4.

⁹ *Ibidem.*, p. 4.

¹⁰ *Ibidem.*, p. 4.

⁶ NAGEL, Ernest y NEWMAN, James. Gödel's proof. New York: New York University Press, 1986. pp. 85 y ss.

Voy a tomar parte de un resultado de un proyecto de investigación mío que ya ha culminado y cuyos resultados se presentan en este mismo número¹¹. Supongamos que tenemos dos sistemas formales V_1 y V_2 diferentes. Supóngase, también, que desde el sistema formal V_1 la cadena binaria \underline{s} aparecerá como aleatoria, es decir tendrá una máxima complejidad. Por otro lado, supóngase que el sistema formal V_2 contiene un teorema que no está presente en el teorema V_1 , y que permite calcular, de forma comprimida, la cadena binaria \underline{s} . Entonces, desde el sistema formal V_2 la complejidad de \underline{s} no será máxima; será menor que en el caso anterior. Más generalmente, gracias al teorema referido de V_2 , es posible que varias cadenas binarias que aparecen con máxima complejidad en V_1 aparezcan con baja complejidad en V_2 . Supongamos que las demás cadenas binarias aparecen con complejidades similares en los dos sistemas. Esto nos indicará que las todas complejidades en los dos sistemas no difieren únicamente en unos cuantos bits: muchas de ellas sí diferirán uniformemente en unos cuantos bits, pero algunas de ellas (las que dependen del mencionado teorema) diferirán de manera no previsible. Es decir, la complejidad algorítmica no resulta ser absoluta como lo pretendía Kolmogorov. Tampoco podremos deducir la complejidad algorítmica de una cadena binaria s que aparece como aleatoria en V_1 , de la complejidad de esa cadena binaria (baja) s en V_2 . Concluimos, entonces, que los resultados de la estimación de las complejidades en los dos sistemas son inconmensurables entre sí, es decir, las medidas de complejidad no pueden ser comparadas entre estos dos sistemas: no es posible reducir las complejidades de un sistema a las complejidades del otro sistema.

En mi opinión, creo que se puede concluir que la complejidad algorítmica no resulta ser absoluta e independiente del sistema formal desde la cual es

¹¹ Sobre una complejidad absoluta y universal, y una teoría unificada de la complejidad.

estimada. Debido a esto, creo que se puede decir que los resultados de estimar la complejidad algorítmica desde diferentes sistemas formales podrían ser inconmensurables entre sí.

En un artículo¹² se hace una propuesta sobre cómo podría darse el conocimiento. Desde la perspectiva de esta propuesta, entre otras, analizaba la sugerencia de A. Rivadulla¹³ según la cual la inconmensurabilidad de Kuhn con relación a las teorías era insostenible.

En pocas palabras, la propuesta de conocimiento referida decía que es, inicialmente, el sujeto cognoscente, quien tiene la iniciativa: crea y configura su objeto de conocimiento. Por objeto de conocimiento se entiende toda una nueva fuente de información, en la cual, los distintos elementos del conocimiento pueden interactuar según una gramática propia. Los objetos de conocimiento no tienen existencia independiente de los sujetos cognoscentes. Si se logra que la comunidad académica acepte este nuevo objeto de conocimiento, y si ese nuevo objeto de conocimiento logra inscribirse en un proceso de conocimiento más general, y ya aceptado por la comunidad académica, entonces el proceso se invierte: el objeto de conocimiento pasa a adquirir la categoría de real, y son los sujetos cognoscentes los que deben adaptarse (“conocer”) a las peculiaridades del nuevo objeto de conocimiento. Esta propuesta de conocimiento está alejada de las escuelas realistas del conocimiento, y de las propuestas instrumentalistas del conocimiento.

En el artículo referido¹⁴ se discuten tres argumentos de Rivadulla contra la inconmensurabilidad

¹² CADENA, Luis Álvaro. Complejidad y conocimiento: algunas reflexiones. *Revista Colombiana de Bioética*, Vol. 3 (1): 37–86, enero–junio de 2008.

¹³ RIVADULLA, Andrés. Inconmensurabilidad y relatividad. Una revisión de la tesis de Thomas Kuhn. En: *Revista de Filosofía*, Vol. 28 (2): 237–259, 2003.

¹⁴ CADENA, Luis Álvaro. Op. cit., pp. 75–77.

de Kuhn. En el primero de ellos se dice que si se acude al análisis dimensional las cantidades físicas aludidas en la teoría de la relatividad y la mecánica newtoniana serán traducibles al tener las mismas dimensiones; pero, como se muestra en el artículo referido, por ejemplo, el calor y el trabajo tienen las mismas dimensiones y no por ello se refieren a la misma cantidad física. En segundo lugar, Rivadulla critica la propuesta de Frege según la cual el sentido de un término no determina su referente. No obstante, en la propuesta de conocimiento que hice en el referido artículo, la afirmación de Frege sigue siendo correcta: debemos asociar el sentido de un término a su referente.

Finalmente Rivadulla se lanza a aceptar el instrumentalismo para poder continuar negando la inconmensurabilidad de Kuhn (y esta vez de Feyerabend¹⁵). Sin embargo, como lo mencioné, el conocimiento no necesita resignarse ni al realismo ni al instrumentalismo.

Objetivos

1. Analizar si puede considerarse la bioética como una disciplina.
2. Analizar si es posible tener una bioética universal y absoluta.
3. Analizar si diferentes propuestas bioéticas pueden ser conmensurables.
4. Analizar si alguna propuesta bioética puede ser considerada como completa.
5. Analizar si las disciplinas a las que acude la bioética pueden ser conmensurables entre sí.

¹⁵ P. Feyerabend afirma que, desde una perspectiva instrumentalista de la ciencia, la inconmensurabilidad desaparecería. Ver FEYERABEND, Paul. *Contra el método*. Barcelona: Editorial Ariel, 1974. p. 122.

1. Metodología

Para el análisis de la consideración de la bioética como una disciplina, se va estudiar la forma en que procede la bioética para afrontar situaciones específicas, y la manera en que podría construirse teoría bioética.

Para el análisis de la bioética como universal y absoluta, se recurrirá a la metodología que se siguió para llegar a que no era posible alcanzar una complejidad algorítmica universal y absoluta¹⁶.

Para analizar si diferentes propuestas bioéticas pueden ser conmensurables, se recurrirá al método (no explicitado aquí) que llevó a decir que los resultados de la estimación de la complejidad, a partir de sistemas formales diferentes, son inconmensurables entre sí¹⁷.

Para analizar si alguna propuesta bioética puede ser considerada como completa, se seguirá el teorema de Gödel.

Para analizar si las disciplinas a las que acude la bioética pueden ser conmensurables entre sí, se recurrirá al método (no explicitado aquí) que llevó a decir que los resultados de la estimación de la complejidad, a partir de sistemas formales diferentes, son inconmensurables entre sí¹⁸.

2. Resultados y discusión de resultados

Según lo dicho, teorías físicas como la teoría de la relatividad y la mecánica de Newton resultan ser (mínimo, parcialmente) inconmensurables entre sí. En consecuencia, no podremos “reducir” la mecánica newtoniana a la teoría de la relatividad, ni lo contrario. No hay un

¹⁶ Ver en el presente número: Sobre una complejidad absoluta y universal, y una teoría unificada de la complejidad.

¹⁷ *Ibidem*.

¹⁸ *Ibidem*.

crecimiento de conocimiento continuo en el paso de la mecánica newtoniana a la teoría de la relatividad. Puede decirse que entre las dos teorías existe una discontinuidad (al menos parcial) que no permite la completa traducción de los conceptos de la mecánica newtoniana a la teoría de la relatividad (ni, por supuesto, lo contrario).

Desde este punto, podemos pasar a pensar, más globalmente, en las relaciones entre diferentes ciencias, como la física –que no es una ciencia unificada, en el sentido de que las grandes teorías que existen en ella son inconmensurables entre sí-, la química –que tampoco es una ciencia unificada-, y la biología –que tampoco resulta ser una ciencia unificada.

En la perspectiva mencionada, no podemos decir que existe un desarrollo continuo de aumento del conocimiento desde la física hacia la biología a través de la química. La principal teoría de la biología, la evolución de Darwin, se creó casi que con total independencia de la química y de la física. Darwin tenía muy pocos conocimientos de la física y de la química. Es cierto que la teoría de Darwin influyó profundamente en Boltzmann y en su mecánica estadística, pero no existe la posibilidad de traducir la evolución de Darwin a la mecánica estadística de Boltzmann, ni lo contrario. En este sentido, la mecánica estadística de Boltzmann y la teoría de la selección Darwiniana son inconmensurables entre sí.

Al mismo tiempo que comenzaba a difundirse la idea de la selección natural de Darwin, G. Méndel introduce conceptos probabilísticos para comprender algunos fenómenos de la herencia. Por supuesto, Méndel tampoco fue influido por la física y la química de su tiempo. Su teoría de la herencia permaneció silenciosa por más de treinta años, hasta que fue redescubierta hacia 1900. Unos años después, se introduce el llamado equilibrio de Hardy Weinberg, el primero, matemático, el segundo, físico. La idea

del equilibrio mencionado, indicaría que si se cumplen determinadas condiciones –como: no mutación, no migración, no selección, poblaciones grandes, poblaciones panmícticas-, se evoluciona hacia un equilibrio caracterizado porque, de una generación a otra, no varían las frecuencias génicas, ni las frecuencias genotípicas, ni las frecuencias fenotípicas, es decir, se llega a una situación de equilibrio en las sucesivas generaciones. Este equilibrio indicaría que, por sí sola, la herencia mendeliana es un factor conservador¹⁹. El equilibrio termodinámico pudo influir en el físico Weinberg, pues en ambos equilibrios, ciertas propiedades o parámetros permanecen semejantes independientes del tiempo, por ejemplo, y en el caso de la termodinámica, las propiedades estables pueden ser la temperatura, la densidad, el volumen, etc. En el equilibrio de Hardy Weinberg, el equilibrio está definido por la estabilidad de las mencionadas frecuencias génicas, genotípicas y fenotípicas en las sucesivas generaciones. Sin embargo, a pesar de la analogía de un equilibrio, los dos tipos de equilibrio no pueden ser homologables, es decir, no podremos hacer una traducción del equilibrio termodinámico al de Hardy Weinberg, ni lo contrario. En este sentido, la genética de poblaciones, inaugurada por Hardy y Weinberg, y la termodinámica clásica son inconmensurables entre sí.

Inicialmente, la genética de poblaciones permaneció separada de la teoría de la selección de Darwin. Sostenían los genetistas que el cambio se daba únicamente por cambios genéticos (la mutación), lo que llevaba a cambios abruptos en los organismos. Negaban que la selección fuese el motor de cambio. Por su parte, los seleccionistas darwinianos creían que el cambio sólo se daba por selección natural. Fue a finales de los años

¹⁹ DOBZHANSKY, Theodosius. Selección natural. En: DOBZHANSKY, Theodosius; AYALA, Francisco, STEBBINS, Ledyard y VALENTINE, James. Evolución. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1977, pp. 100–101.

veinte y comienzos de los treinta del siglo pasado en los que se mostró que la genética de poblaciones y la propuesta de la selección natural podían complementarse de manera armónica. Así surgió lo que hoy se conoce como teoría sintética de la evolución o neodarwinismo²⁰. Luego aparecerían otras propuestas evolutivas como el neutralismo²¹, el equilibrio puntuado²², y otras. Estas propuestas evolutivas que constituyen la columna vertebral de la biología no tienen una contrapartida en la química, ni en la física. En este sentido, las teorías de la evolución orgánica no son homologables a teorías físicas o químicas. Es decir, las teorías físicas y químicas estándar son inconmensurables con relación a las teorías evolutivas biológicas.

No obstante que existan regiones de trabajo interdisciplinario o transdisciplinario, ello no desdibuja a las ciencias mencionadas. Utilizando la terminología de Lakatos, podríamos decir que estas ciencias conservan su núcleo fuerte intacto.

Con Prigogine y otros, ha habido intentos de hacer homologables procesos que conducen a la formación de diferentes sistemas complejos, llámeseles sistemas físicos, químicos o biológicos. Si bien, puede haber estructuras disipativas en sistemas físicos y químicos (que es el término de Prigogine y Glandsdorff²³ mediante el cual se resumen sistemas que pueden ir de lo poco complejo a lo muy complejo), los seres

vivos no podrían ser considerados únicamente como estructuras disipativas, porque no es la producción de entropía, no es la fluctuación con relación al estado biológico de referencia en el estado del sistema biológico (en sentido físico o químico) como alejamiento del estado de referencia (lo que implicaría hablar del estado del sistema), lo que lleva al cambio evolutivo; el alejamiento del equilibrio es claro en los seres vivos; lo que no explica ese alejamiento es por qué surgen unos tipos de organismos y no otros en ciertos contextos. De las estructuras disipativas no podemos llegar a conceptos claves en biología como los genes, el fenotipo, el genotipo, la selección alopátrica, la selección simpátrica, etc. Si bien, Prigogine interpreta la sucesión de cambios en las estructuras disipativas como órdenes a través de fluctuaciones, esto no basta para interpretar los sucesivos cambios evolutivos en los organismos. Los seres vivos evolutivos no se pueden “reducir” a una estructura disipativa. En consecuencia, los seres vivos evolutivos no son homologables a las estructuras disipativas: no podemos traducir la riqueza de la evolución orgánica al lenguaje de las estructuras disipativas. En un “desliz” permisivo, podríamos decir que los seres vivos son estructuras disipativas, pero inmediatamente tendríamos que agregar que son algo más que éstas, y esto basta para hacer inconmensurables las teorías de las estructuras disipativas y las teorías sobre los seres vivos.

En un lenguaje ya algo viejo de la teoría de sistemas, pero que continúa vigente, podríamos hablar de los sistemas físicos, los sistemas químicos y los sistemas vivos. Los sistemas vivos poseen ciertas propiedades emergentes que no permiten su reducción a los sistemas químicos, así la evolución química haya sido un prerequisite de la evolución orgánica. En consecuencia, existe una inconmensurabilidad entre las teorías de los sistemas químicos y las de los seres vivos. De igual manera, la formación de las primeras moléculas en el comienzo del universo conocido, fue un prerequisite de los

²⁰ STEBBINS, Ledyard. La naturaleza de la evolución. En: DOBZHANSKY, Theodosius; AYALA, Francisco, STEBBINS, Ledyard y VALENTINE, James. Evolución. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1977, pp. 18–19.

²¹ KIMURA, Motoo. Teoría neutralista de la evolución molecular. En: *Genética Molecular*. Barcelona: Prensa Científica. 1987. pp. 232–241.

²² GOULD, Stephen. The structure of evolutionary theory. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 2002.

²³ GLANDORSFF, P., y PRIGOGINE, Ilya. Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations. London: WILEY – INTERSCIENCE a division of John Wiley & Sons, Ltd. 1971. pp. 73 y ss.

sistemas químicos, sin embargo, estos últimos poseen propiedades emergentes que no son deducibles de los sistemas de partículas físicas. En consecuencia, las teorías de los sistemas químicos son inconmensurables con las teorías de los sistemas físicos.

En resumen, la física, la química y la biología son inconmensurables entre sí. Aún podría uno preguntarse si las diferentes teorías al interior de cada una de estas tres ciencias no podrían ser consideradas como inconmensurables. Ya vimos que esto era cierto para la mecánica clásica y para la teoría de la relatividad al interior de la física.

Existe, no obstante lo anterior, ciertas zonas, por ejemplo de la biología, en la cuales no se puede hacer una separación tan tajante entre biología, física y química. Por dar un ejemplo viejo pero esclarecedor, recordemos el descubrimiento de la naturaleza del impulso nervioso: en él intervenían factores biológicos (las neuronas con sus vesículas sinápticas, los receptores de los neurotransmisores, y las sinapsis), factores químicos (bioquímicos) como los neurotransmisores, como factores físicos (por ejemplo, el potencial de acción). En casos como estos, las fronteras se diluyen y hacen imposible hablar de una ciencia en estas “regiones fronterizas”. En estas “zonas” debe haber un trabajo interdisciplinario o, incluso, como se verá más adelante, un trabajo transdisciplinario para poder esclarecer el fenómeno estudiado.

La biología ha encontrado, en el estudio del comportamiento de los animales conocido como etología, que ellos tienen ciertas pautas de comportamientos innatos conocidos como instintos. Según K. Lorenz²⁴, existen cuatro grandes instintos básicos: el hambre, la agresión, la reproducción y la huida. Dentro de estos cuatro instintos se ubican, de una u otra manera, ciertas pautas de comportamiento innato,

de diversa naturaleza, como: morder, correr, roer, volar, atacar a un contrincante, presentar comportamientos de sumisión, cooperar, el altruismo, el egoísmo, etc.

Ahora bien, nosotros, los seres humanos, como productos de la evolución, nacemos con pautas de comportamiento innatas: nacemos con capacidades para la huida, la agresión, la reproducción, el hambre. Además, podemos tener otros instintos que nos llevan a vivir una vida social, como el entusiasmo militante que nos inclina a adherirnos a un grupo y a defenderlo, el altruismo, el egoísmo, la capacidad innata para adquirir por la vía cultural un lenguaje simbólico. Según sugerí hace un tiempo, podemos nacer con otras capacidades innatas, como la capacidad de adquirir culturalmente una u otra moral y una u otra formas de exclusión de miembros del grupo²⁵.

¿Significa esto que podemos comprender el comportamiento de los seres humanos a partir de sus instintos? No lo creo: la psicología individual y de grupos no puede reducirse al análisis de instintos; por el contrario, debe tener en cuenta una serie de factores culturales que podría ayudar a comprender muchos comportamientos de los seres humanos. Es decir, la psicología, como ciencia, posee ciertos conocimientos emergentes, que van más allá de la simple biología. Con lo cual, es necesario decir, una vez más, que la biología y la psicología resultan ser ciencias inconmensurables entre sí. Aún dentro de la psicología podríamos encontrar corrientes que parecen ser inconmensurables entre sí: piénsese en las propuestas cognitivas y en las corrientes psicoanalíticas.

De aquí podríamos pasar a la sociología. La línea de argumentación sería la misma, y nos llevaría a afirmar que en la sociología existen corrientes

²⁴ LORENZ, Konrad. Sobre la agresión: el pretendido mal. México: Siglo XXI editores S. A., 1981. pp. 102-103.

²⁵ CADENA, Luis Álvaro. Biología, moral y exclusión. *Revista Colombiana de Bioética*, Vol. 2(2): 203-228, julio-diciembre de 2007.

que resultan ser inconmensurables entre sí. De otra parte, la sociología no puede ser reducida a la psicología; son dos disciplinas inconmensurables. De igual forma podíamos pasar a la antropología, a la economía, el derecho, la filosofía y otras disciplinas. Encontraríamos que al interior de cada una de ellas se podrían percibir corrientes que resultan inconmensurables entre sí, y que, entre estas disciplinas habría otras tantas inconmensurabilidades.

Entre todas estas diferentes disciplinas o ciencias, podría haber, como se vio en el caso del impulso nervioso, zonas que no pueden definirse como “pertenecientes” a una u otra ciencia o disciplina. Se hacen necesarios conceptos de las distintas disciplinas o ciencias para esclarecer este tipo de fenómenos fronterizos, es decir, se hace necesario un trabajo interdisciplinar o, también, transdisciplinar. Una vez más, la existencia de estas zonas o problemáticas fronterizas no pueden disolver las disciplinas o ciencias

2.1 El enfoque transdisciplinar

En el capítulo final de un manual sobre investigación transdisciplinaria²⁶, varios de los autores de los diferentes capítulos sintetizan en quince proposiciones lo que vendría ser este tipo de investigación:

2.1.1 Proposición 1. Investigación transdisciplinaria es aquella investigación que incluye la cooperación dentro de la comunidad científica, y un debate libre entre investigadores y sociedad²⁷.

2.1.2 Proposición 2. La investigación transdisciplinaria es la forma apropiada de investigación cuando hay una búsqueda de soluciones científicas a problemas del mundo de la vida con un alto grado de complejidad debido

a incertidumbres reales, cargados de valores y de apuestas societales. El tender puentes entre los componentes de conocimiento científico y social puede mejorar significativamente la calidad, la aceptación y la sostenibilidad de tales soluciones. Sin embargo, la deliberación sobre hechos, prácticas y valores importan cuando ocasionan resultados provechosos en el mundo de la vida y en las comunidades científicas²⁸.

En otras palabras, se debe acudir a la investigación transdisciplinaria cuando existen problemas que necesitan ser resueltos, pero no pueden resolverse desde una única disciplina. Todo esto comienza a sonarnos familiar a la bioética.

2.1.3 Los métodos empíricos, ¿una novedad en bioética? Hubert Doucet, el autor de este artículo, originalmente en francés, y traducido al español por Chantal Aristizábal²⁹, dice que varios autores afirman que la bioética ha tomado un giro empírico. Hay un movimiento a favor de conceder mayor atención a las dimensiones empíricas de los análisis éticos. Doucet no niega esta afirmación, sin embargo sugiere que, desde su nacimiento, la bioética ha tenido esta preocupación.

La dimensión empírica del análisis ético es un dato esencial para el origen de la bioética. La novedad misma de las situaciones de las cuales se toma conciencia exige comprender lo que ocurre. Y el hecho de que sean los científicos, investigadores y médicos universitarios quienes giraran hacia los colegas de las ciencias humanas, principalmente teólogos y filósofos, indica también que no esperaban respuestas ya hechas, querían dialogar a partir de los datos que se aportaban³⁰.

²⁸ Ibidem., p. 435.

²⁹ DOUCET, Hubert. Los métodos empíricos, ¿una novedad en bioética? *Revista Colombiana de Bioética*, Vol. 3(2): 21–31, julio–diciembre de 2008.

³⁰ Ibidem., p.24.

²⁶ HIRSCH HADORN, Gertudre., et al (Editors). *Handbook of Transdisciplinary Research*. Suiza: Springer, 2008. 448p.

²⁷ Ibidem., p. 435.

“En estos últimos años, el giro empírico se reconoce cada vez más. ¿Debemos alegrarnos?”³¹.

El contexto actual de la bioética hace ineludible el giro empírico. La reflexión ética sólo se puede hacer si comprendemos el mundo en el que vivimos. La ética sola, alejada de las fuentes constituidas por las múltiples disciplinas que aclaran la acción humana, es impotente para desempeñar su papel: «aspirar a la vida buena con y para el prójimo en sociedades justas» [...] Sólo se podrá lograr con el encuentro de las diversas disciplinas sociales y humanas. En este sentido se impone un giro empírico³².

2.2 Bioética y transdisciplinariedad

La discusión siguiente tomará dos caminos: la posible inconmensurabilidad entre distintas corrientes de la bioética, y la bioética como un posible saber que recurre al estudio empírico, para abordar y tratar de resolver problemas éticos, según un enfoque transdisciplinario que se nutre de diversas ciencias, disciplinas o saberes inconmensurables entre sí.

El mencionado giro empírico pareciera indicar que la bioética se acerca al método transdisciplinario: lo importante no es ponernos de acuerdo en los principios de las diversas disciplinas a las que acude la bioética, como lo reitera Hottois. Lo importante es lograr consensos no forzados en la resolución de problemas que le competen a la bioética. En este sentido, el obrar bioético para estudiar problemas éticos concretos, pareciera corresponder al obrar transdisciplinario. Esto –junto con el hecho de que las disciplinas a las que acude la bioética resultan ser inconmensurables entre sí– haría pensar que la bioética no podría ser considerada una disciplina o una ciencia, en un sentido moderno.

Debido a su forma de proceder en el ámbito

³¹ *Ibidem.*, p. 28.

³² *Ibidem.*, p. 28.

empírico, Doucet cree que la bioética no puede ser una disciplina en el sentido tradicional; Doucet, citando a Judith Andre, sostiene que:

las fronteras entre las disciplinas se han vuelto tenues y porosas; los mismos métodos se pueden encontrar en diferentes saberes. Lo mismo ocurre en bioética y con mayor razón puesto que no es una disciplina, sino más bien una práctica en el sentido de una *praxis*. La bioética no busca aplicar los datos de una disciplina sino, más bien, reflexionar sobre las condiciones necesarias para una buena decisión³³.

Creo que Doucet sólo tiene razón en parte, la bioética puede buscar aclarar y resolver problemas éticos relacionados con la vida en el contexto tecnocientífico actual, sin embargo, eso negaría de plano la posibilidad de crear teoría bioética. Aquí se sostiene que es posible crear teoría bioética, como se verá más adelante. No obstante, la creación de teoría bioética no ha conducido hasta ahora a una disciplina. Por los métodos empíricos mencionados a los que debe acudir la bioética, y por la forma de creación de teoría bioética, según se verá a continuación, se sostiene, aquí, que no podemos considerar a la bioética como una disciplina, en el sentido clásico.

La pregunta que podemos hacernos ahora es la siguiente: si es inevitable el llamado giro empírico en la bioética, entonces ¿cómo generar teoría bioética a partir de situaciones empíricas dispares entre sí? Aquí podríamos caer en la crítica que hacía Hume al empirismo inductivo.

El empirismo –que nos interesa en este contexto– decía que era posible, a partir de una serie de acontecimientos particulares, inducir el caso universal. Esta es la forma más conocida del principio de inducción. Hume no creía que esto fuera posible y, para esto, invalidó el sostén

³³ DOUCET, Hubert. *Op. cit.*, p. 29.

lógico del principio de inducción: la causalidad. Según Hume, 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. Este esclarecimiento de Hume con referencia a la relación de causa y efecto tiene una consecuencia clara en el llamado principio de inducción: Hume demuestra claramente que el principio de inducción lleva a incoherencias³⁴.

La idea de la causalidad ha tratado de ser rescatada de la crítica de Hume. Sin embargo, como dice la teoría del caos, puede haber situaciones en las que causas semejantes lleven a situaciones completamente dispares³⁵. Pareciera que el principio de inducción no nos serviría para generar teoría bioética a partir de casos empíricos.

¿Cómo, entonces, generar teoría bioética si ésta se encuentra inmersa dentro del giro empírico? K. Popper se basó en la crítica de Hume al empirismo induccionista y arranca desde ese punto. Sugiere que no es posible “elevarse” al caso universal a partir del acontecimiento particular; es decir, la teoría no surge a partir de los casos empíricos; por el contrario, la forma de generar teoría es la de la imaginación. No hay otro camino. ¿Podemos crear teoría bioética casi con independencia de los hechos empíricos? ¿Estamos, de nuevo, en una situación análoga a la casuística con respecto al principialismo? Popper³⁶, citando a Novalis, iniciaba su libro con la frase: “Las teorías son redes: sólo quien

lance cogerá”, queriendo decir que las teorías son redes que sirven para atrapar a aquello que llamamos “mundo”.

De esta manera, no podremos crear teoría bioética a partir de los datos empíricos. Además, las diversas fuentes a las que puede acudir para crear teoría bioética son suficientemente inconmensurables entre sí como para decir que la teoría bioética propuesta puede ser considerada una disciplina, en el sentido clásico. **En resumen, este es nuestro primer resultado: la bioética no es una disciplina en el sentido clásico.**

La bioética aparece en actual contexto con la obra de V R. Potter, “Bioética: la ciencia de la supervivencia”. Sin embargo, no fue desde este autor que la bioética alcanzó las dimensiones que tiene actualmente. Fue desde la perspectiva clínica desde donde se desarrolló principalmente la bioética con sus diferentes corrientes. Refiriéndonos a las corrientes basadas en principios, habría que decir que una fue la perspectiva norteamericana, y otra la europea.

2.3 Proliferación de principios

Dice Hottois, en “La ciencia entre valores modernos y posmodernidad”:

“El principialismo ha sido muy criticado. Sus cuatro principios no se deben abandonar, pero están lejos de agotar la lista de los principios interesantes... Colocar, no en la base ni por encima de la bioética, sino alrededor de ella un número indefinido de principios y de valores como señales, faros o barandas, me parece una posición juiciosa y prudente” (traducido del francés por Chantal Aristizábal).

Si debemos permitir la proliferación de principios para enriquecer la bioética ¿podremos construir una bioética COMPLETA, en el sentido de contener todos los principios imaginables?

En aras de la discusión que quiero presentar, consideraremos los principios como verdades a ser

³⁴ RUSSELL, Bertrand. Historia de la filosofía occidental. T. II. Madrid: Espasa-Calpe S. A., 1971. pp. 287–288.

³⁵ CRUTCHFIELD, J. P., et. Al. Caos. En: AA.VV. Orden y Caos. Barcelona: Prensa Científica, S. A. 1990. p. 80.

³⁶ POPPER, Karl. La lógica de la investigación científica. Madrid: Editorial Tecnos S. A., 1985.

aceptadas y diremos, además, que no queremos caer en contradicciones, por el contrario, queremos ser coherentes, consistentes. Entonces, y en este punto, si recordamos el teorema de Gödel que nos diría que un sistema formal será completo sólo si contiene contradicciones, y que un sistema formal sin contradicciones será esencialmente incompleto, entonces, tendremos que aceptar que sólo podremos construir propuestas bioéticas esencialmente incompletas: habrá verdades bioéticas o principios que se queden por fuera de las propuestas bioéticas particulares.

Para hacer bioéticas basadas en principios, sin caer en contradicción, entonces, deberemos abandonar algunos principios y tomar otros. De esta manera, toda bioética que acepte ser presentada a partir de principios debe renunciar a algunos principios que resulten, como dice Hottois, interesantes.

Así por ejemplo, Javier Sádaba³⁷ construye lo que él considera una bioética universal, en “Principios de bioética laica”. Su propuesta bioética, que él llama universal, se basa en un principio: la dignidad como la consideración de cada uno de los individuos humanos como sujetos de derechos. Es una propuesta bioética consistente, pero no puede ser absoluta: habrá principios bioéticos interesantes que se queden por fuera de esta propuesta. Por lo mismo, no podrá ser una bioética absoluta, ni universal, de la misma manera que no puede haber una teoría de la complejidad absoluta o universal.

Por otro lado, podríamos tener la propuesta bioética de Beauchamp y Childress³⁸, con sus famosos cuatro principios. Esta propuesta resulta ser, también, incompleta, pues deja por fuera

principios interesantes. No podría ser completa, so pena de caer en contradicciones; desde esta perspectiva, no podría decirse que esta propuesta bioética pueda ser considerada universal.

Podemos resumir el **segundo resultado, ya discutido, de la siguiente manera: no podríamos tener una bioética universal y absoluta.**

De otra parte, podemos decir que las propuestas bioéticas que se basan en diferentes principios (o que pretenden no basarse en principios) serán inconmensurables entre sí. No es posible pasar de una bioética de cuatro principios a una bioética de un principio como la de Sádaba, ni lo contrario, no podremos pasar de una bioética de un principio a una bioética de cuatro principios; diremos, entonces, que estas bioéticas serán inconmensurables entre sí. Si las bioéticas resultan ser inconmensurables entre sí e incompletas, siempre habrá espacio para nuevas discusiones y nuevas propuestas bioéticas. **El tercer resultado al que llegamos es el siguiente: las distintas propuestas bioéticas, basadas en principios diferentes serán inconmensurables entre sí. Cuarto resultado: las diferentes propuestas bioéticas serán, necesariamente, incompletas.**

Lo quinto que podemos decir es que si la bioética resulta de un proceder transdisciplinario de inclinación empírica, que se nutre de diversas disciplinas para resolver problemas bioéticos concretos de la comunidad, y con la comunidad, esas disciplinas serán inconmensurables entre sí, como se puede ver de forma relativamente fácil. Además, habrá disciplinas que se queden por fuera del espectro que involucra la interdisciplinariedad, es decir, habrá, otra vez, incompletitud.

En este punto podemos discutir la idea de que puede haber un estatuto epistemológico de

³⁷ SÁDABA, Javier. Principios de bioética laica. Barcelona: Editorial Gedisa, S. A., 2004. 139p.

³⁸ BEAUCHAMP, Tom y CHILDRESS, James. Principles of Biomedical Ethics. Oxford: Oxford University Press, 2009. 417p.

la bioética, como sugerían algunos autores³⁹. Debido a: la imposibilidad de poder construir la bioética como una disciplina en el sentido clásico, a que no podemos tener una bioética universal y absoluta, a que las diferentes propuesta bioéticas resultan inconmensurables entre sí, a que las diferentes propuestas bioéticas son incompletas, entonces, llegamos al sexto resultado: carecería de sentido intentar atribuirle un estatuto epistemológico a la bioética. Por lo anteriormente dicho, podemos llegar al sexto resultado de nuestra investigación: **la bioética no puede tener un estatuto epistemológico.**

3. Conclusiones

- La bioética no es una disciplina en el sentido clásico.
- No podremos tener una bioética universal y absoluta.
- Las diferentes propuestas bioéticas resultan ser inconmensurables entre sí.
- Las diferentes propuestas bioéticas serán, necesariamente, incompletas.
- Las disciplinas a las que acude la bioética resultan ser inconmensurables entre sí.
- La bioética no puede tener un estatuto epistemológico.

Creo que toda la anterior discusión se puede resumir de la siguiente manera: en bioética, estaremos atrapados entre la incompletitud y la inconmensurabilidad. No tenemos escapatoria a estas dos situaciones.

³⁹ GARRAFA, Voleni; KOTTOW, Miguel y SAADA, Alya (Coordinadores). Estatuto epistemológico de la bioética. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética de la UNESCO, 2005. 288p.

Bibliografía

1. BEAUCHAMP, Tom y CHILDRESS, James. Principles of Biomedical Ethics. Oxford: Oxford University Press, 2009. 417p.
2. CADENA, Luis Álvaro. Complejidad y conocimiento: algunas reflexiones. *Revista Colombiana de Bioética*, Vol. 3 (1): 37–86, enero–junio de 2008.
3. CADENA, Luis Álvaro. Biología, moral y exclusión. *Revista Colombiana de Bioética*, Vol. 2(2): 203–228, julio–diciembre de 2007.
4. CAMPOS, A. Inédito, Universidad Nacional de Colombia.
5. CHAITIN, Gregory. Algorithmics information theory. 3rd printing (with revisions). Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge, 1990. pp. 107–108.
6. _____. Randomness in arithmetic. *Scientific American*, Vol. 259 (1): 80–85, 1988.
7. _____. A theory of program size formally identical to information. *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol. 22 (3): 329–340, 1975.
8. CRUTCHFIELD, J. P., et. Al. *Caos*. En: AA.VV. Orden y Caos. Barcelona: Prensa Científica, S. A. 1990.
9. DOBZHANSKY, Theodosius. Selección natural. En: DOBZHANSKY, Theodosius; AYALA, Francisco, STEBBINS, Ledyard y VALENTINE, James. *Evolución*. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1977, pp. 100–101.
10. DOBZHANSKY, Theodosius; AYALA, Francisco, STEBBINS, Ledyard y VALENTINE, James. *Evolución*. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1977. 558p.
11. DOUCET, Hubert. Los métodos empíricos, ¿una novedad en bioética? *Revista Colombiana de Bioética*, Vol. 3(2): 21–31, julio–diciembre de 2008.
12. FEYERABEND, Paul. *Contra el método*. Barcelona: Editorial Ariel, 1974.
13. GARRAFA, Voleni; KOTTOW, Miguel y SAADA, Alya (Coordinadores). *Estatuto epistemológico de la bioética*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética de la UNESCO, 2005. 288p.
14. GLANDORSFF, P., y PRIGOGINE, Ilya.

- Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations. London: WILEY – INTERSCIENCE a division of John Wiley & Sons, Ltd. 1971. 232p.
15. GOULD, Stephen. The structure of evolutionary theory. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 2002.
 16. HIRSCH HADORN, Gertudre., et al (Editors). Handbook of Transdisciplinary Research. Suiza: Springer, 2008. 448p.
 17. KIMURA, Motoo. Teoría neutralista de la evolución molecular. En: Genética Molecular. Barcelona: Prensa Científica. 1987. pp. 232–241.
 18. LI, Ming y VITÁNYI, Paul. An introduction to Kolmogorov complexity and its applications. Tercera edición. New York: Springer, 2008. 709p.
 19. LORENZ, Konrad. Sobre la agresión: el pretendido mal. México: Siglo XXI editores S. A., 1981.
 20. NAGEL, Ernest y NEWMAN, James. Gödel's proof. New York: New York University Press, 1986. 195p.
 21. POPPER, Karl. La lógica de la investigación científica. Madrid: Editorial Tecnos S. A., 1985.
 22. RIVADULLA, Andrés. Inconmensurabilidad y relatividad. Una revisión de la tesis de Thomas Kuhn". *Revista de Filosofía*, Vol. 28 (2): 237–259, 2003.
 23. RUSSELL, Bertrand. Historia de la filosofía occidental. T. II. Madrid: Espasa-Calpe S. A., 1971.
 24. SÁDABA, Javier. Principios de bioética laica. Barcelona: Editorial Gedisa, S. A., 2004. 139p.
 25. STEBBINS, Ledyard. La naturaleza de la evolución. En: DOBZHANSKY, Theodosius; AYALA, Francisco, STEBBINS, Ledyard y VALENTINE, James. Evolución. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1977, pp. 18–19.