

ACERCA DE LA BIOLOGÍA EVOLUTIVA COMO UNA CIENCIA NORMAL

ABOUT EVOLUTIVE BIOLOGY AS A NORMAL SCIENCE

Joel Moisés Ibaca León*

Resumen

Argumento que la biología evolutiva es una ciencia normal, en el sentido de Thomas Kuhn, debido a la teoría de la selección natural y a la genética molecular y poblacional. De este modo, comienzo describiendo la epistemología de Kuhn (1962, 1989). Luego, examino las controversias que ha tenido la selección natural desde Charles Darwin (1859) hasta la Síntesis Moderna (1936-1950) y, por otra parte, los significados que ha tenido el concepto de herencia desde Darwin, Gregory Mendel (1866) y la síntesis moderna. Por último, analizo tres significados del concepto de adaptación, según la teoría moderna de la selección natural.

Palabras clave: ciencia normal, selección natural, adaptación, síntesis moderna, genética poblacional y molecular.

Abstract

I argue that evolutionary biology is a normal science, in Thomas Kuhn's sense, because of the theory of natural selection and molecular and population genetics. Thus, I begin by describing Kuhn's epistemology (1962, 1989). Then, I examine the controversies that natural selection has had from Charles Darwin (1859) to Modern Synthesis (1936-1950) and, on the other hand, the meanings that the concept of inheritance has had from Darwin, Gregory Mendel (1866) and modern synthesis. Finally, I analyze three meanings of the concept of adaptation, according to the modern theory of natural selection.

* Profesor de Filosofía y Magíster en Filosofía, Universidad de Concepción.
E-mail: joelibaca@gmail.com

Keywords: normal science, natural selection, adaptation, modern synthesis, population and molecular genetics.

Recibido: 22-II-2018

Aceptado: 01-09-2019

La epistemología de Thomas Kuhn

En 1962 Thomas Kuhn escribe *La estructura de las revoluciones científicas*, donde ocupa conceptos novedosos tales como ciencia normal, paradigma, anomalía, crisis y revoluciones, para comprender y explicar el cambio del pensamiento científico a lo largo de la historia del ser humano. En principio, Kuhn define el concepto de *ciencia normal* como:

la investigación basada firmemente en uno o más logros científicos pasados, logros que una comunidad científica particular reconoce durante algún tiempo como fundamento de su práctica ulterior. Hoy en día tales logros se recogen en los libros de textos científicos [...] exponen el cuerpo de la teoría aceptada, ilustran muchas o todas de sus aplicaciones afortunadas y confrontan tales aplicaciones con ejemplos de observaciones y experimentos (Kuhn 2006 [1962], p. 70).

Ahora bien, en su obra de 1989 *¿Qué son las revoluciones científicas?*, argumenta que el logro científico ocurre por el hecho de que ya sea un texto científico, artículo de divulgación científica, o alguna obra filosófica (cf. *Ibíd.*, p. 114 y 248), explique algún aspecto de la ciencia a la cual está adscrito de mejor manera que otra idea, por lo cual se va constituyendo como fundamento de la llamada ciencia normal siempre y cuando contenga dos características. Debe ser un postulado novedoso atrayendo así a un grupo duradero de partidarios. Sin embargo, también debe ser incompleto para así dejar al grupo de científicos todo tipo de problemas a resolver. A raíz de estas características, Kuhn define el concepto de ‘paradigma’, como “los logros que comparten estas dos características” (*Ibíd.* pp.70-71). Por otra parte, de la segunda característica, emerge el trabajo de la ciencia normal, que consiste en resolver *problemas* que metafóricamente Kuhn los expresa como ‘rompecabezas’ (*puzzles*), donde además de existir el sentido usual de un rompecabezas, o sea, tener una solución, también existen reglas basadas en compromisos conceptuales, teóricos, instrumentales y metodológicos, que equivalen al punto de *vista establecido* o *preconcepción* de una ciencia normal para la resolución de rompecabezas. De esta manera, los problemas entendidos

como rompecabezas son siempre accesibles según una tradición de investigación dada, según las reglas del paradigma científico de la ciencia normal. Ahora bien, un rompecabezas que se resiste a ser resuelto con las reglas de la ciencia normal es llamado por Kuhn una ‘anomalía’. El significado de este concepto se relaciona con el de ‘descubrimiento’, en cuanto a ser el modo en que el científico toma conciencia de una anomalía, es decir, reconoce que la naturaleza ha quebrantado de algún modo las expectativas inducidas por el paradigma que gobierna la ciencia normal. De este modo, las anomalías constituyen el trabajo de las teorías que conforman una ciencia normal. Ahora bien, es posible que existan anomalías donde las reglas establecidas no sirvan para su resolución, en este caso, Kuhn integra al concepto de ‘crisis’ que denota “el fracaso de las reglas existentes es el preludio de la búsqueda de otras nuevas” (Ibíd. p. 152). De no superar la crisis y mediante otro logro científico que sí explica la anomalía, el paradigma de una ciencia normal sufre un cambio en los fundamentos sobre los cuales se hace ciencia, a esto llama Kuhn, *revolución científica*, es decir, “episodios extraordinarios en los que se produce un cambio en los compromisos profesionales [...] se trata de episodios destructores-de-la-tradición que complementa a la actividad ligada -a-la-tradición de la ciencia normal” (Kuhn 2006 [1962], p. 64). De este modo, los cambios revolucionarios se diferencian con el cambio existente en la ciencia normal. Puesto que, en la ciencia normal el cambio es de tipo acumulativo de lo que ya se conocía antes¹, a diferencia de los cambios revolucionarios, que “ponen en juego descubrimientos que no pueden acomodarse dentro de los conceptos que eran habituales antes de que se hicieran dichos descubrimientos” (Kuhn 1989, p. 59). Por ejemplo, la transición de la astronomía ptolemaica a la astronomía copernicana. Donde, los conceptos de Luna y Sol que en la astronomía ptolemaica significan planetas, y no así el de Tierra, sufren un cambio radical, en manos de la astronomía copernicana al comprender ahora al concepto de Sol como una estrella, al de Luna como un tipo de cuerpo nuevo: un satélite y, al de Tierra como un planeta al igual que Júpiter y Marte. Estos cambios, son cambios en las leyes de la naturaleza y en los

1 Menciona el ejemplo del descubrimiento de la llamada ley de Boyle, esto es, que el producto de la presión y el volumen de una muestra dada de un gas era una constante a temperatura constante, era un descubrimiento que añadía simplemente conocimiento del modo en que se comportaban estas variables ya comprendidas, porque dicho descubrimiento se debió en gran medida a que los descubridores poseían los conceptos de presión y de volumen de un gas, y también de los instrumentos para determinar sus magnitudes. (cf. Kuhn 1989, pp. 57-58).

critérios mediante los que algunos términos de esas leyes se conectaban con la naturaleza. Esto se demuestra cuando resulta imposible lograr una interpretación coherente para el concepto de planeta tenido tanto en la astronomía ptolemaica como en la astronomía copernicana, aspecto que demuestra Kuhn (1989) si se analiza el enunciado: “en el sistema ptolemaico los planetas giran alrededor de la Tierra; en el copernicano giran alrededor del Sol” (Ibíd. p. 60). Puesto que, no es posible encontrar coherencia de significado para el concepto de planeta tenido en cada astronomía, debido a que el significado para este concepto responde a dos maneras diferentes de comprender un aspecto de naturaleza física, desde dos *paradigmas* distintos.

Darwin y la Síntesis Moderna

En 1859 Charles Darwin publica *El origen de las especies*, el texto donde expone su pensamiento evolutivo respecto de los organismos terrestres. Este pensamiento ha permanecido en la actualidad como la idea principal en las distintas disciplinas que componen la biología contemporánea como la genética, la paleontología o la fisiología. Las razones de este acontecimiento son dos. En primer lugar, porque los biólogos han considerado a la *evolución biológica* como un hecho científico inquestionable, es decir, que “el mundo no es constante, ni se ha creado recientemente, ni está en perpetuo ciclo, sino que está cambiando continuamente, y de que los organismos se transforman en el tiempo” (Mayr 1992, p. 49; cf. Ayala 2013, pp. 55-57)². Y, en segundo lugar, debido a que la teoría principal que explica la evolución, es decir, la *selección natural*³, no recurre a una fuerza sobrenatural sino a la existencia misma de los seres vivos, a diferencia del pensamiento de la Historia Natural anterior a 1859 que seguía mayoritariamente un pensamiento teológico basado en una comprensión de la diversidad orgánica a través de un ‘mutualismo

2 Una visión interna del concepto de evolución dice que alude al cambio en las frecuencias génicas de una población, es decir, un cálculo matemático de la abundancia o escases de ciertos genes en vez de otros en un lugar (loci) de los cromosomas en organismos con un mismo genotipo o constitución genética (población). La misma definición, pero desde una mirada externa, dice que la evolución alude al cambio en los fenotipos de los organismos a lo largo de las diferentes generaciones. (cf. Diéguez 2012, pp. 341-342)

3 Darwin en el Cap. IV de *El origen*, define la selección natural como la “conservación de las diferencias y variaciones individualmente favorables y la destrucción de las que son perjudiciales la he llamado yo selección natural o supervivencia de los más adecuados” (Darwin 2009, p. 124).

providencial', es decir, que "la razón última de la existencia de un ser vivo, y de cualquiera de sus atributos, residirá en la contribución que la existencia que ese ser pueda hacer para la manutención de un orden natural" (Caponi 2006, p. 32).

No obstante, si bien la teoría de la evolución fue aceptada por la comunidad científica de la biología de la época (cf. Mayr 2006, p. 130; 1992, p. 50), no ocurrió lo mismo con la teoría de la selección natural, ya que solo fue mayoritariamente aceptada mediante un consenso de disciplinas biológicas durante los años 1936-1950, con la llamada *Síntesis Moderna* (cf. Mayr 1992, pp. 50 y 186). Con ella se proporciona una base empírica para comprender la teoría de la selección natural, que comenzó con la explicación de Mendel (1866) respecto al *cómo* los rasgos de los organismos se heredan. Puesto que, si bien la teoría de la selección natural supone que "el cambio evolutivo se produce a través de la producción abundante de variación genética en cada generación" (Mayr 1992, p. 50), no explica a nivel individual y genético *cómo* los *caracteres son heredables*. Sin embargo, no fue indispensable para Darwin disponer de una explicación sobre el origen de los caracteres heredables a nivel individual para explicar la evolución de las especies, ya que comprendió que la evolución era un cambio *poblacional* (cf. Mayr 2006), es decir, que para explicar el cambio evolutivo le bastó con la generalización a través de su observación como naturalista:

Como naturalista y lector de obras sobre cría de animales, sabía que la variación siempre está presente, y eso es todo lo que *necesitaba saber*. También estaba convencido de que el aporte de la variación se renovaba con cada generación y que, por lo tanto, siempre era abundante como materia prima para la selección. En otras palabras, para la teoría de la selección natural *no* era un requisito previo indispensable tener una teoría correcta sobre la genética (Mayr 1992, p. 95).

Ahora bien, es sabido que Darwin adoptó una teoría de herencia denominada *pangénesis*, la transferencia de gránulos (gémulas) desde el cuerpo a las gónadas y células germinales (Mayr 1992, p. 183). Teoría que también puede denominarse como de 'herencia mezclada', al sostener que los determinantes genéticos de los padres se fusionan en una sustancia uniforme durante la fecundación del óvulo (cf. Mayr 1992, p. 182; Corredor 2007, p. 43). La teoría de Darwin se diferenciaba de dos teorías, de la *herencia blanda* o de caracteres adquiridos y de la *herencia dura*. La primera dice que el material de la herencia no era considerado como inmutable, sino que podía modificarse por efecto del uso y falta de

uso, por actividades fisiológicas del cuerpo, por una influencia directa del ambiente sobre el material genético o por una tendencia inherente a progresar hacia la perfección⁴ (Mayr 1992, p. 87; cf. Gould 1986, pp. 79-87). Por otra parte, la herencia dura, dice que el material que se hereda se mantiene constante («duro») y no puede verse afectado por la forma de vida o el ambiente, en consecuencia, ninguno de los cambios que se producen en el fenotipo del organismo durante su tiempo de vida puede pasar a su descendencia (Mayr 1992, p. 181). Esta teoría tuvo mayor adhesión a través del biólogo alemán August Weissman (1834-1914), quien en su ensayo *Sobre la herencia* (1883) demostró la falsedad de la teoría de los caracteres adquiridos a través de su doble línea celular: la línea germinal que alude al núcleo de la célula donde está contenido el material genético, y la línea somática que alude a las células del cuerpo que no van a dar lugar nuevas generaciones, es decir, rechaza a la teoría de los caracteres adquiridos porque esta alude a la línea somática (cf. Corredor 2007, p. 42).⁵ Sin embargo, ninguna de las herencias nombradas contribuyó a que se aceptara la teoría de la selección natural. En definitiva, el conocimiento empírico de laboratorio de cómo se transmiten las características que se heredan, fue posible en 1900 gracias al descubrimiento de Hugo de Vries, Carl Correns y Erich von Tschermak de *Las leyes de la herencia* (1866) de Gregory Mendel (cf. Mayr 1992, 2006).

La teoría mendeliana es conocida como *herencia discreta o particulada*, es decir, sostiene que hay elementos aportados por padre y madre que no son modificables, y que se combinan en la generación siguiente (Corredor 2007, p. 43). Esta concepción permite a los biólogos sostener, en parte, el postulado de la herencia dura cuando se atribuye que hay elementos que no son modificables, y por otra parte, justificar de manera experimental la presencia de las variaciones en las especies. Dicho de otro modo, la herencia discreta permitió la distinción actual entre ‘genotipo’ y ‘fenotipo’, es decir, entre la constitución genética del indivi-

4 Dicha tendencia inherente hacia la perfección se identifica con la hipótesis biológica denominada ‘ortogénesis’, según la cual “las modificaciones ocurren, aparentemente, en ciertas direcciones, como si tuvieran una polaridad hacia ciertos fenotipos o características [...] se recurre a la idea de que la variación no es al azar, sino dirigida, y esa variación dirigida debe entonces provenir del medio externo” (Mayr 1992, p. 39).

5 Es importante mencionar que la herencia de los caracteres adquiridos no fue negada a cabalidad por Darwin para explicar el surgimiento de tanta variabilidad en los organismos, sin embargo, la consideraba subsidiaria a la teoría de la selección natural (cf. Gould 1986, pp. 79-87). Aun así, tras la refutación de Weissmann nace el término ‘neodarwinismo’ para el seleccionismo exclusivo de Weissmann, es decir, el que en ningún aspecto acepta a la teoría de caracteres adquiridos (Mayr 1992, p. 122).

duo en contraposición al conjunto de características observables de un individuo (cf. Mayr 1992, pp. 180-181). Ahora bien, el aporte de mayor importancia otorgado por la herencia discreta fue integrar un nivel genético la explicación de las *adaptaciones* por selección natural, puesto que el trabajo de Mendel “permite establecer que la segregación entre los caracteres es independiente, dando lugar a una explicación de la variabilidad en las poblaciones naturales” (Corredor 2007, p. 47). No obstante, en los primeros mendelianos como Bateson y de Vries todavía existía un rechazo a la selección natural, ya que explicaban la diversidad fenotípica como un resultado exclusivo de la presión por mutación, es decir, por un cambio en el genotipo, por un cambio que no surge necesariamente de la selección natural (cf. Mayr 1992, p. 143; Cela y Ayala 2001, p. 29). De esta manera, se defendía que la evolución procede a través de grandes cambios mutacionales *saltatorios* en vez de graduales, y que si de alguna manera va a operar la selección natural es únicamente a través de la selección negativa, es decir purificando la población de otros elementos (Corredor 2007, p. 48). Pero, según Mayr (cf. 1992, p. 144) durante la década de 1920 se eliminó la explicación de los primeros mendelianos, gracias a los trabajos de los genetistas T.H. Morgan, Edward Murray East y Erwin Baur, al descubrir que la mayoría de las mutaciones solo producían pequeños efectos en el genotipo y que no se parecían en absoluto a las grandes mutaciones previstas por los primeros mendelianos. Por consiguiente, se aceptó que la evolución procede por selección natural de manera *gradual*, y se comprendió que lo que se selecciona son genotipos completos, no genes individuales. Por lo tanto, se vio que era la recombinación genética y no la mutación la fuente inmediata que queda disponible para la selección. En otros términos, se comprendió que la variabilidad de una especie resulta mayoritariamente por la recombinación genética⁶.

Sin embargo, la variabilidad por recombinación genética no niega que la vida se halla originado por un proceso genético azaroso (cf. Sober 1996, pp. 75-76), denominado como ‘mutación’, la auto-reproducción de una molécula a otra distinta, pero del mismo tipo (Montalenti 1983, p. 41). De esta manera, la variabilidad también resulta por mutaciones, y, al ser las mutaciones el componente primero de la vida orgánica, se presentan

6 La recombinación genética es “la reorganización de los genes de un organismo durante la producción de las células germinales a través del entrecruzamiento de secciones de cromosomas paternos y maternos del organismo [...] hoy se sabe que la recombinación genética es la causa de la existencia de la gran cantidad de variación sobre la que actúa la selección natural” (Mayr 1992, p. 185).

como la fuente originaria con la que la selección natural causó la evolución orgánica. Un acontecimiento que a nivel genético es necesario, dado que, como la mayoría de las nuevas mutaciones son perjudiciales para el organismo, es necesario un proceso que contrarreste a estas mutaciones perjudiciales para que así resulten las adaptaciones. De modo contrario, el cambio genético en una población resultaría en una serie de monstruos, y la información genética almacenada en el ADN de la población mutante se extinguiría al no disponer de la selección natural como proceso ordenador de variantes beneficiosas a nivel poblacional (Ayala 1970, p. 3). De este modo el origen de la variación hereditaria incluye dos procesos, el de la mutación por el cual una variante aparece a partir de la otra; y el proceso sexual que recombina esas variantes en las células sexuales dado lugar a una infinidad de combinaciones entre ellas (Cela y Ayala 2001, p. 53)⁷. Y, a diferencia de los primeros mendelianos, la selección natural es concebida en un sentido positivo tanto en la recombinación genética como en las mutaciones, es decir, es comprendida como aquello que mantiene solo a las variaciones beneficiosas (Corredor 2007, p. 48). En consecuencia, y siguiendo a Cela y Ayala (2001), la evolución puede ser vista como un proceso de dos episodios:

El primero supone el origen de la variación hereditaria; el segundo refiere a la selección natural, que causa que unas variantes genéticas se multipliquen en los descendientes más eficazmente que otras, de manera que las primeras se difunden entre los descendientes al tiempo que las variantes desventajosas desaparecen (Cela y Ayala 2001, p. 53).

Un último aspecto por destacar en cuanto a la aceptación de la selección natural es que, entre los años 1900 y 1920 no existía un conocimiento total entre las disciplinas evolutivas que permitiera unificar a los significados de los conceptos de herencia tenidos entre paleontólogos, naturalistas, sistemáticos y genetistas. Para los tres primeros, el concepto de herencia estaba asociado con la variación geográfica de las especies. En cambio, para los genetistas la concepción de herencia se basaba en los genes de la variación intrapoblacional (cf. Mayr 1992, p. 144). Ahora bien, como ambos grupos aceptaban la teoría de la evolución y su explicación por selección natural, era necesario de una recapitulación para unificar lo aceptado en común, y que integrara a los significados del con-

7 Cela y Ayala dicen que estos mecanismos se reúnen en un grupo de organismos de la misma especie, es decir, en una población, o en la especie total, y son entendidos en genética bajo el concepto de 'acervo genético' (cf. Cela y Ayala 2001, pp. 53-55).

cepto de herencia. La recapitulación comenzó en la obra *Evolution: The Modern Synthesis* (1942) del biólogo británico Julian Huxley (1887-1975), en donde se ocupó por primera vez la expresión ‘Síntesis Evolutiva’ para designar la aceptación de los grupos de evolucionistas antes enfrentados, pero ahora unidos, respecto a que “todo cambio evolutivo se debe a la fuerza directriz de la selección natural ejercida sobre una variación disponible en abundancia” (Mayr 1992, p. 149)⁸.

La Síntesis Moderna condujo a la formación de nuevas áreas en la ciencia de la vida, como la disciplina llamada *genética molecular*, que nace en 1953 cuando James Watson y Francis Crick descubren la estructura de la molécula llamada ‘ácido desoxirribonucleico’ (ADN), el material hereditario contenido en los cromosomas del núcleo celular. De este modo fue posible explicar el fenotipo que obtendrá un organismo en función del desarrollo del genotipo estudiado, a saber, de su estructura, su expresión, sus mecanismos de regulación sus transformaciones y sus interacciones (cf. Diéguez 2012, p. 343)⁹. Además, el descubrimiento del ADN permitió instaurar otra disciplina, la *genética de poblaciones*, encargada de estudiar la alteración de la composición genética de las poblaciones a lo largo del tiempo, ya sea de la evolución dentro de una misma especie, aspecto que se denomina como ‘microevolución’ o de los cambios evolutivos a lo largo de grandes periodos que dan origen a nuevas especies, aspecto que se denomina ‘macroevolución’ (cf. Diéguez 2012, p. 344). Ahora bien, una reunión metodológica que demuestra la importancia de la genética molecular y de la genética de poblaciones, lo constituye el denominado *reloj molecular*, de donde “es posible reconstruir tanto la historia evolutiva y el orden de la ramificación de los diferentes linajes como el tiempo transcurrido entre un acontecimiento evolutivo y otro” (Cela y Ayala 2001, p. 37).

8 Mayr dice que el nuevo consenso fue abanderado y defendido por los siguientes arquitectos: por Dobzhansky en la obra *Genetics and the Origin of Species* (1937), seguida de *Evolution: The Modern Synthesis* de J. Huxley (1942), *Systematics and the Origin of Species* del mismo Mayr (1942), *Tempo and Mode in Evolution* de Simpson (1944), *Neuere Problemeder Abstammungs lehre* de Rensch (1947) y *Variation and Evolution in Plants* de Stebbins (1950). Y que se podría incluir entre estos arquitectos, algunos evolucionistas que publicaron antes de 1937 como Chetverikov, Sumner, Stresemann, Fisher, Haldane y Wright (cf. Mayr 1992, p. 145).

9 Esta apreciación de la evolución es considerada como el dogma central de la biología molecular, donde la información hereditaria fluye del ADN a otra molécula llamada ARN y de éste a las proteínas, pero no a la inversa. Sin embargo, a pesar de que en la mayoría de los organismos el contenido hereditario se encuentra en el ADN, existen otros como los virus que conservan la información en la molécula RNA y desde acá fluye al ADN, es decir, revierten el flujo de información (cf. Cela y Ayala 2001, p. 37; Diéguez 2012, p. 340).

Por ejemplo, es posible determinar usando la herramienta del reloj molecular, las relaciones ancestrales existentes entre humanos, chimpancés y orangutanes, y también establecer el tiempo transcurrido desde que el linaje se separó de sus parientes animales más cercanos (Ibíd.).

Por lo tanto, de la unión de los grupos evolucionistas en la Síntesis Moderna y de los avances en genética que dicha unión incentivó, es posible comprender que en la biología contemporánea “la evolución biológica implica la aparición de cambios en la constitución genética de las poblaciones” (Cela y Ayala 2001, p. 37), y que, se continúa comprendiendo a la selección natural como su principal mecanismo explicativo (cf. Ayala 1998, p. 497).

Adaptación, selección natural y genética

Se podría pensar que la concepción actual de la selección natural ha tenido muchos cambios, al punto de pensar que ya no es la teoría defendida por Darwin. Pero, siguiendo a Francisco J. Ayala (1998) aquel pensamiento estaría errado:

El concepto moderno de selección natural es fundamentalmente el mismo de Darwin, pero formulado con más detalle y precisión. En particular el proceso se describe hoy día en términos genéticos, como la reproducción diferencial de alelos o genotipos que favorecen la adaptación al ambiente de sus portadores. Además, se ha desarrollado una teoría matemática que permite medir la selección, especificar las condiciones importantes en casos particulares, y predecir el resultado del proceso (Ayala 1998, p. 504).

Entonces, tal vez no estaría errado suponer en base al detalle genético y a la precisión matemática, que la concepción actual de la selección natural ya no es la teoría defendida por Darwin para explicar la evolución. Empero, como también sostiene en la cita Ayala, lo que hace que la teoría de la selección natural de 1859 siga siendo básicamente la misma en nuestros días, es que continúa siendo entendida por los biólogos como el principal principio que explica un aspecto biológico denominado *adaptación*, y por ello, de la evolución de las especies. Ahora bien, el concepto de adaptación tiene al menos tres significados, en donde mayoritariamente la explicación surge mediante el principio de la selección natural:

- I Proceso de adecuación de un organismo individual a la presión ambiental; *adaptabilidad*.

- II Proceso de modificación evolutiva cuyo resultado es una eficacia mayor de sobrevivencia y de las funciones reproductivas.
- III Cualquier carácter morfológico, fisiológico, de desarrollo o de comportamiento que amplía el éxito reproductivo y de sobrevivencia de un organismo (Lincoln, Boxshally Clark 1995, p. 15).

Una correspondencia para el primer significado ocurre en la fisiología, donde el término ‘adaptación’ “se utiliza para designar la respuesta de un organismo individual frente a una perturbación generada por el ambiente que le permite a dicho organismo preservar o recuperar su equilibrio dinámico y, con ello, su identidad en relación al medio” (Caponi 2002, p. 73). Por ejemplo, una hiperqueratosis en la mano de una persona se explica como la respuesta del sistema tegumentario del organismo frente a una perturbación del entorno, una explicación fisiológica que no se corresponde con el principio de la selección natural al no tratarse de un fenómeno que contribuye a la sobrevivencia y al éxito reproductivo de la especie (Ibíd.). Algo parecido ocurre en el ámbito del naturalista, donde el término adaptación puede referir a lo que Caponi (2002) denomina ‘roles biológicos’, es decir, características ventajosas de los organismos en cuanto a contribuir de diversas maneras a la sobrevivencia de sus portadores durante el transcurso de sus vidas, pero que no son explicadas por la selección natural, porque la manera en que los roles biológico se tornan beneficiosos en una población se debe a la mediación directa de un cambio ecológico. Por ejemplo, el hedor de un insecto puede resultar beneficioso frente a una especie depredadora de pájaros que ha comenzado a colonizar esa región, donde la ventaja producida por el hedor del insecto es explicada por el resultado de su metabolización de algún veneno presente en el ambiente de la región (cf. Caponi 2002, p. 74).

Ahora bien, la segunda y tercera definición de adaptación se ajusta a lo que se entiende como *adaptación por selección natural*. Esta acepción no niega que las adaptaciones sean características que contribuyen a sobrevivir, de hecho, lo hacen, y Elliott Sober (1996) lo denomina como ‘eficacia’, el primer ingrediente para comprender la expresión “evolución por selección natural”, trata de la capacidad de los organismos para sobrevivir y reproducirse donde un rasgo de un organismo tendrá más eficacia que otro si proporciona mayor número de crías (Sober 1996, p. 332). Para Ayala (Cela y Ayala 2001), este concepto refiere al parámetro para medir los efectos de la selección natural, el cual puede ser expresado como un valor absoluto o un valor relativo:

Consideremos una población en la que existen tres genotipos: AA, AB y BB. Asumamos que en promedio cada individuo AA y cada AB producen un descendiente, pero cada individuo BB produce dos. El número promedio de progenie dejado por cada genotipo sirve de medida acerca de la eficacia absoluta de ese genotipo, y mediante él podemos calcular los cambios en frecuencia génica que ocurrirá a través de las generaciones. [En cambio] La eficacia relativa se presenta con la letra w . Usualmente se asigna un valor de 1 al genotipo con eficacia reproductiva más alta y se calculan las otras eficacias relativas en forma de proporción. En el ejemplo anterior, la eficacia relativa del genotipo BB será $w = 1$ y la de cada uno de los otros genotipos será $w = 0,5$ (una medida relacionada con la eficacia es el coeficiente de selección, representado con la letra s , que mide la reducción en eficacia: $s = 1 - w$ (Cela y Ayala 2001, pp. 60-61).

Sober (1996) se refiere a estos parámetros para medir los efectos de la selección natural como en términos de *frecuencia real* o *frecuencia relativa*, donde ambos significan la existencia de un genotipo que representa a un rasgo de un organismo frente a otro genotipo que representa a otro rasgo de otro organismo, es decir, la coexistencia de genotipos en un medio natural. Empero, Sober diferencia a la *frecuencia relativa*, como una conjetura hipotética acerca de qué rasgos serán más eficaces que otros (cf. Sober 1996, p. 121)¹⁰. Por otra parte, afirma que la *frecuencia real* es una interpretación objetiva, porque interpreta la probabilidad en términos de la frecuencia con que ocurre realmente un suceso en una determinada población (cf. Sober 1996, p. 110)¹¹. Ahora bien, tanto Cela y Ayala (2001) como Sober (1996), indican que la medición de la eficacia en términos de frecuencia *relativa* es más conveniente que el de frecuencia real, puesto que ante la dificultad epistemológica de reconstruir la historia de un proceso de selección como el gran tamaño del cerebro humano, permite realizar explicaciones que si bien pueden ser erróneas también pueden generar conjeturas plausibles sobre el *por qué* el presente rasgo fue más eficaz que otro (cf. Sober 1996, pp. 122-123).

10 Un ejemplo de eficacia reproductiva en términos de frecuencia relativa es el argumento usado por el genético Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) en la proporción sexual, donde la conclusión se extrae de un modelo hipotético, es decir, no mediante una observación empírica de los nietos que una serie de padres logran tener (cf. Sober 1996, pp. 43-44).

11 Un ejemplo dice, “si los individuos del rasgo A sobreviven hasta la edad adulta más que los individuos que poseen el rasgo B. Ello es prueba de que A es más eficaz que B. (...) [Dado que] si observamos que los individuos A sobreviven a los individuos B, esta observación aumenta su probabilidad en mayor medida si se supone que A es más eficaz que B, que, si se supone que B es más eficaz que A, o que las eficacias son iguales” (Sober 1996, p. 121).

El segundo indicador que usa Sober (1996) para comprender la expresión “evolución por selección natural”, se encuentra en la tercera definición de adaptación específicamente en lo que alude el término ‘éxito reproductor’, esto es, la transmisión genética, aquello que garantiza que la descendencia tienda a parecerse a los progenitores, Sober denomina a esto como ‘heredabilidad’ (cf. 1996, p. 332). En definitiva, el éxito reproductivo o heredabilidad, alude a que la característica que contribuye a la sobrevivencia de una especie, esté efectivamente en la prole. Además, permite a los biólogos determinar desde una perspectiva de la historia evolutiva de una especie, si se trata de una adaptación en tiempo presente cuando está contribuyendo a la sobrevivencia de la especie, o, si se trata de una adaptación en tiempo pasado cuando ha contribuido a la sobrevivencia de la especie. Así lo expresa Caponi (2002) cuando alude a la herencia genética de una adaptación según los términos de ‘éxito reproductivo’ o ‘mayor aptitud’ (*fitness*):

En el contexto de la biología evolutiva, decir que una estructura es una adaptación es comprometerse con la hipótesis de que, en un determinado ambiente, la misma contribuye, o ha contribuido, en alguna fase anterior de la historia del *Phylum*, al éxito reproductivo de sus portadores en mayor grado que alguna forma alternativa. En clave darwiniana, “una adaptación es una variante fenotípica que produce la mayor aptitud (*fitness*) entre un conjunto especificado de variantes en un ambiente dado. Por eso, el hecho de que una característica sea beneficiosa para su poseedor no es una condición ni necesaria ni suficiente para considerar que la misma sea una adaptación (Caponi 2002, p. 74).

Conclusión

Tanto el principio de la selección natural y la explicación genética molecular y poblacional, pueden ser entendidos como dos cimientos epistemológicos, es decir, dos teorías de donde las disciplinas de biología contemporánea fundamentan conceptual y metodológicamente fenómenos pertenecientes al mundo vivo. Cimientos epistemológicos que en términos de Kuhn (2006, 1989), considero que se han constituidos como logros paradigmáticos y han hecho de la biología una ciencia normal.

Ahora bien, la importancia de la obra de Darwin (1859) respecto al primer cimiento epistémico, no se basa en el concepto de evolución, puesto que existen registros previos de esta idea como en Lamarck (1809) (cf. Mayr 1992, 2006), ni en explicar el *origen* de las especies al no lograr comprobar empíricamente el mecanismo mediante el cual las adaptaciones son heredadas. La importancia recae en que la selección natural

se ha constituido como el principio metodológico que explica a la *diversidad* de los organismos, puesto que derrocó al mutualismo providencial que en gran medida era el cimiento del paradigma de la biología anterior a 1859. Por otra parte, considero que la importancia de la Síntesis Moderna respecto al segundo cimiento, no se fundamenta en hecho de que por ella se aceptara a la selección natural en las múltiples disciplinas de la biología, sino más bien, en que fue mediante la integración de la hipótesis sobre la herencia de Mendel (1966) en las múltiples disciplinas de la biología, que emergieron la genética molecular y la genética de poblaciones. Disciplinas que han sido importantes en cuanto a otorgar respuesta empírica al *origen* de las especies, ya sea desde una perspectiva interna de un organismo, en el caso de la genética molecular, al explicar mediante el estudio del ADN las características fenotípicas, o, desde una perspectiva externa, en el caso de la genética de poblaciones, al explicar genéticamente la evolución en una especie (microevolución) o en varias especies (macroevolución).

De este modo, tanto la selección natural como la genética molecular y poblacional, cumplen con la primera característica de una ciencia normal según Kuhn (1989), ser novedosas, en cuanto a ser explicaciones que a diferencia de otras ideas, permiten al ser humano un conocimiento más acabado sobre fenómenos que en este caso refiere a la evolución de las especies. Además, cumplen con la segunda característica, esto es, ser incompletas para así dejar al grupo de científicos todo tipo de problemas a resolver. Por ejemplo, en la biología molecular como poblacional no siempre se logra explicar al fenómeno de la adaptación, ya que este fenómeno fue constituido en una dimensión temporal anterior al análisis tenido por los biólogos, de este modo, desde la biología de poblaciones se podría asociar a la adaptación de una especie como un rompecabezas a resolver mediante el reloj molecular, por ejemplo. De igual manera, no es posible explicar por selección natural a toda característica que contribuye a la sobrevivencia de un ser vivo, ya que a veces puede ser explicada por algún proceso fisiológico que surge debido a las circunstancias del medioambiente como el ya mencionado hedor de un insecto que se explica por metabolizar algún veneno presente en el ambiente de la región.

Sin perjuicio de lo anterior, considero que los cimientos epistémicos de la biología evolutiva quedan demostrados a través de tres requisitos con que el biólogo considera principalmente a una característica biológica como adaptación. En primer lugar, deberá verificar la existencia de variabilidad ya sea a nivel genético como a nivel del fenotipo. En segundo lugar, deberá verificar si la variabilidad es ventajosa para el ser

vivo, en el sentido de si contribuye o no a sobrevivir y a reproducirse, teniendo en cuenta al factor de la biodiversidad como presión selectiva. En tercer lugar, deberá corroborar si la variabilidad ventajosa es heredada a la prole (éxito reproductivo, aptitud, heredabilidad). En concreto, la genética abarca los tres requisitos, ya sea en su perspectiva individual (genética molecular) o de especies (genética de poblaciones), disciplinas que, *grosso modo*, son una perspectiva interna de lo vivo. De igual manera, se puede asociar en los tres requisitos a la teoría de la selección natural, en el primero, respecto al material u objeto a preservar; en el segundo, respecto a verificar la utilidad existencial del rasgo que se ha de preservar; y en el tercero, respecto a que el rasgo en la prole corrobora la preservación o selección realizada en los requisitos anteriores.

Referencias bibliográficas

- Ayala, F. J. (1970). "Teleological Explanations in Evolutionary Biology". *Philosophy of Science*, 37: 1-15.
- (1998). "Teleología y Adaptación en la evolución biológica". En S. Martínez y A. Barahona (eds.), *Historia y explicación en biología*, 495-510. México: Fondo de Cultura Económica.
- (2013). *Evolución, ética y religión*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Caponi, G. (2002). "Explicación seleccionacional y explicación funcional: la teleología en la biología contemporánea". *Episteme*, 14: 57-88.
- (2006). "El viviente y su medio: antes y después de Darwin". *Scientia studium*, 4: 9-43.
- Cela, C. J. y Ayala, F. J. (2001). *Senderos de la Evolución Humana*. Madrid: Alianza Editorial.
- Corredor, V. (2007). "Neodarwinismo y nueva síntesis". En A. Rosas (ed.), *Filosofía, darwinismo y evolución*, 37-56. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Darwin, C. (2009 [1859]). *El origen de las especies*. (Traducción de Antonio de Zulueta). Madrid: Alianza.
- Diéguez, A. (2012). *La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología*. Barcelona: Biblioteca Buridán.
- Gould, S. (1986). *El pulgar del panda: ensayos sobre evolución*. Buenos Aires: Hyspamerica.
- Huxley, J. (1942). *Evolution: The Modern Synthesis*. New York: Harper & Brothers.

- Kuhn, T. (1989 [1987]). *¿Qué son las revoluciones científicas?* Barcelona: Paidós.
- (2006 [1962]). *La estructura de las revoluciones científica*. (Traducción de Carlos Solís Santos). México: Fondo de Cultura Económica.
- Lincoln, R.; Boxshall, G. y P. Clark. (1995). *Diccionario de Ecología, Evolución y Taxonomía*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Mayr, E. (1992 [1991]). *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Barcelona: Crítica.
- (1998). “Causa y efecto en biología”. En S. Martínez y A. Barahona (eds.), *Historia y explicación en biología*, 82-95. México: Fondo de Cultura Económica.
- (2006 [2004]). *Por qué es única la biología: consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.
- Mendel, G. (1956 [1866]). *Experiments in plant hybridisation*. Cambridge: Harvard University Press.
- Montalenti, G. (1983). “Aristóteles hasta Demócrito vía Darwin: breve perspectiva de un largo recorrido histórico y lógico”. En F. J. Ayala y T. Dobzhansky (eds.), *Estudios sobre la filosofía de la biología*, 25-44. Barcelona: Ariel.
- Sober, E. (1996 [1993]). *Filosofía de la biología*. Madrid: Alianza Editorial.