

DARWIN Y ALGUNAS REFLEXIONES EN FILOSOFÍA, SOCIOLOGÍA E HISTORIA DE LA BIOLOGÍA

Darwin and some reflections on philosophy, sociology and history of biology.

Título breve sugerido: Darwin, Biología y Filosofía

JUAN CARLOS GALLEGO-GÓMEZ¹. PhD.

¹Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina.

Grupo de Neurociencias, Director del Viral Vector Core and Gene Therapy,

Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Cra. 51D No. 62-29. A.A. 1226. Facultad de Medicina,

Edificio Histórico Manuel Uribe Angel, Tercer Piso. Universidad de Antioquia.

juanc.gallegomez@gmail.com

RESUMEN

La historia de la filosofía de la biología, ha estado ligado a la teoría evolutiva, quizá porque sus preguntas más esenciales (“el misterio de los misterios”), no han encontrado recursos explicativos en otras ciencias. Celebramos los 200 años del nacimiento de Darwin, y los 150 años del “Origen de las especies”, pero la filosofía de la biología sólo tiene unos 50 años. Importantes trabajos y reflexiones filosóficas tuvo que hacer Darwin, para armar su teoría de la selección natural. Además fue un gran observador y coleccionista de datos (Gallego-Gómez, 2009), alcanzando a tener un trabajo impecable de casi 30 años, aportando una de las dos teorías más importantes del siglo pasado. La filosofía de la biología tiene ese riguroso origen, ocupándose de temas candentes no solo del ámbito biológico, sino de impacto en la sociedad y la cultura. Este ensayo ofrece una panorámica carta de navegación en filosofía, sociología e historiografía de la biología, aporta algunas disquisiciones sobre esas tres disciplinas; así como apuntes sobre el *status* y enfoque semántico de la teoría evolutiva, el determinismo biológico, las nuevas direcciones para mapear la realidad biológica, y algunos conceptos e implicaciones referentes a organización, evolución y biología de sistemas. La biología experimental actual tiene un desfase entre observación y reflexión, pero con el auge de la bioinformática y biología de sistemas, tenemos modelos teóricos (Gallego-Gómez, 2004) que motivan a pensar más los experimentos y sus resultados, pero sobre todo el impacto en la interfase ciencia-sociedad-ética.

Palabras Clave: biología, Darwin, evolución, filosofía, historia, sociología.

ABSTRACT

The history of philosophy of biology has been linked to evolutionary theory, perhaps because their most basic questions ("the mystery of mysteries"), do not have explanation in other sciences. We celebrate the 200th anniversary of Darwin's birth and the 150th anniversary of *The Origin of Species* ", but the philosophy of biology has only about 50 years. Darwin had to do a huge work and philosophical reflections for building his theory of natural selection. He was a great observer and collector of data (Gallego-Gómez, 2009), reaching an amazing job to have nearly 30 years, providing one of the two major theories of last century. The philosophy of biology has that rigorous origin, addressing hot topics not only the biological area, but also the impact on society and culture. This essay offers a panoramic road map in philosophy, sociology and historiography of biology, provides some disquisitions on these three disciplines as well as notes on the status and semantic approach of evolutionary theory, biological determinism, the new addresses to map the biological reality, and some concepts and implications concerning organization, evolution and systems biology. The current experimental biology is a gap between observation and reflection, but with the rise of bioinformatics and systems biology, we have theoretical models (Gallego-Gomez, 2004) that motivate think more experiments and their results, but especially the impact in the science-society-ethics.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente entre los científicos se ha tomado a la filosofía de la ciencia, como una forma desacertada de pensar la ciencia, una verborrea sin fines prácticos y por lo tanto sin relevancia alguna, en el real ámbito del trabajo de campo o del laboratorio. Tal vez nos resulte familiar en alguna discusión académica, expresiones emitidas del tipo: "Estamos hablando de hechos demostrados y no filosofía, de algo real como lo es ciencia". Este ensayo intentará mostrar una antagónica visión, recurriendo a una reconstrucción (incompleta pero panorámica) de varios tópicos que se perfilan como la actual filosofía de la biología, en íntima correlación con una mezcla de historia y sociología de la ciencia.

Empecemos con una disquisición que hizo Darwin, cuando estaba finalizando su libro "El origen de las especies" (1859):

"Difícilmente puede admitirse que una teoría falsa explique de un modo tan satisfactorio, como lo hace la teoría de la selección natural, las diferentes y extensas clases de hechos antes especificados. Recientemente se ha hecho la objeción de que éste es un método peligroso de razonar; pero es un método utilizado al juzgar acontecimientos comunes de la vida y ha sido utilizado muchas veces por los más grandes filósofos de la naturaleza. De este modo se ha llegado a la teoría ondulatoria de la luz, y la creencia en la rotación de la tierra sobre su eje hasta hace poco tiempo no se apoyaba apenas en ninguna prueba directa. No es una objeción válida el que la ciencia no arroje aún luz alguna sobre el problema más elevado, de la esencia o del origen de la vida. ¿Quién puede explicar que es la esencia de la atracción de la gravedad? Nadie se opone a seguir las consecuencias que resultan de este elemento desconocido de atracción, a pesar de que Leibnitz acusó ya a Newton de introducir "propiedades ocultas y milagrosas en la filosofía" ”¹

¹ Darwin, Charles. *El origen de las especies*. Cap. XV "Recapitulación y conclusiones". p. 595.

Se reconoce una típica reflexión filosófica en las anteriores frases de Darwin, en consecuencia postulamos, que una buena ciencia es aquella que se piensa, requerimos por lo tanto, científicos informados en filosofía y filósofos informados acerca de ciencias.

En 1973 Francois Jacob² escribió “Hay muchas generalizaciones en biología, pero pocas preciosas teorías. Entre estas, la teoría de la evolución es con mucho la más importante, porque ésta esquematiza conjuntamente la mayor variedad de fuentes en una sola masa de observaciones, que de otra manera permanecerían aisladas; unifica todas las disciplinas concernientes a los seres vivos; establece orden entre la más extraordinaria variedad de organismos y los une íntimamente al resto de la tierra; en resumen, provee una explicación causal para el mundo viviente y su heterogeneidad” (Futuyma, 2009). Aunque Jacob no era un biólogo evolutivo ni un filósofo de la biología, sus afirmaciones reflejan y resumen en gran parte a estos campos de investigación: un acercamiento epistémico³ y la intención de resolver el replegado tejido de la naturaleza biológica. Con estas frases mostró la importancia del significado y estructura lógica de la biología, para ofrecer una unificación explicativa, al intentar entender la variedad biológica. Igualmente avizoró un problema en filosofía de la biología, que luego vino a ser candente y consiste en la supuesta falta de leyes científicas, por lo cual el *status* de la biología quedaría entre dicho.

Como se mencionó este ensayo hará una navegación sucinta en los aspectos centrales de la filosofía, sociología e historia de la biología, generados a partir del eje “El Origen de las especies” de Darwin y su descendiente epistémico, la teoría evolutiva. Aunque se explicarán por separado fragmentos representativos de las tres reflexiones mencionadas, claramente existe cierta solución de continuidad entre las mismas, la cual varía entre los investigadores de estos campos y las escuelas a las cuales están adscritos.

Con estas reflexiones se espera lograr una delimitación conceptual, en un campo en el que los biólogos y profesionales en ciencias de la vida, deberían tener como su repertorio de recursos cognitivos y metodológicos, para afrontar problemas de investigación básicos o aplicados.

Pero sobre todo se intenta promover una actitud reflexiva ante los datos científicos, evitando el actual consumismo desmedido y cuasi-reverencial ante reportes científicos y ciertas aplicaciones dudosas a problemas de investigación. Probablemente como se tienen creencias científicas fuertes, que generan apegos afectivos⁴ a los productos de la maquinaria de la ciencia neoliberal, estando indefensos o sin criterios para decidir o demarcar. Al final se mostrará que la información más especializada de la bioinformática y biología de sistemas –a pesar de los nexos con las multinacionales, nos está aportando un espacio conceptual en donde lograremos mapear mejor la evolución de conceptos y teorías en

² Recibió el Premio Nobel por participar en el descubrimiento de los mecanismos reguladores de la expresión génica.

³ Epistémico es un adjetivo que hace alusión al conocimiento. De acuerdo a Godfrey-Smith (2003), la Epistemología es la parte de la filosofía que apunta a cuestiones relacionadas con la naturaleza del conocimiento, la justificación de creencias y la racionalidad.

⁴ La expresión “apegos afectivos” hace referencia a los aspectos psicológicos, como el temperamento conservador y el de tipo revolucionario, que se ha descrito en las revoluciones científicas. Unos se arriesgan a perder tiempo, prestigio y más ventajas en una posición tradicional, mientras otros tienen un carácter contrario, como está muy bien descrito por Guerrero-Pino (2009).

biología, para intentar desarticular el tupido entramado de la naturaleza biológica, que está moviéndose en las interfaces de organización y caos en los sistemas complejos.

¿QUÉ ES LA FILOSOFÍA?

Antes de entrar en las tres hebras de la trenza a la cual nos dedicaremos en las próximas páginas, ameritaría explicar un poco sobre el concepto filosofía y lo que abarca, para lo cual echaremos mano tal vez de una de las mejores producciones al respecto. Se trata del libro de los dos post-estructuralistas franceses Guilles Deleuze y Felix Guattari (1991) en su libro titulado como el subcapítulo nuestro en cuestión.

Para Deleuze y Guattari la bibliografía es escasa en definir la filosofía, y sólo se piensa en ella en épocas de mayor madurez. Cuentan que fueron los griegos quienes ratificaron la muerte del Sabio y lo sustituyeron por filósofos, los amigos de la Sabiduría, los que buscan la sabiduría pero no la poseen formalmente. El filósofo es el amigo del concepto, está en poder del concepto. Lo que equivale a decir que la filosofía no es un mero arte de formar, inventar o fabricar conceptos, pues los conceptos no son necesariamente formas, inventos o productos. La filosofía, con mayor rigor, es la disciplina que consiste en crear conceptos, pero siempre nuevos y es cierto además, que las ciencias, las artes y las filosofías son igualmente creadoras, pero corresponde únicamente a la filosofía la creación de conceptos en sentido estricto (Deleuze y Guattari, 1991).

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y LA BIOLOGÍA

Cuando los científicos como es el caso de Francois Jacob, reflexionan para entender el significado, método y la estructura lógica de la ciencia, fundamentalmente están haciendo filosofía de la ciencia. Específicamente en ella, se hace análisis lógico y conceptual sobre los objetivos, métodos, criterios, conceptos, leyes y teorías de la ciencia⁵. Existen muchos conceptos que son usados en muchas ciencias, pero no son investigados por una ciencia particular, entre ellos tenemos los conceptos de causa, ley de la naturaleza, teoría científica, explicación científica, y predicción, por mencionar solo los más importantes. Para entender esos conceptos y responder preguntas sobre los mismos, se requiere un compromiso en lógica y análisis metodológico, los cuales son parte de la filosofía de la ciencia (Klemke *et al.*, 1998).

Pero igualmente hay muchos conceptos usados en las ciencias que difieren de aquellos, como los que rutinariamente los científicos consideran observables (células, tejidos, órganos, organismos, etc); aunque también hablan de otros conceptos no-observables (genes, electrones, iones, funciones psi, etc) (Klemke *et al.*, 1998).

Todas las anteriores entidades (observables y no-observables), ¿podrán estar relacionadas

⁵ Un evaluador anónimo del comité editorial de la revista, ha sugerido que el autor "...prefiere identificar la filosofía de la ciencia con una fase específica de su desarrollo, la que concierne con la formalización lógica. Esta interpretación deja por fuera de la filosofía, el proceso de desarrollo del pensamiento que hizo posible, en un momento histórico determinado la elaboración lógica". Con cuyas afirmaciones estamos totalmente de acuerdo, porque el desarrollo de la filosofía analítica fue bastante posterior (empezando el s. XX) a la parte más tradicional de la filosofía, cuando había un programa de investigación en cuestiones doxásticas de tipo religioso, morales y metafísicas, así como el inicio fuerte de la epistemología (Knobe y Nichols, 2008).

con el mundo de todos los días?. ¿Cuál será la justificación lógica para introducir estas palabras que se refieren a entidades no-observables⁶? (Klemke *et al.*, 1998). Este tipo de cuestiones y las reflexiones derivadas de sus respuestas, constituye una parte esencial de la filosofía de la ciencia. Pero debe preguntarse, ¿por qué analizar esos conceptos?. Se tiene en ese sentido, p. ej. un objeto biológico como un organismo representante de una especie biológica, entonces el filósofo de la biología se preguntará, si el término especie puede ser definido de tal manera, que todos los objetos referentes y sus propiedades puedan entrar en tal definición, como fue histórica y elegantemente desafiado por E. Mayr (Gould, 2002). El punto importante aquí, es que el filósofo de la ciencia intenta reducir o seguir tales “constructos teóricos”, hasta un nivel más bajo en el reino de lo observable, para evitar abrir las puertas arbitrariamente al postulado de entidades tales como gremlins⁷, fuerzas vitales y cualquier otra cosa (Klemke *et al.*, 1998).

Una buena demarcación del tema de trabajo de la filosofía de la biología, la encontramos en la Enciclopedia de Filosofía de la Universidad de Stanford⁸, cuyo contenido parcial citamos textualmente (la traducción es nuestra):

“Tres tipos diferentes caen dentro de la investigación filosófica general, que además pertenecen a la filosofía de la biología. Primero están las tesis generales en la filosofía de la ciencia, que se abordan en el contexto de la biología. En segundo lugar, tenemos los rompecabezas conceptuales dentro de la propia biología, que usan para ser sometidos al análisis filosófico. Finalmente, se apela a la biología para hacer debates en cuestiones más tradicionales de la filosofía”.

Es muy importante recalcar dicen los autores, que para los dos primeros tipos de trabajo filosófico, tienen que hacerse en un contexto de conocimientos detallados en biología actual. Inadmisibles resulta y lo manifestamos prematuramente, que se realicen estudios filosóficos de la biología sin tener bien claros, los fundamentos científicos del campo biológico que se analiza⁹. Ahora bien, en la tercera categoría cuando se hace uso de la

⁶ Nuevamente nuestro revisor anónimo, aporta una excelente aclaración que copiamos fielmente “...los no observables, como neutrinos y genes son parte de la ciencia porque son detectables, y en la medida que existe un aparato teórico en el cual tienen cabida los aceptamos como reales”. Nos aclara además que se “depuró a la filosofía de categorías no deducibles de la experiencia (no observables), y que la ciencia logró eliminar las explicaciones causales referidas a principios vitales, entendidos como sustancias, pero habría que recordar que la aceptación de estos principios en el siglo XVIII y parte del XIX por los newtonianos y posteriormente por los materialistas franceses cumplió un papel en el desarrollo del conocimiento.”

⁷ Nuestro revisor nos hace una esencial aclaración, cuando coloca en categorías y universos distintos, a los gremlins con respecto a las fuerzas vitales. Aunque la cita es del texto de Klemke, resulta muy válido el comentario, porque da en el punto álgido el revisor: no debe confundirse gremlins con los principios vitales como lo ha desarrollado Georges Canguilhem.

⁸ <http://plato.stanford.edu/entries/biology-philosophy>

⁹ Al afirmar que se debe tener conocimientos detallados en biología y pertenecer a las comunidades, no creemos que estamos –como dice nuestro revisor– “confundiendo la filosofía con los estándares hegemónicos de la ciencia que se practica en el medio académico y científico actual”. Es claramente como lo afirma el evaluador una situación de contexto, aunque nuestra intención es dar cuenta y ser consecuente con el tremendo avance de la ciencia biológica, cuyo progreso (sea refutable o no en términos generales) al estilo de Kitcher (1993) y la sociología de la ciencia, se debe también al hecho de existir dentro de comunidades o actores actuando dentro de una red social (Latour, 2005). No pretendemos invalidar a algunos grandes

biología para debates tradicionales de la filosofía, no se requiere tener un *background* detallado en biología.

Este punto quedará más claro con un sencillo ejemplo: si alguien desea contrastar o refutar la teoría de la evolución molecular, usando argumentos filosóficos y la teoría de la información; mínimamente debería entender a cabalidad la evolución a nivel molecular. Ello implica no suponer que todas las proteínas evolucionan a la misma tasa (cantidad de mutaciones en un intervalo de tiempo entre linajes en estudio), incluso que dentro de una misma proteína los distintos dominios son diferencialmente considerados en tasas de mutación; no puede asumir erróneamente que la evolución es un proceso lineal y de progreso en la tan cacareada “escala filogenética”¹⁰, y con base en ese equívoco, invalidar datos reales sobre la explicación en las tasas de evolución de las proteínas. Con un conocimiento en biología ni siquiera detallado, desde círculos creacionistas se pretenden en algunas ocasiones derrumbar los pilares de la teoría evolutiva. Por ejemplo suponiendo que los peces son inferiores en la “escala” a los anfibios y estos a su vez que los reptiles, dejando de últimos los mamíferos y finalmente en el pedestal al hombre. Si de pronto hallazgos de evolución molecular en proteínas o ácidos nucleicos, no les cuadran en sus panoramas (o no entienden), al encontrar mayores tasas de mutación en los primeros en comparación con los últimos. Sus preguntas son del tipo, “si un pez es menos complejo y está menos evolucionado que un mamífero, me cuestionaba yo si de pronto esos datos experimentales no estarán erróneos porque no concuerdan con los hallazgos científicos”.

Para apuntalar el anterior malentendido, mencionemos un reporte reciente de Hay y colaboradores (2008). Se sabe que el tuátara de Nueva Zelanda que es el único reptil que coexistió con los dinosaurios y ha experimentado poco cambio morfológico desde sus parientes del Cretácico, con bajas tasas metabólicas y de crecimiento, largos períodos generacionales y bajas tasas de reproducción, todo lo cual sugeriría que la especie en mención exhibiría unas bajas tasas de evolución a nivel molecular. Sorpresivamente el grupo de David Lambert después del análisis del DNA antiguo y moderno, que le hicieron a miembros de esa especie, mostró que los tuátara tienen las más altas tasas de evolución molecular registradas para todos los vertebrados (Hay *et al.*, 2008).

Esta disquisición fue hecha para intentar marcar un programa de trabajo claro, la teoría evolutiva no puede ni debe seguir siendo mal usada, por profesionales incluso de ámbitos universitarios para validar sus creencias epistémicas no justificadas con experimentos. Es

filósofos como Buffon, Lineé o el mismo Darwin, como filósofos de la biología por el hecho de no estar inscritos en las comunidades actuales.

¹⁰ Esta histórica confusión se debe al “Bulldog de Darwin,” el naturalista Huxley quien desde un principio, hizo una equivalencia entre la gran cadena del ser de la filosofía aristotélica con la evolución. Aunque Darwin dijo “yo pienso...” en su famoso dibujo del coral de la vida (por esa razón es la carátula del libro de S.J. Gould (2002), no compartió la versión promulgada por Huxley. Comenta Georg F. Striedter en su libro *Principles of Brain Evolution* (2004), que Darwin nunca se preocupó de toda esta incursión progresista, telológica y antropocentrista que hizo Huxley, que además en ningún momento le hizo justicia a Darwin. El mismo Darwin manifestó “*Ignorance more frequently begets confidence than does knowledge: it is those who know little, not those who know much, who so positively assert that this or that problem will never be solved by science*”(Charles Darwin, Introduction to *The Descent of Man*, 1871). Tal vez esa fue la manera de defender su silencio, para que fuera entendido en las futuras generaciones.

hora de saber realmente qué es la filosofía de la biología, pero en el marco más estándar o establecido por las comunidades científicas, para con ello ayudemos a evitar más desaciertos académicos y científicos.

Según Paul Thompson (2000), la filosofía de la biología tiene un origen reciente y lo sitúa con publicación del libro *The Biological Way of Thought* de Morton Beckner, en el centenario del *Origen* (1959). Según aquel autor, Beckner usó las herramientas analíticas y los métodos de la lógica contemporánea, epistemología y metafísica, para examinar en la biología la naturaleza de las leyes, así como la naturaleza y lógica de la explicación y la causalidad. Siendo más estrictos y como lo hacen todos los filósofos, deberíamos situar las primeras reflexiones filosóficas en Aristóteles, ya que fue él quien postuló las causas finales para la explicación de la naturaleza (Schaffner, 1993; Bechtel, 2005).

No obstante, deben recalarse la participación de David Hull (1973), Michael Ruse (1974) y Elliot Sober (1975), quienes probablemente fundaron el terreno de la filosofía de la biología (Hull, 1973; Sober, 1975; Thompson, 2000). Nos referimos al campo de trabajo e investigación, académicamente aceptado y validado socialmente por una comunidad, lo que implica la creación y adhesión a una publicación periódica o revista. Con ello deseamos explicitar que aunque Darwin puede ser el pionero del terreno, no fue realmente su fundador y con ello, la filosofía de la biología tiene unos 5 decenios y no 150 años.

Se originó la filosofía de la biología, en el marco de dos eventos históricos principales en la historia de la biología: la introducción por Darwin de una teoría conceptualmente rica sobre la evolución, y el descubrimiento por Watson y Crick (1953) de la estructura química del DNA, como la base molecular de la genética y el origen de la biología molecular (Rosenberg y Arp, 2009).

Constituyeron la teoría evolutiva y biología molecular¹¹, los principales atractores centrales desde donde se originaron hipótesis de trabajo, para hacer disquisiciones filosóficas que empezaron programas de investigación, pretendiendo entender los nuevos hallazgos científicos, desde una perspectiva distinta a la netamente operativa en la biología que se hacía en campo o en los laboratorios.

Para algunos filósofos de la biología como E. Sober (2005) y Brian Garvey (O'Malley y Nicholson, 2008; Stegmann, 2009), las disquisiciones esenciales de aquella sólo competen al terreno de la teoría evolutiva, pues en los capítulos de sus textos se refleja esa aproximación, unos subtítulos como los siguientes definen sus libros: que es la teoría evolutiva?, unidades de selección, adaptación, *fitness*, especies, especiación, clasificación, función, diseño inteligente, solo por mencionar los más relevantes temas de estos autores.

En Garvey es tan ostensible la vena evolutiva, que para él el origen de la filosofía de la biología proviene del hecho histórico, cuando filósofos como David Hull y Michael Ruse empezaron a dar contenido a las implicaciones de la Síntesis Moderna para el

¹¹ Se pretende acá ser consecuentes con la historia de la filosofía de la biología, como ha sido descrita y en donde los dos ejes fundamentales, fueron la biología molecular y la teoría evolutiva. No significa ello que estemos descartando, la esencial participación de los nuevos desarrollos en la Evo-Devo y mucho más recientemente en la Eco-Evo-Devo (Barberousse y cols. 2009). Queda muy clara que en la actualidad, la manera más cercana a mapear la realidad biológica, es tomando los fenómenos biológicos van más allá la síntesis moderna neo-darwiniana como nos lo ha sugerido muy bien nuestro revisor anónimo.

entendimiento filosófico de la biología (O'Malley y Nicholson, 2008; Stegmann, 2009).

Dos de los pioneros reconocidos en el tema, opinan que la filosofía de la biología es uno de los más vigorosos y excitantes campos de la filosofía moderna. Tiene muchos investigadores y estudiantes con una plétora de ideas y sugerencias, logrando trabajos de gran calidad dedicados a publicaciones (notable es la revista *Biology and Philosophy*, que fue fundada por Michael Ruse). Además hay organizaciones como la *International Society for the History, Philosophy, and Social Studies of Biology* que incluye y motiva a los trabajadores en el campo (Hull y Ruse, 2007).

Comparte la misma opinión un estudiante del primer filósofo de la biología, Alexander Rosenberg quien además aclara, que la biología ha dejado planteamientos a la filosofía, que son las más difíciles de evitar y responder. (Rosenberg y McShea, 2008). Pero sobre todo leyendo este contemporáneo texto¹², deja la idea que la esencia de la filosofía de la biología, es que las respuestas a esas preguntas que están más allá del campo de la biología, son los temas que nunca están en la agenda de investigación de un biólogo. Por eso alguna comunidad científica, debe ocuparse de tan centrales temas de investigación. Igualmente expresan Rosenberg y McShea (2008), que las preguntas no consideradas por la biología y que por tanto deja a la filosofía, se encuentran las más relevantes en cuanto a preocupaciones humanas. Cuestiones como qué es naturaleza humana o qué es la vida, y si esas preguntas tienen sentido o propósito, más allá de los procesos físico-químicos que los subyacen y constituyen. Como se mencionó la biología no puede afirmar que tenga el poder para responder estas preguntas, pero tampoco las puede asumir la filosofía con toda su ancestral y prominente historia. Tal vez por eso existen vívidos debates acerca de los límites y perspectiva de la biología, y la real autoridad para responder esas perennes preguntas de profunda preocupación humana, es la filosofía de la biología.

No obstante, las reflexiones decisivas ante estas preguntas se responden desde el campo de la filosofía, pero teniendo un sólido conocimiento del mundo biológico. No es coincidencia que quienes fueron los pioneros de la primera filosofía de la ciencia, eran físicos que construyeron el cuerpo teórico, definiendo los primeros programas de investigación en filosofía de la física.

En la actualidad puede decirse que virtualmente no existen, filósofos de la biología quienes no cuentan con un pregrado o un posgrado en biología. Se formaron en unas comunidades híbridas, por un lado son biólogos quienes tenían contacto directo con filósofos y un serio interés/necesidad en ella¹³. Por otro lado se trata de filósofos, quienes escogieron las preguntas más acuciantes (relacionadas con la naturaleza humana), del campo de la biología como sus temas predilectos en la agenda de trabajo. Estas disquisiciones más del ámbito de la sociología del conocimiento científico, serán expuestas mediante algunos ejemplos reales en el aparte destinado específicamente para ello.

¹² Suponemos que con el epíteto “contemporáneo” se intenta marcar una diferencia con la anterior escuela de sus maestros

¹³ Dejamos como ejemplo muy ilustrativo el caso de Richard Lewontin, quien ha influido a varios filósofos de la biología (en su libro del 2008 Rosenberg lo reconoce), o incluso ha formado en posgrado a filósofos reconocidos, como es el caso de William Wymysatt, que ahora enseña tanto filosofía como evolución en Universidad de Chicago.

Según los pioneros Ruse, Hull y Sober, alrededor de los años 1960's las condiciones cambiaron, atrayendo a jóvenes filósofos de la ciencia quienes se percataron de los excitantes desarrollos en las ciencias biológicas, no sólo en el marco molecular, sino también en áreas más tradicionales (sobre todo en biología evolutiva), donde importantes partes de la biología estaban siendo olvidadas por la filosofía. Al mismo tiempo y como ya fue mencionado, varios biólogos empezaron a cambiarse seriamente a la filosofía, para ayudar a articular puntos esenciales en su ciencia, percatándose que un excelente trabajo empírico, demanda fuertes bases filosóficas para sustentar las teorías y modelos que guían la investigación.

Deseamos enfatizar que las ciencias en general, no pueden responder cuestiones acerca de sus propios métodos, la justificación de sus métodos de investigación y la adecuación de cada una de las disciplinas, con aproximaciones distintivas con respecto a otros dominios de otras disciplinas. Ello quiere decir que un físico no puede afirmar que la biología debería ser algo como la física, o un químico afirmar que los hechos biológicos necesitan ser explicados por la química. Esos cuestionamientos no pueden ser resueltos, con la experimentación, ni con la observación; si es que en verdad alguna vez pueden ser resueltos (Rosenberg y McShea, 2008).

La filosofía de la biología es tan nueva –afirman Mathen y Stephens- que varios de sus mayores representantes actuales, en el momento de su origen estaban comprometidos con otros temas: Elliot Sober estaba escribiendo sobre simplicidad (1975), Daniel C. Dennet trabajaba en las teorías Ryleanas de la mente y Philip Kitcher estaba dedicado a la filosofía de las matemáticas. Por esa época virtualmente ningún Departamento de una Universidad hubiera pensado “Lo que nosotros necesitamos realmente ahora es un filósofo de la biología” (Mathen y Stephens, 2007).

En Latinoamérica y específicamente en nuestro país, no se están abriendo concursos públicos de méritos para un filósofo de la biología. La real necesidad de profesionales en este campo de trabajo parece algo trivial, razón por la cual estamos ofreciendo esta reflexión a la comunidad científica y académica.

Es curioso que la filosofía de la biología, se halla originado de la evolución en primer lugar y más recientemente con la biología molecular. Sin embargo, no es de extrañar que la evolución y la teoría darwiniana, se hayan vuelto puntos de atención para la filosofía, por las características especiales que tienen como ciencia, entre las cuales tenemos la explicación y mecanismos de la selección natural, el enfoque histórico del origen y desarrollo de la diversidad biológica, así como las implicaciones éticas y estudios de la moral en la sociedad usando datos y argumentaciones evolutivas.

Algunas anotaciones sobre Georges Canguilhem deben ser hechas, porque aunque no es considerado un referente mundial, en nuestra opinión su criterio ha sido decisivo en la filosofía de la biología y la medicina. Tal desconsideración se debe probablemente, a que la historia y desarrollo de la filosofía de la biología, ha sido construida en Estados Unidos en un ambiente y marco histórico bastante distinto de la filosofía europea y específicamente francesa. Canguilhem hizo énfasis especial en los conceptos (p. ej. reflejo, normal, patológico), porque en biología a diferencia de lo que sucede en la física, el papel en la formación de conceptos es diferenciar de ese entramado de procesos que constituye la vida,

de aquellos que nos permiten analizar los fenómenos propios de los seres vivos (Canguilhem, 1966; Suárez, 2005).

Ahora bien, ¿por qué es importante hacer alguna conexión entre Darwin y la filosofía de la biología?. Darwin tuvo un serio interés en la filosofía, ya que estando joven tuvo contacto con filósofos como William Whewell; leyó parte de sus obras (“History of Inductive Sciences” 1837, y “Philosophy of Inductive Sciences” 1840 (Guillaumin, 2001), además estudió varios maestros clásicos, entre ellos Platón, Aristóteles, Hume y Kant; también escribió sobre temas de filosofía cuando tenían relación con el ámbito científico (Ruse, 2008). Parte de esas incursiones en la filosofía, así como su trabajo en la revolución conceptual que tuvo necesidad de realizar Darwin, a la hora de llegar a la teoría de la evolución mediante el mecanismo de selección natural, ya fue comentada en otro trabajo nuestro (Gallego-Gómez, 2009) y ha sido extensivamente analizado por parte de la autoridad en el tema el profesor Paul Thagard (1992).

Para culminar dándole los créditos indirectos a Darwin, como el fundador de la filosofía de la biología (además de la biología como ciencia explicativa y no descriptiva), puede hacerse alusión a lo que dijo hace 10 años David Hull, respecto a muchos científicos y que precisamente eso, fue lo que Darwin no hizo: “posiblemente la mayoría de los científicos, sólo hacen ciencia sin pensar mucho acerca de lo que están haciendo” (1999). Darwin podríamos afirmar fue de los primeros naturalistas (sino tal vez el primero), quien se dedicó a pensar muy bien sobre las razones sobre la diversidad biológica, el “misterio de los misterios”, lo hizo durante tantos años y al cabo de los cuales, logró expresarlo en una teoría de la selección natural tan acabada que abruma¹⁴. No obstante, él mismo confesó que el “Origen” no era realmente su publicación, que apenas era un borrador y su obra maestra iba en camino, cuyo título incluso estaba definido “Natural Selection”. Asumimos que el hecho de Darwin, haber estado haciendo reflexiones sobre temas relacionados con análisis conceptual, pensado sobre los objetivos, métodos, criterios, c, leyes y teorías de las ciencias en que estaba trabajando, lo convierten tal vez en el primer filósofo de la biología.

HISTORIOGRAFÍA DE LA CIENCIA Y LA BIOLOGÍA

Con frecuencia la interpretación de hechos históricos varía de un autor al otro, además también sucede con el paso del tiempo y con el desarrollo de distintas escuelas históricas. Solían presentarse en el pasado las historias sobre la ciencia a modo mitológico, donde habían héroes que promovían o descubrían nuevas teorías científicas, y villanos quienes se oponían a las mismas. Esta manera progresiva de contar la historia como si se estuviera escalando, no les resulta cómodas a los científicos ni comparten los resultados que arrojan, como pensar que el movimiento “Whig” (el partido liberal de Inglaterra victoriana), influyó esencialmente en la forma en que Darwin, concibió su teoría de la evolución mediante selección natural. Esa tendencia a contar la manipulada historia del triunfo político los

¹⁴ Una vez más el agudo sentido de nuestro revisor, nos ha hecho caer en la cuenta que hemos caído en el mismo error que más adelante criticaremos. Se trata de armar historias acomodadas una vez se tiene la visión privilegiada del pasado ya hecho y analizado, esta aproximación “whigista” es muy penalizada académicamente hablando, y en este párrafo mostramos parte de esa tendencia al concebir a Darwin como un héroe.

“whigs”, se denomina “whigismo”, abundante entre los libros de texto netamente científicos mostrándose que el presente es mejor que el pasado (Bowler y Morus, 2005; Suárez, 2005).

Esa imagen de la ciencia heroica causó tanto impacto, que fue un lastre para entender de verdad el progreso científico¹⁵, del cual se llegó incluso a dudar seriamente. Por eso Philip Kitcher (1993) comienza su obra maestra del modo siguiente (la traducción es nuestra): “Había una vez, en aquellos queridos tiempos pasados, casi pero no del todo inmemorable, en que hubo una visión generalizada de la ciencia, la cual dominó el dictamen popular y académico, hechos desde ese punto de vista, que merece un nombre y lo llamaré Legenda”.

Se prefiere más bien una interpretación de la historia (historiografía), que se va adaptando a los nuevos hallazgos de las investigaciones multidisciplinares. Como lo manifiesta John Christie (2005) la historiografía es “el estudio de la escritura de la historia”, siendo a su vez la historiografía de la ciencia, aquella que “tiene por objeto la variedad de maneras en que se ha escrito el pasado de la ciencia”.

Una perspectiva histórica incluyente con intenciones de encontrar explicaciones, debería considerar ciertas afirmaciones o preguntas, que filósofos reconocidos se hicieron, pero que resultaron totalmente equívocas. Por ejemplo el tan respetado, citado e innovador Wittgenstein en sus primeros escritos, expresó que “La teoría de Darwin no tiene que ver con la filosofía más que cualquier otra hipótesis de la ciencia natural” (Ruse, 2008; Kitcher, 2009).

Tal vez un poco exagerada sea la afirmación de Ian Hacking, cuando manifiesta en su libro *Representing and Intervening* (la traducción es nuestra): “...los filósofos hace mucho tiempo, han hecho de la ciencia una momia. Cuando finalmente se desenvolvió el cadáver y vieron los restos de un proceso histórico de devenir y descubrimiento, crearon para sí mismos una crisis de la racionalidad, lo cual ocurrió alrededor de 1960” (Hacking, 1983). No obstante este duro juicio, vale recalcar el papel del proceso histórico, que ocurre en la interpretación del trabajo de los filósofos de la ciencia más tradicionales.

Con esta fuerte apreciación sobre los filósofos, retrocedamos muchos años cuando John F. W. Herschel el astrónomo y filósofo, en una carta escrita a Charles Lyell en 1836, pero apoyado en las palabras de otro filósofo muy importante (Kant), expresó parafraseándolo, que “el misterio de los misterios, era el reemplazo de unas especies por otras” (Ruse, 1999). Tal frase se basaba en lo que Kant, expresó en su escepticismo para entender el mundo biológico, que “no habría nunca un Newton para las hojas de hierba” (Rosenberg, 2008), no existirían entonces unas leyes científicas al modo que la gravitación, que explicó fenómenos de la mecánica celeste y terrestre; que sirvan para entender la complejidad del mundo viviente, para lo cual después acuñaron la tan difundida expresión “el misterio de los misterios”. Claramente la interpretación tanto de Kant como de Wittgenstein, resultaron equivocadas en temas decisivos de la filosofía de la biología, como el papel de Darwin en la filosofía¹⁶, pero sobre todo el escepticismo de Kant, ante la posibilidad de una teoría que

¹⁵ El postmodernismo (Lyotard, 1984) es la principal derivación de esta duda que trascendió muchas esferas, pero en este ensayo no nos dedicaremos a considerarlo por estar parcialmente fuera del foco nuestro de trabajo.

¹⁶ Debe tenerse en cuenta que existe todo un trabajo recientemente editado por Michael Ruse (2009), en donde

contribuyera a comprender el mundo biológico.

Existen dos escuelas en la historia de la ciencia, una la más tradicional consideraba que la ciencia era una empresa esencialmente intelectual, mediante la cual se construían teorías explicativas del mundo, para resolver tanto problemas experimentales como conceptuales. Esta concepción filosófica está muy enraizada, y considera al conocimiento como un conjunto de creencias e ideas justificadas racionalmente, dando supremacía al conocimiento teórico sobre el práctico o artesanal. La otra escuela es más reciente y surge en los años 1980's, se trata de la historia práctica de la ciencia con un declive en la historia intelectual ya mencionada arriba. Se pensó en una comprensión más realista de la ciencia, interpretada como un punto de inflexión, para el nacimiento de una actitud "naturalista" hacia la ciencia (Suárez, 2005), cuya explicación haremos más adelante porque estos planteamientos dieron origen a la sociología del conocimiento científico.

Después de la publicación del "Origen" de Darwin no hubo mucho revuelo, pero justo cuando se cumplieron los 100 años en el siglo pasado, se inició todo un nuevo movimiento en la historia de la biología conocido como "Industria Darwin" (Suárez, 2005). Puede postularse entonces que con la Industria Darwin, nace la historia de la biología tal cual la conocemos en el presente, quedando explícito el papel de Darwin en esta nueva cultura.

SOCIOLOGÍA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y CÓMO FABRICAR HECHOS CIENTÍFICOS

En este enclave de la sociología de la ciencia, pretendemos hacer una corta revisión histórica del tema, para luego explicar cómo los expertos en filosofía de la biología se forman y se validan, pero siguiendo la implícita normatividad (estudiada por la sociología de la ciencia) establecida por las comunidades. Se tomarán ejemplos reales de investigadores internacionalmente reconocidos, con lo cual esperamos ilustrar el impacto decisivo en el origen, desarrollo y consolidación de un conocimiento socialmente validado. Importante es hacer ese recorrido histórico con cierto detalle, porque aporta luces sobre el inmenso impacto que ha tenido la sociología del conocimiento en general, tanto que se llega a extremos del relativismo escéptico, basados en un supuesto constructivismo social a ultranza al cual no se adhieren todos los exponentes de ese campo.

Para los sociólogos lo importante es entender cómo funciona la sociedad, esa es la premisa que no debemos olvidar, para lo cual ilustraremos con el caso de la sociología de la salud y la enfermedad. Como expresa White (2005), para los sociólogos el estudio de la salud y la enfermedad no son sólo interesantes intrínsecamente, porque conduzcan al centro de la existencia humana –el dolor, sufrimiento y la muerte- sino también porque nos ayudan a entender la sociedad, porque para los sociólogos la experiencia de la enfermedad y la salud son una consecuencia de la organización de la sociedad.

Suponemos que la sociología del conocimiento científico de la biología, todavía no ha tenido una demarcación tan ostensible, como ha sucedido con otros campos de la sociología de la ciencia. Sin embargo, lo que si se considera con más frecuencia en círculos

hace una compilación de varios autores, apuntando todos hacia un mismo objetivo o idea central: la filosofía después de Darwin es distinta.

académicos respetables, es que la biología ha hecho un desafío a la sociología, como lo denuncia el creador de la epistemología social Steve Fuller (2006). Fuller rastrea los campos encontrando que los términos “sociología” y “biología” fueron acuñados por Comte y Lamarck, quienes marcaron los inicios de estas disciplinas con hallazgos mezclados y metáforas. Así es como a través de los siglos XIX y XX, ambas disciplinas se adhirieron a significantes papeles explicativos de evolución, instintos, herencia, adaptación y diferenciación funcional (Fuller, 2006).

Un trabajo fundador no bien considerado en círculos académicos, siendo tal vez una de las mejores piezas de la casi inexistente sociología de la biología, es el de Michel Foucault (1989), sobre el origen de la taxonomía biológica (la traducción es nuestra):

“La historias de las ideas o de las ciencias- es como una sección transversal en el intervalo de tiempo promedio de las mismas – provienen del siglo XVII, y especialmente en el siglo XVIII, con una nueva curiosidad: para descubrir la ciencia de la vida, al menos para darles un ámbito, hasta ahora insospechado y preciso. Un cierto número de casos de y varios eventos son esenciales tradicionalmente atribuidas a este fenómeno”.

Lo que al parecer si existe, es una biología de la sociología donde se reducen los complejos comportamientos humanos y de la sociedad a la cruda determinación biológica. Aunque esta nueva corriente (Sociobiología¹⁷) ya fue denunciada públicamente por un biólogo quien lo denominó el “determinismo biológico” (Richard Lewontin en 1984) y un filósofo (Philip Kitcher en 1987); su influjo y existencia como comunidad científica validada y con su propia revista, no se ha podido neutralizar aunque desde un principio mostró sus falacias conceptuales, de argumentación y sus fundamentos empíricos muy pobres. Parte de ese debate ya fue comentado en otro trabajo nuestro reciente (Gallego-Gómez, 2009), pudiéndose tener una excelente visión y estado del arte, con los trabajos de David Buller (2007; 2009).

Para ello, hagamos una breve consideración sobre los llamados estudios sociales del conocimiento (SSK, Social Studies of Knowledge), como también se conoce a la sociología del conocimiento (Suárez, 2005).

La vieja sociología del conocimiento nace con Robert K. Merton, quien considera a la ciencia como una institución social susceptible de estudio sociológico, al igual que las demás instituciones. Merton además propuso cuatro normas básicas en la sociología que eran aplicables a las instituciones científicas: comunismo, universalismo, desinterés y escepticismo organizado (Merton, 1968).

A pesar de esta optimista visión de una comunidad científica ética, descrita por Merton es cierto como dice Peter Godfrey-Smith (2003), que los científicos son personas que buscan reconocimientos, hay competitividad en un sistema de recompensas institucionalizado (que refuerza las normas y valores morales de la comunidad científica), además se presentan luchas por el reconocimiento a la originalidad y la prioridad en los descubrimientos, pero esas luchas tienen posibilidades perversas, como el fraude, plagio, calumnia, etc. Completa expresando Godfrey-Smith, que los científicos tienen comportamiento como el secretismo,

¹⁷ Sociobiología, creada por Edward O. Wilson y respaldada por Richard Dawkins (Kitcher, 1987).

elitismo monopolista y consideran al profano como ajeno¹⁸.

Ahora consideremos un desarrollo posterior en este campo, basándonos en un trabajo que hace el filósofo de la biología Peter Godfrey-Smith (2003). Explica que la idea central del Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento, que surgió en los 1970's con Barry Barnes y David Bloor, es el Principio de Simetría el cual sostiene que todas las formas de creencias y comportamientos, deberían ser abordados usando las mismas clases de explicaciones. Por ello las creencias científicas, son productos de las mismas clases de fuerzas generales que otras clases de creencias. La gente de todas las clases vive en comunidades, que tienen normas locales establecidas socialmente para regular las creencias. Estas normas frecuentemente serán hábitos sutiles, más bien que normas explícitamente establecidas. Por su parte los científicos son gente quienes trabajan en una clase inusual de comunidad local, la cual se caracteriza por su alto prestigio, con períodos de entrenamiento e iniciación muy largos, malas decisiones que son notables y usan juguetes costosos (Godfrey-Smith, 2003).

Peter Godfrey-Smith coloca un ejemplo práctico sobre el principio de simetría. Los científicos creen que los genes están hechos de DNA; mientras una comunidad tribal tiene la creencia, que las sequías son debidas a una ira de alguna deidad local. En ambos casos las creencias son establecidas y mantenidas en la comunidad por el empleo de normas locales de argumentación y justificación. Las normas en sí mismas están variando entre las comunidades (tribal y científica), pero el mismo Principio de Simetría puede ser aplicado a ambos casos, sin dar un papel especial a la explicación científica para entender el *Mundo Real*. Con estas aseveraciones queda evidente el relativismo al cual resulta adscrito, el Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento, que además entra en un camino sin salida si nosotros le preguntamos –basados en el Problema de la Reflexividad que sus oponentes arguyeron- si las normas locales no pueden ser realmente juzgadas como superiores desde un punto de vista externo, entonces ¿qué se puede pensar de las teorías halladas por la sociología de la ciencia?.

Bruno Latour estuvo de visita por un par de años, en un laboratorio de biología molecular en el Instituto Salk de San Diego (California), pero era un poco ignorante en biología molecular e incluso en su inglés (como lo reconoció en la segunda edición de su libro), además era un neófito en sociología de la ciencia. Por ello tuvo una imagen simplista, sobre lo que es un laboratorio: lo concibió como una gran máquina (con mapa incluido), por donde entran por un lado los papeles blancos, animales, reactivos, material y equipos, que después de un procesamiento, por el otro extremo salen los reportes y los artículos científicos (Latour y Woolgar, 1979). Este libro es un resumen sobre cómo se construyen hechos científicos en un laboratorio.

Aun así como lo comenta Godfrey-Smith (2003), su libro tuvo un éxito supremo porque respiraba un aire fresco y exudaba imaginación, en cuya comparación el programa fuerte parecía demasiado crudo y rudo. Latour generó un nuevo estilo en la sociología de la ciencia, más trabajado, consciente y literario, porque tomó de la filosofía francesa, la sociología y la semiótica, la llamada “teoría de la red de actores”. Donde la filosofía

¹⁸ Unas aseveraciones más fuertes ha estado haciendo durante años, el genetista de poblaciones Richard Lewontin en sus reflexiones filosóficas, como el de “Realidades y Ficciones en Ciencias Naturales” (2001).

empírica tradicional, ha visto a la ciencia como “dirigida por datos” y los del programa fuerte han visto a los científicos como “dirigidos por intereses”, Latour ve al trabajo científico en sí mismo, como el que realmente dirige todo (Godfrey-Smith, 2003).

Uno de los logros de la sociología del conocimiento es haber postulado que éste “es socialmente construido”, cuya interpretación a veces suele ser bastante equívoca, en expresiones coloquiales como que “todo es inventado y nada existe”. Paul A. Boghossian (2006) lo explica acertadamente (traducción nuestra): “hablando ordinariamente decir que algo fue construido, no se refiere a que algo fue simplemente hallado o descubierto, sino más bien que fue hecho, manufacturado por alguna persona, en una actividad intencional y durante un tiempo dado. Y decir que algo fue construido socialmente, es adicionar que fue hecho por una sociedad, por un grupo de personas organizadas en un modo particular, con valores específicos, intereses y necesidades”. Debe quedar claro que los hechos existen para los filósofos de la ciencia, quienes no están adscritos a este “constructivismo social¹⁹” o relativismo, y más bien se identifican en una suerte de Realismo Científico²⁰, donde la realidad existe en una interacción con la teoría, los conceptos y teorías median esta interrelación, de tal forma que en consenso se tiene una realidad interdependiente de nuestro trabajo racional-social.

Rachel Laudan (2005) denomina la “nueva historia de la ciencia”, cuando se examinan las prácticas y tradiciones científicas, como actividades no exclusivamente teóricas, sino más bien eminentemente sociales, con lo cual las preguntas históricas se modifican de manera sustancial. Al parecer el auge adquirido por la historia práctica o material de la ciencia, en los dos pasados decenios, y el declive de la tradicional historia intelectual de la ciencia, pudo estar motivado por varios factores, pero una sustancial parte pudo estar provocada por el contexto socio-político de la Guerra Fría (Suárez, 2005).

Por otra parte de acuerdo a Echeverría (2008), la corriente de la filosofía de la ciencia y la técnica, encaminada a entender las prácticas científicas, es un fenómeno más general surgido en los 1990's que él denomina el giro praxiológico de esos estudios. En esa misma dirección, está el cuadro de Rheinberger sobre el proceso de investigación en biología experimental, que difiere sustancialmente de la concepción filosófica según la cual, los más listos teóricos piensan las teorías, para que los experimentadores más hábiles las prueben, o plantean las preguntas claves para que los experimentadores las respondan. Pero realmente hay una interacción con los espacios experimentales, que pueden ser explorados para posibles manipulaciones que el sistema puede ofrecer. Esta actividad frecuentemente no requiere una pregunta de investigación bien formada o una teoría específica para ser probada. Algunas veces la pregunta puede ser dicha en retrospectiva, a la respuesta que un

¹⁹ Constructivismo (Constructivismo Social, Constructivismo Metafísico). Término con muchos significados, usualmente referido a una visión en la cual el conocimiento (algunas veces, la realidad misma), es visto como algo activamente creado por la decisión humana o negociación social. Los constructivistas frecuentemente no distinguen entre una visión donde las *teorías* (o clasificaciones, o estructuras) son construidas, y que la *realidad* descrita por esas teorías es construida. Los constructivistas metafísicos, explícitamente reclaman que la realidad es en algún sentido construida (Godfrey-Smith, 2003).

²⁰ Realismo científico: Familia de posiciones que aceptan algunas clases de actitudes realistas hacia el mundo como lo entendemos en ciencia. Esta versión sostiene que hay un mundo real que nosotros habitamos y que un objetivo de la ciencia es describir ese mundo cómo es (Godfrey-Smith, 2003).

experimento aportó, la pregunta puede incluso no haber sido planteada desde antes del estudio (Weber, 2005).

Para ir cerrando el subcapítulo no puede negarse, el increíble influjo que ha tenido la teoría evolutiva en estudios sociológicos, sobre todo en la sociobiología que son los desafortunados y fueron comentados. Pero también la teoría evolutiva ha estado dando datos que sirven para trabajos de ética, moral y la epistemología de las virtudes. Conjeturamos que el componente histórico de la evolución, aporta una dimensión adicional al espacio conceptual de análisis sociológicos, filosóficos e históricos.

Pasemos ahora a unos cuasi-estudios de caso de científicos y/o filósofos, quienes por el ensamblaje de las redes de actores, en las comunidades académicas y científicas fueron aceptados o rechazados por las mismas. Como ya se dijo, deseamos demostrar que la existencia misma de investigadores en el campo de la filosofía de la biología, es un hecho más de la sociología de la ciencia enmarcado dentro de la ANT (Actor Network Theory) de Latour (2005).

En su último libro Ernst Mayr (2004) denuncia como gran parte de su trabajo, que ha sido decisivo en la filosofía de la biología fue obviado, pues nadie de la comunidad de los filósofos de la ciencia lo citaron, el ostracismo al cual lo relegaron los filósofos de la ciencia fue desmedido. Criticaba él que para publicar sus temas en filosofía de la ciencia, esa comunidad tenía su propia revista (*Philosophy of Science*), hecho que entra perfectamente –en nuestra opinión– en uno de las descripciones de la sociología del conocimiento. Patético puede resultar darnos cuenta que el precioso trabajo de Mayr “¿Cómo escribir historia de la biología?” (Mayr, 2001), no lo encontramos (en su versión original en inglés) citado entre los manuales, libros de texto y artículos de referencia sobre esos temas.

Si rastreamos unos pocos de los actuales filósofos de la biología aceptados como tales, al parecer varios de ellos han tenido un pregrado o un posgrado, que son reconocidos institucionalmente en tal ciencia. O sea para estar admitido en la comunidad de la filosofía de la biología, hay una de esas sutiles normas no explícitas que regulan el ser miembro del colectivo en mención. No obstante, si se permiten filósofos de la biología con estudios informales en ciencias de la vida, pero lo contrario (como el caso de Mayr) ya es más difícil de aceptar.

Consideremos algunos casos ilustrativos para sostener nuestra posición. Kenneth Shaffner (1993) siendo un filósofo ampliamente reconocido y mayor (más de 50 años), se marchó a estudiar toda la carrera de medicina²¹. Tras esa experiencia de varios años, terminó aportando uno de los textos de referencia (Shaffner, 1993), en el tema de la explicación y descubrimiento en medicina y biología.

Elisabeth Lloyd cuando terminó su pregrado en Genética con énfasis en evolución, hizo su PhD con Bas C. van Fraassen, produciendo un trabajo soberbio y estructurado sobre las unidades de selección en evolución, en parte reflejado en un texto ahora referencia

²¹ En el prefacio de su libro “*Explanation and Discovery in Biology and Medicine*”, Kenneth Shaffner comenta esta situación como fue llevada a cabo y agradece a su departamento por la autorización y a su mentor donde estudió la carrera.

(1988,1994), sobre la estructura y confirmación de la teoría evolutiva.

Evelyn Fox Keller²² de formación fue física, pero en su de PhD (en física teórica y filosofía), se interesó en la biología molecular logrando hacer una pasantía, en el Cold Spring Harbor Laboratory. Se dedicó luego a la historia y filosofía de la biología moderna.

Lindley Darden quien ha trabajado fuertemente en los mecanismos de explicación en biología (Machamer et al., 2000; Darden, 2006), hizo su pregrado en filosofía y su maestría también, pero antes de su PhD realizó una maestría en biología²³.

Carl F. Craver²⁴, uno de los filósofos de la neurociencia más reputados (sino es el que más), tiene un pregrado en filosofía acerca de la memoria y la identidad personal. Luego hizo una maestría en neurobiología trabajando con la osmorregulación en ratas, pero finalmente obtuvo su PhD en filosofía de la ciencia. Su tribunal de defensa del PhD estuvo conformado, por varias autoridades en mecanismos en biología o en explicación científica, algunos de ellos fueron Peter Machamer (2000), Wesley Salmon (Kitcher y Salmon, 1989), y Kenneth Schaffner (1993).

En la escuela francesa bastante diferente a la americana, tenemos a uno de los máximos representantes Michel Morange²⁵, quien hizo quizá el mejor libro sobre la historia de la biología molecular (1998), porque la presentó en una perspectiva interpretativa bastante alejada del modelo de autoelogio y heroico que hicieron los del grupo del fago Lambda (Santemas, 2005). Se formó en biología y su tesis en enzimología, pero paralelamente adquirió una formación en filosofía, bajo la dirección del profesor Jacques Merleau-Ponty, con una tesis doctoral sobre la historia y epistemología de la biología molecular. Después de esto Morange mantuvo una doble actividad, científica (en biología molecular y celular, biología del desarrollo), en historia y filosofía. En asocio con otros dos filósofos de la escuela francesa (Anouk Barberousse y Thomas Pradue), recientemente fueron los editores de un libro que muy probablemente, se convertirá en una pieza clave para los años venideros (Barberousse *et al.*, 2009).

Ahora bien respecto a Darwin y la sociología del conocimiento qué podemos afirmar?. Philip Kitcher (1993) cuando hace un análisis semántico de la estructura de la teoría evolutiva de Darwin, empieza su capítulo (“Darwin`s Achievement”) intentando explicar el éxito abrumador de su libro y teoría. Kitcher muestra un panorama histórico bastante lúcido y detallado, dejándonos en evidencia una serie de habilidades que tuvo Darwin para saber mantener una gran de alianzas estratégicas. Podríamos enmarcar todas esas “nuevas competencias” (como suelen llamarse ahora en los talleres de pensamiento emprendedor), dentro del estudio de la sociología del conocimiento?.

Dejamos en libertad de reflexionar al lector, con unas frases textuales del libro de Philip Kitcher (traducción nuestra): “Parte del secreto del rápido éxito de Darwin, sin duda se debe a su habilidad social y gran amabilidad. No debemos ser engañados por la imagen

²² http://en.wikipedia.org/wiki/Evelyn_Fox_Keller

²³ <http://www.philosophy.umd.edu/Faculty/LDarden/vita.html>

²⁴ <http://artsci.wustl.edu/~pnp/people/craver/>

²⁵ http://www-ihpst.univ-paris1.fr/108,michel_morange.html

mundana de la Villa de Down donde vivió Darwin, en cuyo tranquilo y amado jardín daba sus largas caminatas y tal vez fuera la única ocasión para hacer reflexiones sobre los puntos más altos de la filosofía natural. El estudio de Darwin fue la sede de una brillante campaña (que a veces se concibe en términos explícitamente militares), bajo una enérgica dirección y visión. Sus cartas están bellamente diseñadas, para que cada uno de sus corresponsales eminentes Hooker y Huxley, Charles Lyell, Alfred Russell Wallace, y Asa Gray, sintieran que ellos eran cruciales, el hombre de cuyos talentos y dedicación la causa depende. Mantiene la moral siempre alta y las tropas se despliegan con habilidad”.

Otra interesante cuestión es que en cierto sentido, Darwin no tuvo “complejos naturalistas formales”, porque no fue un producto de una ciencia institucionalizada en una universidad. Cuando salió en el viaje del *Beagle*, sólo tenía un título de pregrado en letras y teología obtenido en Cambridge. Puesto que él no soportó el curriculum de medicina, que estuvo cursando durante dos años en la Universidad de Edimburgo. Así pues, él no contaba con una formación científica convencional, embarcándose apenas como naturalista aficionado, aunque si se destacó en botánica y geología cuando estudiaba en Cambridge (Bowler y Morus, 2005). Con toda la ilusión de hacer similares proezas, que las hechas por Humboldt en sus exóticos viajes (Bowler, 2001), este proto-científico de veinte y tantos años convirtió ese viaje, en la empresa científica más grande de la historia.

Tenemos pues que Darwin cumple con algunos de los criterios expuestos, por Thomas Kuhn en su ya histórico libro “La Estructura de las Revoluciones Científicas (2006), comentando que cuando un campo de investigación se halla en dificultades, es frecuente que la solución se le ocurra a un joven o a un recién llegado que, al no estar habituado a los viejos modos de hacer las cosas, posee una mayor disponibilidad y flexibilidad para ingeniar una salida novedosa. El mismo Kuhn no era oficialmente ni historiador de la ciencia ni filósofo de la ciencia, porque tuvo hasta su PhD una formación enteramente científica (física) (Solís-Santos, 2006).

Después del éxito del “Origen” hay muchos cambios en las formas en las cuales la biología es hecha. La más obvia hay modificaciones de los estamentos, con los cuales aquellos que se cuentan entre los expertos, pueden estudiar los seres vivos de la naturaleza. Hay cambios en el lenguaje biológico, el concepto de especie y la distinción entre homologías y analogías fue alterada por el trabajo de Darwin, por lo cual Kitcher (1993) los ha denominado las “prácticas darwinianas”.

LA ESTRUCTURA Y EL STATUS DE LA TEORÍA EVOLUTIVA

Uno de los temas predilectos en la filosofía de la biología, ha sido la consideración sobre la estructura y el *status* de la teoría evolutiva por selección natural, porque a primera vista no parece tan respetable como otras teorías p. ej. dentro de la física, que han atraído intentos filosóficos en su reconstrucción (Kitcher, 2005). El mismo Darwin estuvo durante años estudiando los textos de filosofía de la ciencia de Whewell y de Herschel (Guillaumin, 2001), intentando ensamblar su trabajo en un cuerpo teórico más parecido (lo llamaba coloquialmente “mi teoría”), a una explicación científica que no tuviera necesidad de recurrir a causas finales, pero si a las causas verdaderas o la *Vera causa* (Guillaumin, 2001; Gallego-Gómez, 2009).

El origen de la opinión que la teoría evolutiva no es una ley, se debe tal vez a que durante más de un siglo, la discusión en la ciencias tomó lugar dentro de lo que Hilary Putnam llamó la “Concepción heredada” (Received view) de las teorías científicas, que provino del positivismo lógico²⁶. Éste tuvo una profunda influencia en la filosofía de la biología y consiste en que una teoría científica, es una estructura deductiva²⁷ axiomática la cual es parcialmente interpretada en términos de definiciones llamadas “reglas de correspondencia”, que definen los términos teóricos de la teoría por referencia a términos observacionales (Thompson, 2000). En otras palabras para que una teoría sea científica, debe tener un aspecto matematizable evidente, además debe existir una interrelación directa entre datos de la realidad (términos observacionales), y sus respectivos constructos abstractos o axiomas (términos teóricos).

Los axiomas constituyen las leyes, que contienen el más alto poder de generalización dentro de una teoría. De acuerdo a esta visión todas las leyes (exceptuando los axiomas matriz), pueden ser derivados de los axiomas y usualmente tales deducciones, requieren numerosas suposiciones subsidiarias. Pero al final el juego de instancias deductivamente relacionadas, están dadas en un significado empírico por definiciones ligadas a términos teóricos. Por ello la teoría como un todo, tiene un significado experimental y global (por las complejas interconexiones entre términos teóricos y observacionales), de tal manera que cambios en un término, producirán consecuencias en el significado de muchos otros términos. Esta concepción es tal vez la más poderosa, porque responde en una manera dirigida y eficaz, numerosas cuestiones acerca de la naturaleza de la empresa científica; por lo cual ha sido la visión dominante aún en filosofía de la biología (Thompson, 2000).

Con todos estos planteamientos por eso se llegó a decir, que la biología no tenía leyes y solamente había propuestas contingentes (generalizaciones nada más que accidentales). Para llegar al carácter de ley científica, se requería generalidad espacio-temporal (no accidental), capacidad de soportar contra-hechos y de ser incluida en una teoría científica. Todo esto parece muy loable y riguroso, pero tal vez lo es tanto que incluso, como dice Thompson (2000) ni siquiera las leyes de Newton, pasarían esta dura prueba: ellas no se aplican a altas velocidades ni a objetos subatómicos. Existen alternativas para salvar este escollo, que serán presentadas en el siguiente aparte.

ABRIENDO LAS PLIEGUES DE LA NATURALEZA BIOLÓGICA Y MAPEANDO NUEVAS DIRECCIONES

Hace años el físico Paul Davies explicó acertada y cuasi metafóricamente el subtítulo anterior, pero hablando respecto al estudio de las cuatro fuerzas de la naturaleza, que resulta

²⁶ Fue una novedosa y osada forma científicamente orientada de empirismo que se desarrolló entre las dos Guerras Mundiales en Viena (Austria). Conocido a veces como “positivismo lógico”, fue liderado por filósofos como Moritz Schlick, Otto Neurath y Rudolf Carnap. Estuvo basada en los desarrollos de la lógica, filosofía del lenguaje y filosofía de las matemáticas. Los representantes de esta escuela de manera famosa calificaron parte de la filosofía tradicional como vacía de significado (Godfrey-Smith, 2003).

²⁷ Lógica Deductiva es la bien desarrollada rama de la lógica, comprometida con los patrones de argumentación que tienen la estructura siguiente: si las premisas de un argumento son verdaderas, entonces la conclusión tiene la garantía de ser verdadera. Esto es llamado “validez deductiva” (Godfrey-Smith, 2003).

aplicable al subtema final que nos ocuparemos: intentar aproximaciones nuevas para estudiar la naturaleza biológica. El físico teórico de partículas expresaba que al principio o justo después del origen del Universo, al parecer existían todas las fuerzas fundamentales unificadas, luego del Big Bang vino la expansión y el enfriamiento, con lo cual se desarrollaron o desplegaron las fuerzas como estaban originalmente (Davies y Brown, 1992). El trabajo de los físicos quienes sueñan con la Teoría Unificada de Campos, es trabajar teórica y experimentalmente, por replegar lo que la Naturaleza desplegó y posiblemente la respuesta está en los agujeros negros; el pequeño inconveniente es que en esos objetos, las leyes físicas convencionales no funcionan. Ellos tienen un serio problema por resolver en nuestra opinión, porque desenrollar o desunificar lo que ya está integrado, requiere los superaceleradores de partículas, que ya no pueden ser asumidos financieramente por un solo país.

Con los últimos años de estudio el mundo biológico, se nos presenta menos soberbio e inabordable de lo que suponía Kant, ya existe el Newton quien pudo entender una hoja de hierba, se llamaba Charles Darwin y aportó la teoría de la selección natural. Sin embargo, realmente lo que hizo Darwin fue apenas abrir los retorcidos cables, con que se ha tejido la n-dimensional telaraña de la naturaleza biológica. Nuestro cometido es pues, intentar abrir los pliegues de la naturaleza de las “cosas vivas”²⁸, esperando con ello ir entendiendo la complejidad de este panorama y acercarnos más al misterio de los misterios.

Parafraseando a Richard Lewontin (2009), para “tallar entre las articulaciones del tejido natural” requerimos nuevas aproximaciones y de acuerdo a Paul Thompson (2000), los más excitantes desafíos para los filósofos de la biología, constituyen las *nuevas direcciones* algunas de las cuales, serán expuestas a continuación y otras sugeridas además por otros autores.

Por otro lado, Machamer y Silberstein (2002) opinan que (nuestra es la traducción): “el nuevo giro de la ciencia en sí mismo, significa que los filósofos no sólo tienen que aprender ciencia a un muy alto nivel, sino que realmente tienen que ser capaces de pensar acerca de la ciencia (al menos algo) en todos sus intrincados detalles”. Antes de entrar a considerar algunas de las *nuevas direcciones* en la filosofía de la biología, es importante detenernos para hacer un llamado en el mismo sentido de Machamer y Silberstein.

Desde mediados del siglo pasado coincidiendo más o menos, con los 100 años del “Origen” de Darwin en 1959 y el descubrimiento de la estructura del DNA, surgieron dos nuevas fuentes desde donde obtener materia prima para filosofar, la teoría evolutiva y la biología molecular. Tanto en una como en la otra, se requería desde un principio tener fundamentos bastante decentes en estas nuevas ramas de la biología, para lograr hacer buenas disquisiciones filosóficas y eso sigue siendo válido en la actualidad. Por ello mismo, las nuevas direcciones en la filosofía de la biología, además de apuntar a distintas formas de mapear la realidad que tenemos del mundo biológico, tienen una estrecha dependencia en el

²⁸ Optamos por este término para incluir los virus, que por ser biosistemas elementales con propiedades de la vida y no estar vivos, han quedado fuera del marco de seres vivos. Resulta que son objetos de estudio esenciales para abordajes de evolución experimental.

²⁹ Queda muy bien expresado en palabras textuales de nuestro revisor “ lo que se estaría gestando con el darwinismo no es tanto una prefiguración del positivismo lógico o la filosofía analítica, sino su crítica, puesto que la ley de selección natural no se equipara a las leyes deterministas de la física”.

estudio juicioso de los fundamentos científicos específicos y sus novedosos avances tecnológicos. Darwin marcó el inicio de todo este viaje, sin embargo ahora existen descubrimientos y nuevos desarrollos en la biología, pero sobre todo en las aplicaciones médicas de la biología, en donde una reflexión filosófica se requiere con urgencia. El destino de las sociedades pueden definirlo sus habitantes quienes democráticamente pueden decidir si la ciencia siempre dice la verdad o a veces tienen construcción de hechos científicos motivados por unos intereses sociales, económicos y políticos (Kitcher, 2001).

Concepción semántica en la estructura de las teorías científicas

La concepción semántica de las teorías científicas constituye una alternativa a la “concepción heredada”, el punto de vista más extendido sobre las teorías, entre científicos y filósofos de la ciencia. Esta última concibe las teorías como conjuntos de enunciados, esto es, como sus leyes o principios o postulados más todos los enunciados que se deriven de estos. Por tanto, en esta concepción una teoría es una entidad lingüística. En tanto que en la concepción semántica, una teoría es un conjunto de modelos abstractos o idealizados o estructuras matemáticas, que se utilizan para explicar el comportamiento de determinados sistemas empíricos reales. Que una teoría explique o prediga determinado sistema empírico real significa que este es isomorfo o aproximadamente isomorfo con uno de los modelos perteneciente a la teoría.

Como se comentó Elisabeth Lloyd al hacer su PhD con Bas van Fraassen, terminó escribiendo un excelente libro (1988) que recoge exactamente esta nueva dirección, con la intención de resolver algunos problemas biológicos y filosóficos de la teoría evolutiva. Lloyd dice que ella trataría de responder, al tan ancestral reclamo que hizo Popper en doble sentido, que la teoría evolutiva no era refutable³⁰ y además que la eficacia biológica (fitness) o la sobrevivencia del más apto, era una tautología no explicativa. Además aunque el modelo de desarrollo que hace Philip Kitcher de la teoría evolutiva, en el capítulo “Darwin’s achievement” (1993), es muy similar a una concepción semántica de teorías científicas, Elisabeth Lloyd delimita el campo diciendo que la aproximación de Kitcher está adscrita a una concepción sintáctica porque hay estructuras lingüísticas (1988).

No obstante, Kenneth Shaffner (1993) dice que la concepción semántica de las teorías científicas, se originó en los años 1980’s más bien como una respuesta de los filósofos de la biología (Michael Ruse y David Hull), a las duras críticas nacidas de la “concepción heredada” y el trabajo original de Smart³¹ (1963) sobre filosofía y realismo científico, en

³⁰ "Darwinism is not a testable scientific theory but a metaphysical research programme" (Lloyd, 1988).

³¹ Empezando el capítulo III (Physics and Biology) con el subtítulo “The nature of biological sciences”, J.J.C. Smart manifiesta que argumentará por qué razón no hay precisión en biología, no existen teorías e incluso ni leyes biológicas; aunque no niega la existencia de generalizaciones en biología. Para completar dice que no hay leyes emergentes en biología, como lo han supuesto algunos filósofos. Hace uso de unos conceptos muy precarios de genética para invalidar las leyes de Mendel, llegando a la insensatez de negar la existencia de los ratones, mediante argumentos evolutivos mal entendidos y una exagerada aplicación de la ontología y epistemología. No obstante, resulta revelador ahora después de casi medio siglo, saber que este texto, fue uno de los pilares en que se fundó la filosofía de la biología, porque ante la magnitud de estas aseveraciones, las respuestas de los que en esa época eran los expertos no se dejaron esperar.

donde se dijo que la biología no tenía leyes y por lo tanto no gozaba del carácter de ciencia como si lo tenía la física y la química.

Shaffner (1993) en su libro sobre explicación y descubrimiento, denuncia una visión muy estrecha en los análisis de los filósofos, sobre la estructura de las teorías en biología y medicina, que además usaron para ello ejemplos muy simples de bioquímica, genética elemental y esquemas sobre-simplificados de genética de poblaciones. Explícitamente no lo consigna este filósofo, pero en su texto se percibe que su apreciación, sobre la concepción semántica de las teorías científicas con énfasis en biología y medicina son un despropósito, porque se busca una forma de caracterizar y “legitimar” las teorías biomédicas, para ajustarlas a un análisis al estilo de la física y la química, que realmente empobrecería y haría perder el rumbo metodológico de la investigación biomédica actual (Shaffner, 1993).

Una excelente descripción hace Germán Guerrero-Pino (2005), en su tesis doctoral del enfoque semántico de las teorías cuando afirma: “la esencia del enfoque es: las teorías científicas quedan mejor comprendidas como conjuntos de modelos, en el sentido matemático abstracto, que como conjunto de enunciados”.

A partir de ahora mucho de lo expresado por Elisabeth Lloyd (1984), en su ensayo sobre la aproximación semántica a la estructura de la genética de poblaciones. De acuerdo a ella, la aproximación semántica de la estructura de una teoría, especifica ciertas clases de sistemas idóneos en las teorías científicas, pues son usados en explicaciones científicas a partir de otros sistemas, pero ya en el mundo natural. La visión semántica ofrece una manera formal de analizar estos sistemas, los cuales normalmente son entendidos como estructuras matemáticas. Para describir formalmente estas estructuras hay dos aproximaciones, una es la teoría de predicados o estructuras de conjuntos y la otra es la aproximación de espacio de estados desarrollada por Frederick Suppe (1989) y Bastian van Fraassen (1980).

Resumiremos los postulados de E. Lloyd (1984), en cuanto al enfoque semántico de la estructura de las teorías, así como una réplica muy aclaratoria que hace posteriormente (1988a). Según Lloyd la visión semántica de la estructura de las teorías desarrollado para Suppes, Suppe y van Fraassen, representa las teorías como clases de modelos o estructuras. Estos modelos son definidos por sus leyes, parámetros y variables. La aproximación semántica de la estructura de las teorías, simplemente es un método para formalizar el contenido de las teorías científicas. Como lo expresa ella coloquialmente, un teórico del enfoque semántico diría: “denme una descripción científica de un sistema –el que sea- y yo prefiero representar el sistema en términos del significado de su estructura”.

Las teorías científicas son especificaciones de ciertas clases de sistemas para describir el mundo. En realidad en el mundo existen los sistemas naturales, que luego del proceso de las explicaciones científicas tendremos los sistemas ideales que son especificados por la teoría científica. La versión semántica ofrece una aproximación formal para analizar estos sistemas que son entendidos usualmente como estructuras matemáticas (Lloyd, 1984; 1988a).

La aproximación de espacio de estados describe las estructuras como configuraciones de ciertos espacios matemáticos. En términos generales una estructura presentada como una teoría, entendida ésta como la representación de un fenómeno empírico, es un modelo de teoría que satisface los teoremas de la teoría. Ya en la definición semántica el conjunto de

oraciones que son los teoremas de una teoría, no están definidos en relación al conjunto de axiomas, sino directamente por la clase de estructuras. Para cualquier lenguaje dado L , los teoremas de la teoría en L son las frases de L las cuales satisfacen todas las estructuras, siendo las referencias a la sintaxis innecesaria. Los modelos reflejados en la teoría matemática de la evolución de estados de un sistema dado, son de dos tipos aislamiento e interacción, que suceden a través del tiempo. Esta selección es lograda al concebir un sistema ideal capaz de presentar ciertos estados – los estados representados por elementos de cierto espacio matemático, el espacio de estados. Ahora bien las variables usadas en cada modelo matemático, representan varias magnitudes físicas potencialmente cuantificables o medibles. Cualquier configuración particular de valores de estas variables es el estado del sistema, y el espacio de estado o “el espacio de fases” será la colección de todas las posibles configuraciones de las variables. La teoría en sí misma representa el comportamiento del sistema en términos de sus estados; las leyes o reglas de la teoría (coexistencia, sucesión o interacción), pueden delinear varias configuraciones o trayectorias en el espacio de estados. La descripción de la estructura de una teoría en este sentido, es más bien la descripción del conjunto de modelos presentados por la teoría. La construcción de un modelo dentro de una teoría implica asignar una localización en el estado de espacios de la teoría a un sistema de una clase definida por la teoría. Dos aspectos principales definen el modelo, uno el estado de espacio puede ser definido asignando variables y parámetros dentro del sistema que se describirá; luego definir las leyes de coexistencia (describen la estructura del sistema) y leyes de sucesión (describen los cambios en la estructura del sistema). Se pueden usar los vectores como entidades matemáticas para representar estos estados, siendo la colección de todos los posibles valores de cada variable asignada a un lugar en el vector, será el estado de espacio del sistema. El sistema y sus estados pueden tener una interpretación geométrica: las variables en la descripción del estado (variables de estado), serían los ejes de un espacio cartesiano y el estado del sistema en cualquier tiempo, puede ser representado como un punto en tal espacio por la proyección dentro de los ejes.

Para entender mejor estas aseveraciones, usemos unas imágenes volumétricas para graficar estos conceptos, en una versión libre a nuestro modo. En un sistema n -dimensional tendremos muchas dimensiones, pero para efectos prácticos las concebiremos en un espacio cartesiano, donde las tres componentes principales X , Y y Z están agrupando toda la variabilidad n -dimensional. Esos tres ejes X , Y y Z representarán las Variables de Configuración y definen el Estado del Sistema, que estaría delimitado por todos los puntos, que graficaríamos en una superficie o volumen tridimensional dentro de ese espacio 3D. Cada configuración particular es un punto con las respectivas n -coordenadas polares de cada eje, corresponde al Estado del Sistema, pero todas las configuraciones posibles de variables definen el Espacio de Estado (toro, cono, embudo, silla de montar, etc). Estas configuraciones de estructura son impuestas por las leyes de la teoría y son constituyentes de la misma. En diferentes topologías del Espacio de Estado, las leyes y reglas pueden delinear varias configuraciones y trayectorias en el Espacio de Estados (toro, embudo, etc), siendo la teoría en sí misma la que describe el comportamiento del sistema en término de sus variables de estado. De acuerdo a las figuras, es notable que aunque existe una trayectoria isomórfica en los tres modelos teóricos, si nos saliéramos un poco de tal delineamiento, las leyes dejarían de funcionar. Con ello deseamos recalcar que nuestro

panorama epistémico y experimental, nuestro modelo es un relicto pequeño de la estructura y significado de la teoría que idealmente estuviera descubriendo el patrón de la realidad.

Con todas estas disquisiciones Lloyd llega a la conclusión, aplicando el modelo semántico a la genética de poblaciones, que es erróneo el seleccionismo genético (1988), puesto que existe una seria inadecuación descriptiva, para las dimensiones del estado de espacio³² en

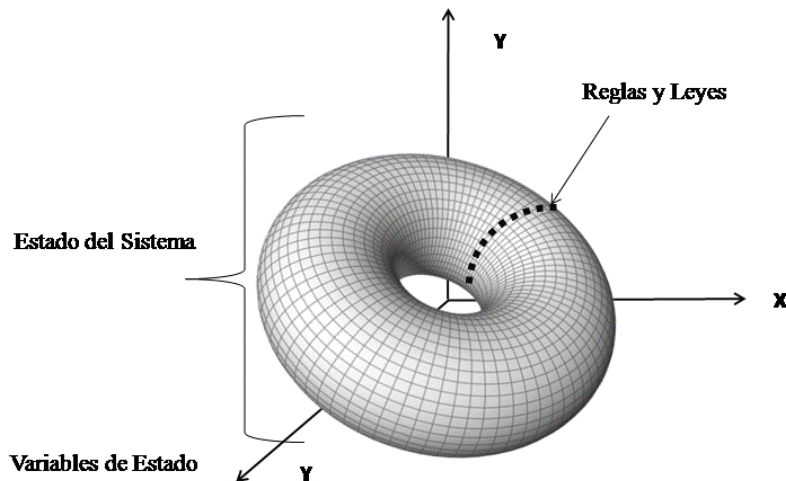


Figura 1. Representación geométrica del Enfoque Semántico de la Estructura de las Teorías Científicas. X, Y y Z representan las Variables de Estado, que definen por los puntos graficados (nodos de las retículas) en la superficie o volumen 3D, constituyen el Estado del Sistema (para este caso se trata de un toro).

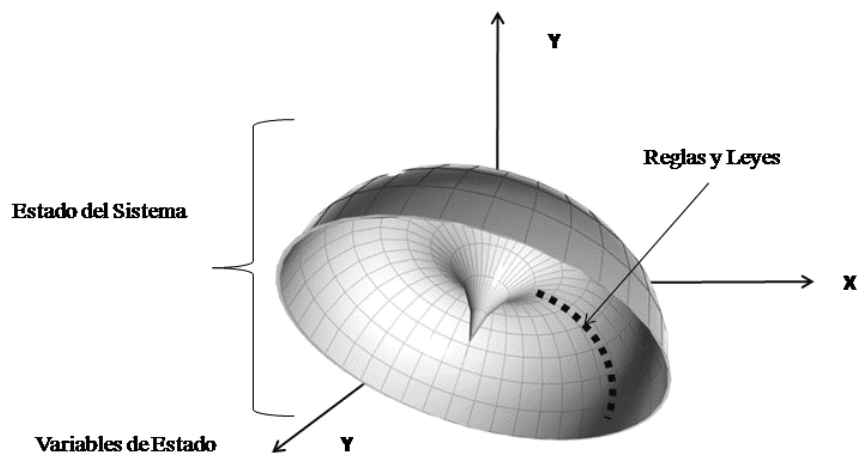


Figura 2. Representación geométrica del Enfoque Semántico de la Estructura de las Teorías Científicas y la Derivación de una estructura a partir de una pre-existente. Una configuración entre todas las posibles, es un toro seccionado horizontalmente. Esta configuración define el Espacio de Estado de todas las formas probables (toro, embudo, cono, silla de montar, etc).

³² Para una población con dos alelos y dos loci, se requeriría una dimensionalidad de nueve; mientras que con 3 alelos y 3 loci debería ser descrito en un espacio de 336 dimensiones.

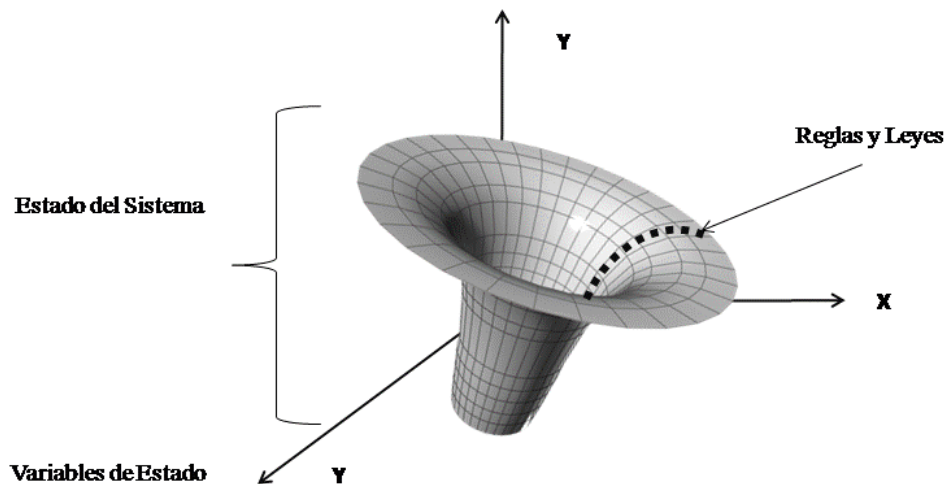


Figura 3. Representación geométrica del Enfoque Semántico de la Estructura de las Teorías Científicas con énfasis en leyes y reglas. Si de la sección horizontal del toro, se hace un estiramiento en su eje mayor y se abre más el radio del centro, tendremos la configuración de embudo representada acá, la cual define una forma más de las posibles del Espacio de Estado. Las configuraciones de cada estructura son gobernadas por las leyes de la teoría, que a su vez las constituyen. En diferentes topologías del Espacio de Estado, las leyes y reglas pueden delinear varias configuraciones y trayectorias, que son las líneas punteadas recorriendo ciertas superficies de las figuras volumétricas en el Espacio de Estados (toro, embudo, etc), siendo la teoría en sí misma la que describe el comportamiento del sistema en término de sus variables de estado. Tanto en las figuras 1 y 2, en 3 las leyes y reglas (líneas punteadas), están delineando unas trayectorias que son muy similares (una línea curva en la superficie en un sector específico de las topologías), pero la morfología de la superficie en general (más allá de las leyes y las reglas) no es igual. En este caso podría postularse que las estructuras de las teorías en 1, 2 y 3, son muy diferentes (toro, toro seccionado y embudo), sin embargo no habríamos conocido su real significado sino nos estuviéramos ateniendo a los modelos limitados a las leyes y reglas establecidas. Finalmente las teorías pueden ser derivadas unas de otras (del toro se derivó el embudo con modificaciones).

porque matemática y teóricamente es intratable, una descripción genética de una población para organismos con miles de *loci*. Entonces según el enfoque semántico se sabe por qué y cómo los modelos de selección genética son empíricamente inadecuados, por lo cual la discusión sobre las unidades de selección en evolución requiere una formulación distinta (1988).

Organización, Biología de Sistemas y Evolución

Si intentáramos desensamblar las piezas constitutivas de la maquinaria de los organismos vivos, muy probablemente no encontraríamos algo especial respecto a las respuestas, sobre cómo en verdad funcionan los seres vivos. Como decía el Papa Alexander “Como la vida sigue a la vida en las criaturas que tu diseas, tú la pierdes en el momento de detectarla” (Lewontin, 2009). La concepción de organismos vivos como máquinas viene desde Descartes y además de esa vena histórica, nos provienen los modelos explicativos de tipo mecanicista (Bechtel, 2005). Con esa ancestría en la mecánica y las causas finales, fue que nuestras alusiones a los seres vivos se tornaron teleológicas, buscando explicaciones de este tipo a la existencia de mecanismos en biología y medicina (Shaffner, 1993).

Pero resulta que los seres vivos son algo más que ensamblados moleculares, de células y de tejidos, están constituidos de estructuras complejas y además, se organizan en poblaciones y comunidades igualmente formando patrones muy complejos (Lewontin, 2009). Por eso la

otra *nueva dirección* que debe tomarse entre los nuevos y excitantes desafíos de la filosofía de la biología.

Los sistemas complejos tienen propiedades que colocan constricciones en la organización y selección. Estas propiedades son tanto dinámicas como estructurales, y dan origen a la auto-organización y lo que resulta más importante, generan cambio evolutivo independientemente de la selección natural. Los sistemas pueden ser ordenados o caóticos, pero en la interfase – justamente en el borde del caos- subyace una estrecha banda de inestable orden que los sistemas complejos ocupan, y la auto-organización y la evolución toman lugar dentro de esa pequeña zona. El comportamiento de los sistemas en la banda en el borde del caos es dramáticamente alterado, por pequeñas perturbaciones porque ellos son inestables y no están bien ordenados. Los sistemas que están fuertemente ordenados – lejos del borde del caos- responden sólo escasamente a perturbaciones menores. Pero se presenta una encrucijada, la posibilidad de cambio requiere que el sistema no esté bien organizado, y ahora bien, la posibilidad de control sobre el cambio requiere que el sistema sea caótico (Thompson, 2000). Por todo ello, la adaptación de sistemas complejos (como los seres vivos), resulta ser la adaptación a condiciones en el borde del caos.

Aún cuando en la teoría evolutiva es casi herético, hacer alusión al concepto de “complejidad en progreso”, o sus equivalentes coloquiales como “desde la bacteria hasta el hombre”; existen serios estudios en la evolución de la complejidad biológica mostrando que estas ideas no son tan descabelladas ni antropocentristas. Mark A. Bedau (2009) en su capítulo “The Evolution of Complexity” expresa que la evolución de la biosfera exhibe una tendencia al incremento en complejidad de los organismos, aunque realmente no sabemos cómo medir esa complejidad, deberíamos reconocer al menos que las más tempranas células procariotas que se originaron en la tierra, fueron más simples que las formas multicelulares vivas que vinieron después. Se reconoce además que es un terreno muy controversial, el saber cómo interpretar y explicar la mencionada tendencia a la complejidad e incluso, la forma correcta de describirla con propiedad, Bedau (2009) desea defender que tal tendencia no ha sido adecuadamente explicada y constituye uno de los mayores desafíos para el entendimiento de los fenómenos biológicos. Uno de los puntos álgidos por explicar es si puede establecerse la certidumbre, respecto a la hipótesis de la flecha de complejidad, que pueda explicar la tendencia observada en el incremento de la complejidad de los organismos. Al parecer recurriendo a los mecanismos como la selección natural y un infinito espacio de posibilidades genéticas, podría aún ser necesarios ajustes adicionales, porque los modelamientos hechos en computador mediante vida artificial no son suficientes (Bedau, 2009). Aunque el autor piensa que la biología necesita nuevos conceptos, teorías y modelos para resolver el asunto de la hipótesis de la flecha de complejidad; en nuestro criterio debe esperarse por un desarrollo ulterior en las interfases de la biología computacional de tipo no lineal, en asociación con modelamientos de ecología matemática, porque tenemos la ligera impresión que este nuevo terreno (evolución de la complejidad), está siendo implementado y liderado por matemáticos, físicos y profesionales sin una buena dosis de “prejuicios biológicos”, sobre todo los de tipo de ecología evolutiva tan necesarios para percibir una complejidad del mundo viviente *in situ*.

Evelyn Fox Keller (2009) en su ensayo “Self-Organization, Self-Assembly, and the Origin of Life”, hace énfasis en que el papel del concepto de “auto-organización”, en la biología

evolutiva y del desarrollo ha sido determinante. Fox Keller cuenta que Kant, fue el primero en haberlo usado para caracterizar los organismos vivos, pero ya en el siglo XX fue reintroducido por los físicos y matemáticos, quienes trabajaban con mecánica estadística y termodinámica en sistemas de no-equilibrio, para describir fenómenos como la turbulencia y las tormentas, con la explícita esperanza que tales análisis aportaran un entendimiento de las entidades biológicas, por fuera de los precursores físicos y mecánicos, así como entender el origen de la vida (Keller, 2009). A diferencia de la corriente determinista en la biología (eso denuncia Evelyn Fox Keller), ella piensa que el origen de la vida se explica mejor recurriendo al concepto de auto-organización y autoensamblaje (menciona lo fascinante del proceso que ocurre en virus).

En años recientes tras la llegada de la genómica (análisis a gran escala de muchos genes), la proteómica (igualmente para proteínas y sus modificaciones postraduccionales), y los software computacionales adjuntos a estas maneras de estudiar la realidad biológica, apareció la denominada Biología de Sistemas. Que definen Klipp y colaboradores (2005) como el estudio coordinado de los sistemas biológicos por 1) investigación de los componentes de redes celulares y sus interacciones, 2) aplicación experimental a técnicas de alto rendimiento y análisis de genomas completos, y 3) la integración computacional con los esfuerzos experimentales (Klipp *et al.*, 2005).

Como lo indica su nombre la biología de sistemas, estudia los seres vivos al nivel de sistemas, cuyos estudios han sido posibles por los progresos en biología molecular, genómica, ciencia computacional y otros campos que apuntan a entender la complejidad de los sistemas (Choi, 2007). Uno de los gurús de la biología de sistemas Hiroaki Kitano (2007), arguye que el entendimiento de la robustez³³ de los sistemas biológicos, y los principios escondidos en tales fenómenos son críticamente importantes, para establecer las directrices y los fundamentos teóricos de la biología de sistemas, no sólo en la investigación básica, sino también en estudios clínicos y descubrimiento de nuevos fármacos (Kitano, 2007).

Igualmente para Kitano (2007) la robustez es un principio fundamental de organización, por cuatro razones fundamentales: 1) es observada de manera ubicua en todos los sistemas biológicos; 2) la robustez y la evolución están estrechamente acopladas, porque la robustez contra perturbaciones ambientales y genéticas son esenciales para la evolución y subyacen en las bases de la evolución; 3) es un carácter propiamente observado al nivel de sistemas, pues se pierde cuando se busca en sus componentes unitarios, y 4) las enfermedades pueden ser manifestaciones de los costos entre la robustez y la fragilidad que son inevitables en los sistemas que evolucionan. Hallamos pues una íntima relación entre estas aproximaciones y las relacionadas con la evolución de la complejidad, pero ahora con la salvedad metodológica que contamos con mejores herramientas, tanto experimentales como filosóficas para abordar problemas esenciales de la biología.

Tal vez la biología de sistemas contemporánea es una ciencia tan vigorosa y exitosa, porque tal vez hace una combinación sin precedentes, de la biología³⁴ con una gran cantidad de

³³ Robustez es la estabilidad o insensibilidad de las funciones biológicas ante distintas perturbaciones.

³⁴ Los desarrollos más recientes son tan grandes que desde el mismo terreno se están reclamando como una ciencia aparte (Westerhoff y cols. 2009), en donde reclaman que la Biología de Sistemas, no funciona con

otras ciencias, como física con ecología, matemáticas a medicina, y de la lingüística con la química; que al estar en la interfase de diferentes disciplinas, tiende a resumirlas cuando las está implementando y por lo tanto, las termina trascendiendo incluso al nivel de la ciencia misma, para lograr de pronto respuestas a preguntas de fundamentos netamente filosóficos, como la del tipo ¿qué es la vida? (Boogerd *et al.*, 2007).

Aunque epistémica y filosóficamente hablando, podría ser la biología de sistemas el peldaño que haría a la biología una ciencia tan “dura” como lo llegó a ser la física a principios del siglo XX, del mismo modo existen algunas preocupaciones en cuanto a las implicaciones económicas de multinacionales. Cynthia Stokes y Adam Arkin (2007) comentan que el interés y el compromiso de la industria en la biología de sistemas, implica esfuerzos en modelar y organizar redes de trabajo a nivel mundial, aunque con ciertas variaciones porque los intereses están concentrados por ahora en farmacéutica y biotecnología, aunque también existen esfuerzos en industria nutracéutica, químicos para agricultura e industria de bioprocesos.

Con la aparición de la teoría evolutiva gracias al papel protagónico de su creador Charles Darwin, hemos ido por una serie de disciplinas tanto humanísticas como científicas, definiendo los puntos que potencialmente son útiles para ir construyendo o mapeando la realidad del mundo viviente. Llegamos al final a la biología de sistemas, que aun cuando parece vislumbrarse una fase de madurez científica, con todas las condiciones que han exigido los filósofos, sociólogos e historiadores de la ciencia, es importante tener una actitud crítica y precautoria para no ir a causar un desastre natural o en la humanidad, como sucedió con la cumbre de la mecánica cuántica y el desarrollo irracional de la bomba atómica.

Filósofos de la talla intelectual de Philip Kitcher (2001), biólogos como Richard Lewontin (1984) y otros intelectuales, pensadores y personajes con poder de decisión, se han dedicado durante años a tender un puente entre los ciudadanos, la sociedad y la ciencia. Ese puente tiene que seguirse abriendo más, ahí hemos de encontrar las conceptualizaciones filosóficas que crean ideas con acciones correctas. Ese nexos históricamente ya nos lo marcó Darwin, al estar él en una vida dedicada a la reflexión juiciosa, sobre las implicaciones en la sociedad de sus investigaciones. Apenas ahora estamos en el umbral de las explicaciones científicas maduras, gracias a que hemos aprendido a rechazar (parafraseamos a William Wimsatt, 2007), la pantomima que los filósofos analíticos hicieron de la filosofía de la ciencia, al intentar entender el mundo fragmentándolo en sus partes más pequeñas. Porque los pensadores de las “ciencias darwinistas” ahora poseen otras alternativas al reduccionismo simplista. Ya no tenemos que estar perdidos buscando en el desierto de la ontología de W.V.O. Quine, sino en el bosque húmedo tropical que nos traza Wimsatt. Como muy bien lo consigna en el título de su libro, el profesor de biología evolutiva y

viejos o nuevos paradigmas de la física y biología molecular (como la simplicidad de la cuchilla de Occam o la relación mínima energía/máxima eficiencia. Que la Biología de Sistemas tampoco requiere converger con la Biología, aunque necesita una colección de datos de la misma, está generando leyes cuantitativas (conectividad, “summation” y regulación –entre vías metabólicas y expresión génica- por mencionar las principales), que le están aportando principios fundamentales para nuevos descubrimientos en curso, y que le dan identidad propia por lo cual los autores, la definen como una ciencia aparte de estudiar los elementos y principios de la vida.

filosofía de la Universidad de Chicago, “Re-ingeniería de la filosofía para los seres limitados. Aproximaciones a una realidad a trozos” (Wimsatt, 2007), se trata que ahora estamos en capacidad de aproximarnos a la realidad de los seres vivos apenas por fragmentos y toda esa filosofía toca ir la re-inventando, construyendo y adaptando a los nuevos desarrollos. Con esperanza avizoramos un mayor desarrollo de los enfoques semánticos en la estructura de la teoría evolutiva, en íntima correlación con los avances de la biología de sistemas, que en una visión netamente amateur, sería como la formulación matemática y de complejidad con más compaginación a un Espacio de Estados con sentido, es decir, perfectamente compatible con la visión semántica. Se percibe un panorama al final más vasto, complejo y tupido de detalles que lo supuesto en un pasado, sin embargo, las posibilidades tal vez nunca fueron tan fértiles y esperanzadoras para la ciencia biológica. Ahora compete a nosotros los científicos aprender a tener opiniones formadas en otras disciplinas, porque las decisiones serán tomadas con base en nuestras recomendaciones. Ya no podremos continuar aislados en nuestros preciosos trabajos naturalistas o del laboratorio, la realidad a trozos se teje desde nuestra práctica científica, cuando hacemos las representaciones y publicamos los artículos, cuando expresamos nuestras expertas sugerencias, cuando simplemente vivimos como científicos en esta realidad tejida a retazos de tantas disciplinas, que nos permean y en donde todos así no lo queramos, estamos haciendo un papel dentro de la gran Red de Actores que es la Sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a la Profesora Sonia del Pilar Agudelo, Jefa Departamento de Microbiología y Parasitología y al Dr. Elmer Gaviria Decano de la Facultad de Medicina en la Universidad de Antioquia, por su apoyo administrativo a esta iniciativa académica e investigativas, que implica cierta divergencia del terreno normalizado de acción. Especialmente una revisión crítica constructiva agradezco al Dr. Adolfo Peña del Birmingham Medical Center (Alabama, USA). A Felipe Guevara estudiante de mi curso de posgrado “Pensamientos Recombinantes: Mecanismos, Explicación y Descubrimiento en Biología y Medicina”, por sus sugerencias en sintáxis y significado. José Usme-Ciro mi estudiante de PhD me hizo aportes importantes en la parte de robustez y evolución. A Germán Guerrero Pino Profesor de la Escuela de Filosofía de la Universidad del Valle, porque su trabajo en el mencionado curso, aportó disquisiciones decisivas para construir esta propuesta. Germán hizo una revisión juiciosa sobre la aproximación semántica de las teorías científicas, brindándome asesoría idónea y sugiriéndome correcciones pertinentes, en un tema que particularmente es muy especializado. A Karina Edith Motato Profesora de la Facultad de Química Farmacéutica (Universidad de Antioquia), hizo una lectura juiciosa y crítica de todo este documento, sugiriendo modificaciones claves para hacerlo menos inmaduro. Carlos Arturo Soto Lombana de la Facultad de Educación, y del Posgrado en Educación en Ciencias Experimentales de nuestra Alma Mater, hizo preguntas que ayudaron a esclarecer este trabajo. Igualmente al Dr. Sergio Martínez del Instituto de Filosofía de la Universidad Nacional Autónoma de México, ayudó a moldear este ensayo en su esencia. Felipe Uribe de Scream Noise Design hizo un trabajo de maquetación y diseño gráfico, que la claridad semántica agradece porque experimentó una propiedad emergente fuera del ruido de las palabras. Finalmente a la Dra. Elisabeth Lloyd de Indiana

University por las preguntas tan “obvias” que le hice pero me respondió tan amablemente. Colciencias ha facilitado este tipo de trabajo docente e investigativo, al ofrecer indirectamente espacios alternos al investigador principal de sus proyectos financiados (1115-04-18079, 111540820511, 111545921525, y 111549326198), pues el apoyo económico lo coloca en unas condiciones privilegiadas en la comunidad universitaria (en una Red de Actores al estilo de Bruno Latour), permitiendo la generación de productos como el presente que surgen de reflexiones juiciosas a partir del trabajo experimental del laboratorio, que sin esos proyectos Colciencias no hubiera sido posible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBEROUSSE, A., MORANGE, M., PRADEU, T (editors). Mapping the Future of Biology. Evolving Concepts and Theories. Berlin: Springer; 2009.

BECHTEL, W. Discovering Cell Mechanisms. Cambridge: Cambridge University Press; 2005.

BEDAU, M.A. The Evolution of Complexity. Chapter 8. En: Barberousse *et al.*, Mapping the Future of Biology. Evolving Concepts and Theories. Berlin: Springer; 2009.

BOOGERD, F.C., BRUGGEMAN., HOFMEYR, J-H.S., WESTERHOFF, H.V. Towards philosophical foundations of Systems Biology: introduction. En: Boogerd, F.C., Bruggeman, F.J. Systems Biology. Philosophical Foundations. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier; 2007.

BOGHOSSIAN, P.A. Fear of Knowledge Against Relativism and Constructivism. Oxford: Oxford University Press; 2006.

BOWLER, P. El viaje del Beagle. En: Martínez S, et al., Filosofía e historia de la biología. México D.F.: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, 2001.

BOWLER, P., MORUS, I.R. Panorama general de la ciencia. Barcelona: Editorial Crítica; 2005.

BULLER, D.J. Evolutionary Psychology: A Critique. Chapter 10. En: Sobber, E (editor). Conceptual Issues in Evolutionary Biology. Massachusetts: MIT Press; 2006. p. 197-214.

BULLER, D.J. The four fallacies of pop evolutionary psychology. En: Scientific American Magazine. January, 2009. vol. 300, no. 1, 74–81.

CANGUILHEM, G. On the normal and pathological. Holand/Boston: D. Riedel Publishing Company; 1966.

CHOI, S (editor). Introduction to Systems Biology. New Jersey: Humana Press Inc; 2007.

CHRISTIE, J.R.R. El desarrollo de la historiografía de la ciencia. En: Martínez S, Guillaumin, G. Historia, Filosofía y Enseñanza de la Ciencia. Compiladores. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2005. p. 43-65.

- CRAVER, C.F. *Explaining the Brain. Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience.*
- DARDEN, L. *Reasoning in Biological Discoveries. Essays on Mechanisms, Interfield Relations, and Anomaly Resolution.* Cambridge: Cambridge University Press; 2006.
- DARWIN, C. *El origen de las especies.* Madrid: Sarpe, 1983 (1859).
- DAVIES, P.C.W., BROWN, J. *Superstrings: A Theory of Everything?.* Cambridge: Cambridge University Press; 1992.
- DELEUZE, G., GUATTARI. *¿Qué es la filosofía?.* Barcelona: Editorial Anagrama. 1991.
- ECHEVERRÍA, J. *Propuestas para una filosofía de las prácticas científicas.* En: Esteban, J.M., Martínez, S. *Normas y Prácticas en la Ciencia.* (compiladores). México: UNAM-Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2008. p. 129-150.
- FULLER, S. *The New Sociological Imagination-* London: SAGE Publications; 2006.
- FUTUYMA D. *Evolution.* 2nd Edition. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers; 2009.
- GALLEGO-GÓMEZ, J.C. *¿Darwin: observador, hereje o revolucionario?.* Revista Lasallista de Investigación. Enero-Junio, 2009. Vol.6 (1): 83-91.
- GALLEGO-GÓMEZ, J.C. *Neurobiología, Filogenia y Teoría del Caos.* Revista Colombiana de Psiquiatría, 2004; sup. 1. (33): 25S-36S.
- GODFREY-SMITH, P. *Theory and Reality.* London: University of Chicago Press; 2003.
- GOULD, S.J. *The Structure of Evolutionary Theory.* Cambridge, Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press; 2002.
- GUERRERO-PINO, G. *Enfoque Semántico de las Teorías, Estructuralismo y Espacio de Estados: Coincidencias y Divergencias (Tesis de Doctorado).* Madrid: Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia, Facultad de Filosofía, Universidad Complutense de Madrid; 2003.
- GUERRERO-PINO, G. *Introducción a la filosofía de la ciencia.* Documentos de trabajo. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle; 2009.
- GUILLAUMIN, G. *El desarrollo de la metodología de la vera causa en el siglo XIX.* Martínez S, et al., *Filosofía e historia de la biología.* México D.F.: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, 2001.
- GUTTING, G (editor). *The Cambridge Companion to Foucault, Second Edition.* Cambridge: Cambridge University Press; 2005.
- HACKING, I. *Representing and Intervening. Introductory topics in the philosophy of natural science.* Cambridge: Cambridge University Press 1983.

HAY, J.M., SUBRAMANIAN, S., MILLAR, C.D., MOHANDESAN, E., LAMBERT, D.M. Rapid molecular evolution in a living fossil. *Trends in Genetics*, (24) 3: 106-109, 2008

HENRY, J. *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*. Second edition. New York: Palgrave Macmillan; 2002.

HULL, D. 1999. Uncle Sam wants you. Review of M. Ruse, *Mystery of mysteries*. Is evolution a social construction? *Science* 284: 1131–33.

HULL, D. L. *Darwin and His Critics: The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1973, reimpresión en 1983.

HULL, D., RUSE, M. *The Cambridge Companion to the Philosophy of Biology*. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.

KELLER, E.F. Self-Organization, Self-Assembly, and the Origin of Life. Chapter 9. En: Barberousse et al., *Mapping the Future of Biology. Evolving Concepts and Theories*. Berlin: Springer; 2009.

KITANO, H. *Scientific Challenges in Systems Biology*. En: Choi, S. *Introduction to Systems Biology*. New Jersey: Humana Press Inc; 2007.

KITCHER, P. Giving Darwin his due. En: *The Cambridge Companion to Darwin*. Cambridge: Cambridge University Press; 2009. p. 455-476.

KITCHER, P. *Philosophy of biology*. En: JACKSON, Frank y SMITH, Michael. *New York: The Oxford Handbook of Contemporary Philosophy*, Oxford University Press, 2005. 904 p.

KITCHER, P. *Science, Truth and Democracy*. Oxford: Oxford University Press; 2001.

KITCHER, P. *The advancement of science. science without legend, objectivity without illusions*. New York: Oxford University Press; 1993.

KITCHER, P. *Vaulting Ambition: Sociobiology and the Quest for Human Nature*. Massachussets: Springer; 1987.

KITCHER, P., SALMON, W.C.M.(editors). *Scientific Explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1989.

KLEMKE, E.D., HOLLINGER, R., RUDGE, D.W. *Introductory readings in the philosophy of science*. New York: Prometheus Books; 1998.

KLIPP, E., HERWIG, R., KOWALD, A., WIERLING, C., LEHRACH, H. *Systems Biology in Practice Concepts, Implementation and Application*. GmbH, Weinheim: Wiley-VCH Verlag; 2005.

KNOBE, J., NICHOLS, S. *Experimental Philosophy*. New York: Oxford University Press; 2008.

KUHN, T.S. *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México: Fondo de Cultura Económica; 2006.

- LATOUR, B., WOOLGAR, S. *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University Press; 1979.
- LATOUR, B. *Reassembling the Social. an introduction to actor-network-theory*. New York: Oxford University Press; 2005
- LAUDAN, R. La “nueva” historia de la ciencia: implicaciones para la filosofía de la ciencia. En: Martínez S, Guillaumin G. compiladores. *Historia, Filosofía y Enseñanza de la Ciencia*. México: Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM; 2005. p. 121-30.
- LEWONTIN, R.C. *Carving Nature at its Joints?*. Foreword. En: Barberousse, A., Morange, M., Pradeu, T (editors). *Mapping the Future of Biology. Evolving Concepts and Theories*. Berlin: Springer; 2009. p. v-vii.
- LEWONTIN, R.C., *Realidades y Ficciones en las Ciencias Naturales*. En: Martínez S, et al., *Filosofía e historia de la biología*. México D.F.: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, 2001. p- 107-122.
- LEWONTIN, R.C., ROSE, S.L., KAMIN, J. *No está en los genes. Crítica del racismo biológico*. Barcelona: Editorial Crítica; 1984.
- LLOYD, E. 1984. *A Semantic Approach to the Structure of Population Genetics*. *Philosophy of Science*, 51 (2): 242-264.
- LLOYD, E. 1988a. *The Semantic Approach and its application to Evolutionary Theory*. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 2: 278-285.
- LLOYD, E. *The Structure and Confirmation of Evolutionary Theory*. Connecticut: Greenwood Press; 1988. New Jersey: Princeton University Press; 1994.
- LYOTARD, J.F. *The Postmodern Condition: A Report of Knowledge*. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1984.
- MACHAMER, P., SILBERTEIN, M. *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*. Malden, Massachusetts: Blackwell Publishers Ltd; 2002.
- MACHAMER, P.; DARDEN, L., CRAVER, C.F. *Thinking about mechanisms*. En: *Philosophy of Science*. March, 2000. vol. 67, no. 1, p. 1-25.
- MATTHEN, M; STEPHENS, C. *Philosophy of Biology*. Amsterdam: North-Holland Elsevier BV; 2007.
- MAYR, E. *¿Cómo escribir historia de la biología?*. En: Martínez S, et al., *Filosofía e historia de la biología*. México D.F.: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, 2001. p- 61-81.
- MAYR, E. *What Makes Biology Unique?. Considerations on the autonomy of a scientific discipline*. Cambridge: Cambridge University Press; 2004.
- MERTON, R.K. *Teoría y Estructura Sociales*. México: Fondo de Cultura Económica; 1968, 2002.
- MORANGE, M. 1998. *A history of molecular biology*. Cambridge, MA: Harvard

University Press.

O'MALLEY, M.A., NICHOLSON, D.J. Philosophy of Biology of Brian Garvey. Disponible en Notre Dame Philosophical Reviews 2008.10.21. URL: <http://ndpr.nd.edu/>

ROSENBERG A, ARP R. The Philosophy of Biology. Massachusetts: Blackwell Publisher; 2009.

ROSENBERG, A. Biology. En: Psillos S, Curd M, editors. The Routledge Companion to the Philosophy of Science. London & New York: Routledge Taylor and Francis Group; 2008. p 511-519.

ROSENBERG, A., McSHEA, D.W. Philosophy of Biology. A Contemporary Introduction. London & New York: Routledge Taylor and Francis Group; 2008.

RUSE, M. Charles Darwin. Malden: Blackwell Publishing, USA; 2008.

RUSE, M. editor. Philosophy after Darwin. New Jersey: Princeton University Press; 2009.

RUSE, M. Mystery of mysteries. Is Evolution a Social Construction?. Cambridge: Harvard University Press; 1999.

SANTESMASES, M.J. Conceptos, instrumentos, contextos: historiografía de la biología molecular. En: Martínez S, Guillaumin G. compiladores. Historia, Filosofía y Enseñanza de la Ciencia. México: Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM; 2005. p. 147-174.

SHAFFNER, K. Explanation and Discovery in Biology and Medicine. Chicago and London: The University of Chicago Press; 1993.

SMART, J.J.C. Philosophy and Scientific Realism. London: Routledge and Kegan Paul Ltd., 1963.

SOBER S. Philosophy of Biology. 2nd Edition (Dimensions of Philosophy). Boulder, Colorado: Westview Press; 2000.

SOBER S. Simplicity. London: Oxford University Press, 1975.

SOLÍS-SANTOS, C. Una Revolución del Siglo XX. En Kuhn, T. La Estructura de las Revoluciones Científicas. México: Fondo de Cultura Económica; 2006. p. 9-43.

STEGMANN, U. Review of Brian Garvey's Philosophy of Biology. Brit. J. Phil. Sci. (2009), 1–2.

STOKES, S., ARKIN, A. Modeling and Network Organization. En: Cassman, M., Arkin, A., Doyle, F., Katagiri, F., Lauffenburger, D., Stokes, C. Systems Biology. International Research and Development. Dordrecht, The Netherlands: Springer; 2007.

STRIEDTER, G.F. Principles of Brain Evolution. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates; 2004.

SUÁREZ, E. La historiografía de la ciencia. En: Martínez S, Guillaumin G. compiladores. Historia, Filosofía y Enseñanza de la Ciencia. México: Instituto de

Investigaciones Filosóficas-UNAM; 2005. P. 17-42.

SUPPE, F. *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. Urbana and Chicago: University of Illinois Press; 1989.

THAGARD, P. *The darwinian revolution*. En: *Conceptual revolutions*. New Jersey: Princeton University Press, 1992.

THOMPSON, P. *Biology*. En: Newton-Smith WH, (editor). *A Companion to the Philosophy of Science*. Massachusetts: Blackwell Publisher; 2000. p. 16-25.

VAN FRAASSEN, B.C. *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press and Oxford University Press; 1980.

WEBER, M. *Philosophy of Experimental Biology*. Cambridge, New York: Cambridge University Press; 2005.

WESTERHOFF, H.V., WINDER, A., MESSIHA, H., SIMEONIDIS, E., ADAMCZYKA, M., VERMA, M., *et al.*, *Systems Biology: The elements and principles of Life*. 2009; 583: 3882–3890.

WHITE, K. *An Introduction to the Sociology of Health and Illness*. London: SAGE Publications; 2005.

WIMSATT, W. *Re-Engineering Philosophy for Limited Beings. Piecewise Approximations to Reality*. Cambridge: Harvard University Press; 2007.