



La revolución Darwiniana

Material de lectura

En este material de lectura expondremos una de las teorías más importantes e influyentes de la historia de la ciencia, a saber, aquella propuesta por el naturalista inglés Charles Robert Darwin (1809–1882). Sin dudas, existen muy buenas razones para hacerlo. Por un lado, sus ideas tuvieron un gran impacto científico: el modo en que Darwin supo articular varias teorías ya existentes, como la teoría de la evolución o la teoría gradualista con la idea de selección natural, marcó un quiebre muy importante con respecto al modo tradicional de pensar la dinámica de las ciencias biológicas. Por el otro, sus propuestas significaron la puesta en duda de un conjunto de conceptos centrales para la cosmovisión cristiana y moderna occidental.

Teleología

Es fácilmente observable que la naturaleza presenta una gran diversidad de organismos con rasgos variados y altamente adaptados al medio: algunos animales se mimetizan con su entorno, evadiendo así a sus predadores o engañando a sus presas; otros tienen la capacidad de auto-regular su temperatura interna; algunas plantas desarrollaron colores fuertes en sus flores que atraen a los insectos que las polinizan; otras, como la planta de algodón, se mueven durante el día siguiendo la orientación del sol, logrando así recibir una mayor cantidad de luz. Estos hechos despiertan al menos dos interrogantes. Por un lado, la presencia de cierto rasgo en un organismo –por ejemplo, la capacidad de los camaleones de mimetizarse con su entorno– lleva a preguntarnos ¿qué función cumple ese rasgo? Por el otro, ¿cómo llegó dicho organismo a tener ese rasgo? Una manera de contestar la primera pregunta es proporcionar una descripción del papel que cumple el rasgo en la vida de dicho organismo; en el caso del camaleón, la capacidad de mimetizarse con el medio le permite pasar desapercibido frente a sus presas, logrando así mayor efectividad en la obtención de alimento. Para responder a la segunda pregunta, en cambio, es ilustrativo apelar a una analogía con el ámbito de los artefactos. A menudo, para explicar una característica de un artefacto se apela al propósito u objetivo con el que fue diseñado. Consideremos, por ejemplo, el caso de un sensor de movimiento cuya función es detectar actividad y accionar una alarma. ¿Por qué estos aparatos tienen esta conducta? Una explicación plausible es que esa es la finalidad o el propósito con el

que fueron diseñados por el fabricante. Estas explicaciones, que dan cuenta de la existencia de eventos, estados o procesos actuales en virtud de un propósito, finalidad o meta futura, son denominadas *explicaciones teleológicas*¹.

En la Grecia antigua el mundo natural era explicado de manera teleológica. Podríamos considerar que dado el carácter adaptativo de la gran variedad y complejidad de rasgos del mundo natural era coherente pensar sobre la naturaleza como el producto de un diseño, o bien, sirviendo un propósito ulterior. Así, muchos pensaron que ciertos animales se mimetizan con su entorno con el *propósito* de engañar a sus presas; otros regulan su temperatura con el *fin* de resistir ambientes con bajas temperaturas; ciertas plantas desarrollaron colores fuertes con el fin de atraer insectos que favorecen la polinización; la planta de algodón se mueve durante el día siguiendo los movimientos del sol *para* conseguir más luz solar, etc.

Ya en los albores del pensamiento filosófico griego (siglo IV a.C), Aristóteles consideraba que las explicaciones teleológicas se aplicaban tanto al ámbito de los artefactos como al dominio de los procesos naturales, aunque con diferencias entre ambos casos. Este pensador consideraba que la meta de los artefactos es extrínseca, a saber, aquella imaginada por su creador o diseñador. En tanto, Aristóteles consideraba que el universo no había sido creado (sino que este es eterno), la finalidad que explica los procesos naturales debía ser intrínseca. Por ejemplo, el fin de la semilla es convertirse en árbol y el del niño es convertirse en adulto, pero esta finalidad no está dada por un creador o diseñador externo, sino que es parte de la esencia de las cosas.

Esta idea de finalidad intrínseca en los procesos naturales se vio desplazada por la cosmovisión cristiana del mundo natural, que fue cobrando fuerza en Europa hasta volverse hegemónica durante la edad media. Según la cosmovisión cristiana, así como las características de los artefactos se explican en virtud del propósito con el que fueron creadas y diseñadas por el hombre, los procesos y eventos naturales se explican en virtud del propósito con el que fueron creados y diseñados por Dios. Se trata de un dios todopoderoso y omnisciente que de acuerdo con un plan o diseño propio constituyó el mundo natural, hace algunos miles de años, tal y como lo encontramos hoy en día². Como veremos más adelante, esta postura, denominada *creacionismo*, es defendida aun en la actualidad en numerosas comunidades cristianas alrededor del mundo y constituye la principal oposición religiosa a la teoría darwiniana. De este modo, ante la pregunta *¿cómo* llegó cierto organismo a poseer esa función? la respuesta creacionista es: porque Dios así lo dispuso.

De modo que, antes de la publicación del texto de Charles Darwin *El origen de las especies*, en 1859, las explicaciones biológicas eran predominantemente teleológicas. En este sentido, filósofos tales como Immanuel Kant (1724-1804) llegaron incluso a defender que no es posible encontrar para el mundo biológico otro tipo de explicaciones. Sin embargo, desde la perspectiva de la ciencia, las explicaciones de carácter teológicas representaban un problema. Para los contemporáneos de Darwin el modelo paradigmático de teoría científica era el de la física, desarrollado por Newton (1642–1727). En física, en términos generales, para la explicación de un hecho se identifican sus causas y se las conecta con los efectos de una manera regular (en los próximos materiales de lectura se profundizará sobre este tema).

¹ En sentido estricto, deberíamos distinguir aquí entre explicaciones teleológicas por funciones o metas, por un lado, y explicaciones teleológicas por propósitos o intenciones, por otro. A los efectos de simplificar la presentación no desarrollaremos esta distinción aquí

² La idea según la cual las especies animales y vegetales son el resultado de un único acto de creación y han persistido así hasta la actualidad suele denominarse "fijismo".

Les proponemos ahora considerar el siguiente ejemplo. Supongamos que queremos explicar por qué los metales se dilatan con el calor. Simplificando mucho la cuestión, esto es lo que dice la física: la temperatura de una sustancia puede entenderse como la expresión del grado de agitación de sus moléculas. Así, sabemos que al calentarse un metal el movimiento de las partículas que lo componen se intensifica. Este aumento del movimiento hace que las moléculas estén más alejadas entre sí, lo que genera a su vez que el metal aumente su volumen. Este ejemplo muestra que las explicaciones físicas apelan a mecanismos y causas que preceden al fenómeno que buscan explicar y que están regularmente conectadas con ciertos efectos. Así, a partir ciertas causas antecedentes (el calor otorgado a cierto material) y la conexión regular entre estas causas y ciertos efectos (se sabe que existe una relación regular entre la temperatura y el movimiento de las partículas de un material, así como que el movimiento de las partículas genera mayor distancia entre estas) contamos con una explicación del aumento del volumen del metal. Vale la pena señalar, por otra parte, que una explicación teleológica en este contexto sería claramente inaceptable: no diríamos que el metal se calienta con el fin de dilatarse, o que posee esta propiedad porque fue creado con el propósito de que se dilatara, o algo por el estilo.

Por otro lado, la Biología, al apelar a explicaciones teleológicas que hacen uso de “causas” futuras (por ejemplo, el objetivo futuro de obtener más luz explica que la planta de algodón se mueva siguiendo al sol en el presente), no se ajustaba a lo que se suponía debía ser una buena explicación científica. Además, la idea misma de causación futura parece problemática. ¿Cómo puede algo que todavía no existe causar retroactivamente un evento en el pasado? Por último, como se dijo anteriormente, las explicaciones teleológicas del mundo natural, en la cosmovisión cristiana, apelaban en última instancia a la idea de un plan divino. Esto resultaba sospechoso como explicación científica, pues parece cambiar el tema de discusión: pasamos de hablar del mundo natural a hablar de teología. Así, la Biología, con sus explicaciones teleológicas, parecía estar un paso detrás del resto de las ciencias.

La teoría desarrollada por Darwin marca un punto de inflexión en este sentido. Entre otras cosas, introdujo en la Biología la idea de un mecanismo de selección natural, que junto con otras tesis que presentaremos en apartados que siguen (gradualismo, origen común, evolucionismo) permite explicar el origen, la variedad, la complejidad y el carácter adaptativo de los rasgos de los organismos en virtud de un conjunto de causas antecedentes, a la manera en que otras ciencias consideradas como modelo a seguir, por ejemplo la Física o la Química, explicaban sus respectivos objetos de estudio. De este modo, la teoría darwiniana marca el abandono de las explicaciones meramente teleológicas del mundo natural y el comienzo de la Biología como una ciencia en el sentido en el que la entendemos hoy en día (Rosenberg&McShea 2008).⁴

Veamos los siguientes ejemplos:

El agua entra en hervor a 100 grados centígrados al nivel del mar, pero a menos temperatura a cuatro mil metros de altura.

⁴Vale aquí realizar la siguiente aclaración. La biología moderna continúa hoy en día proporcionando explicaciones teleológico-funcionales. Esto es, la primera de las preguntas con las que comenzamos esta sección, viz. ¿Cuál es la función de tal o cual rasgo?, sigue preocupando y ocupando a los biólogos. Es el tipo de respuesta a la segunda de las preguntas, viz. ¿Cómo llegó este organismo a poseer tal o cual rasgo? lo que se modificó radicalmente después de Darwin: mientras que la tradición cristiana contestaba apelando al diseño y la creación divina, la biología post-darwiniana apela al mecanismo de selección natural.

Explicación: El agua hierve cuando la presión del vapor que libera es igual a la presión atmosférica. A más altura hay menos presión atmosférica, de modo que no es necesario que el agua alcance 100 grados centígrados para que su presión equipare a la presión de aquella. Así, el agua hierve a menos temperatura a mayor altura.

Como pueden observar, esta no es una explicación teleológica, pues explica los diferentes puntos de hervor del agua a diferentes alturas en virtud de ciertas causas *antecedentes* como la temperatura, presión del vapor y la presión atmosférica, en función de cierta correlación regular entre estos parámetros. Las explicaciones teleológicas, en cambio, apelan a *causas futuras*. Dado el siguiente ejemplo:

Juan se inscribió en la carrera de Filosofía.

La siguiente explicación: Juan se inscribió en la carrera de Filosofía porque aspira a ser un intelectual y cree que estudiar Filosofía es una manera de lograrlo puede ser considerada como una explicación teleológica, porque se explica la conducta actual de Juan en función de sus objetivos o propósitos futuros.

Antecedentes de la teoría darwiniana

En el siguiente apartado nos concentraremos en la teoría de la selección natural, tal como fue presentada originalmente por Darwin. Cabe destacarse que la teoría Darwiniana incorpora varias tesis adicionales, muchas de las cuales no resultaban completamente novedosas para su época. En este apartado presentaremos algunas de estas ideas así como sus precedentes.

Una de las tesis más conocidas de las asociadas a Darwin es la tesis *evolucionista*, según la cual las especies cambian sus rasgos a lo largo de las generaciones, dando a veces origen a nuevas especies. Sin embargo, la idea de *evolución* era familiar antes de la aparición de la teoría darwiniana. Uno de los defensores más notables de las ideas evolucionistas fue el naturalista francés Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), aunque su visión difería de la de Darwin en varios aspectos. Este biólogo francés sostuvo que los animales evolucionan de acuerdo con una jerarquía preconcebida por dios que va de lo más simple a lo más complejo. Fundamentalmente, Lamarck afirmó que *los rasgos adquiridos son heredables* y que este mecanismo es el motor de la evolución.⁵ De acuerdo con esta teoría, el uso o desuso de ciertos órganos provoca que estos se hipertrofien o atrofién, haciendo que el organismo adquiera un nuevo rasgo. Ese rasgo es heredado por su descendencia, y su uso o desuso genera a su vez una nueva hipertrofia o atrofia. Este proceso, repetido por generaciones, moviliza la evolución de una especie. Para comprender mejor la idea, es ilustrativo considerar la explicación lamarckiana del largo cuello de las jirafas. Según Lamarck, en algún momento, la escasez de alimentos llevó a ciertas jirafas a estirar su cuello en su afán por alcanzar las hojas más altas de los árboles. El uso sostenido causó que estas desarrollaran a lo largo de su vida un cuello un poco más largo que lo habitual. Este rasgo fue heredado por su descendencia, es decir, las jirafas que adquirieron un cuello más largo dejaron descendencia con cuellos largos. El proceso se repitió durante varias generaciones. Así, gradualmente la población de jirafas desarrolló

⁵ En *El Origen de las Especies*, Darwin acepta la idea de herencia de rasgos adquiridos, pero le otorga un lugar secundario en la dinámica evolutiva, detrás de los procesos de selección natural.

cuellos cada vez más largos hasta llegar a la forma actual de la especie. Darwin adopta en general la idea de evolución, pero como veremos más adelante ofrece una explicación diferente de los mecanismos de herencia.

Además de *evolucionista*, la teoría darwiniana es *gradualista*. De acuerdo con la tesis *gradualista*, la selección natural obra solamente mediante la conservación y acumulación gradual de pequeñas modificaciones heredadas. Con respecto a esto, cabe señalar que una de las influencias más importantes en las ideas de Darwin fue la obra del geólogo Británico Charles Lyell (1797-1875). Lyell se opuso a las teorías geológicas catastrofistas, que sostenían que el estado geológico actual de la Tierra se debía a una sucesión de catástrofes naturales ocurridas en un período de tiempo muy corto. El líder teórico de la posición catastrofista fue el naturalista francés George Cuvier (1769-1832), quien propuso la teoría como una manera de explicar los grandes saltos que se observaban en el rudimentario registro fósil entonces disponible, y que parecían indicar la existencia de fenómenos de extinción abrupta de una gran cantidad de especies. Para ello, Cuvier especuló con la ocurrencia de un gran diluvio localizado en Eurasia en un pasado remoto. Frente a esta teoría Lyell sostuvo una posición *gradualista* y *actualista*, de acuerdo con la cual los accidentes geológicos conocidos se deben a la acción gradual, *a lo largo de un período muy extenso de tiempo* (gradualismo), del mismo tipo de procesos geológicos observados por la ciencia de ese entonces (actualismo) –lluvia, nieve, congelamiento, calentamiento, sedimentación, erosión, terremotos, volcanes, etc.–. Sin dudas, estas ideas influyeron en la concepción de Darwin respecto del desarrollo de los procesos naturales: su teoría mantiene que estos son graduales, extendidos a lo largo de muchísimo tiempo y actuales, es decir, impulsados por los mecanismos de selección observables por el científico.

La tercera tesis darwiniana que cabe destacar es la del *origen común*. Contra la idea vigente en su momento según la cual las especies habían sido creadas en un único acto de creación, de manera independiente y en lugares geográficos específicos, la tesis del origen común sostiene que muchas especies actuales descienden de otras especies, en muchos casos, de una especie en común.⁶

Para terminar, señalamos una última teoría que influyó significativamente en la obra de Darwin: se trata de la obra del matemático Thomas Malthus (1766-1834). En sus trabajos en torno al crecimiento demográfico, Malthus observó que mientras la población tiende a crecer exponencialmente, la producción de alimentos crece solo linealmente. Esto es, la población crece más rápido que la capacidad de producción de alimentos.^{7 8} En virtud de este desfase, el

⁶ Esta tesis es compatible tanto con que toda la vida posea un único antepasado común como con la posibilidad de que hayan existido varias especies independientes que sirvieron como antepasados de las especies actuales.

⁷ Tanto la población como los alimentos crecen con estos ritmos siempre y cuando no se tomen medidas de control, como la planificación o el control de natalidad en el caso de la población o el aumento de la producción alimenticia a través de la tecnología en el caso de la producción alimenticia.

⁸ Una magnitud, y , crece *exponencialmente* cuando aumenta según la fórmula $y=a^x$. Una magnitud, z , crece *linealmente* cuando lo hace según la fórmula $z=m \cdot x + b$, donde m y b son constantes. Lo importante a tener en cuenta es que las funciones lineales crecen de manera constante mientras que las funciones exponenciales crecen cada vez más rápido. Por ejemplo, si reservo un peso por día, mis ahorros crecen linealmente: el primer día tendré un peso, el segundo dos, el tercero tres, etc. El monto en que crecen mis ahorros cada día es siempre el mismo (un peso). Si, por el contrario, guardo cada día el doble de lo que ahorré el día anterior, la situación es muy distinta: supongamos que el primer día ahorro un peso; el siguiente ahorraré dos; el siguiente, cuatro; el siguiente ocho; el quinto día dieciséis, etc. Así, resulta que el crecimiento de mis ahorros se acelera a medida que pasan los días, el primer día mis ahorros crecen tan solo un peso, pero al quinto día me encuentro ahorrando de a dieciséis. Para

matemático británico estipuló que en algún momento se produciría inevitablemente una lucha por la supervivencia relacionada con la escasez de recursos. Como veremos en el siguiente apartado, Darwin se inspiró en esta idea y la incorporó a sus explicaciones biológicas.

La teoría de la selección natural

En el apartado anterior, expusimos varias de las ideas que Darwin retomó para articular su propia teoría. En este apartado, nos detendremos en una de las teorías más novedosas del repertorio darwiniano, a saber, la teoría de la selección natural. Comencemos con una exposición esquemática. Como hemos dicho anteriormente, mientras que las poblaciones de organismos aumentan exponencialmente, los recursos disponibles en su medio ambiente crecen tan solo de manera lineal. Como consecuencia de ello, la capacidad de determinado medio ambiente para sustentar una población de organismos resultará eventualmente insuficiente. En otras palabras, para un medio ambiente dado, siempre existirá una lucha por la supervivencia entre los organismos de una población.

Al mismo tiempo, existen dos mecanismos que funcionan simultáneamente: la *herencia* y la *variación*. Por un lado, los organismos se parecen a sus progenitores. Más precisamente, la descendencia hereda sus rasgos en gran medida de sus progenitores. Por otro lado, no todos los rasgos presentes en un organismo son heredados: de una generación a otra suele haber cierta variación. En otras palabras, la descendencia se parece, pero no es exactamente igual a sus progenitores. Ahora bien, la variación de rasgos puede producir en los organismos una diferencia en términos de *eficacia*, esto es, una diferencia en cuanto a su capacidad para desarrollar determinada función (por ejemplo, conseguir alimento). Esta ganancia o pérdida de eficacia puede volver a dicho organismo más o menos *apto* en relación con las condiciones de su medio. Las variantes más aptas son aquellas que tienen más probabilidad de sobrevivir y/o reproducirse, dejando así descendencia. A su vez, la herencia garantiza que la descendencia posea a su vez varios de estos rasgos que los hacen más o menos aptos, afectando así su probabilidad de sobrevivir y/o reproducirse. Este proceso se repite de generación en generación. Así, los organismos evolucionan gradualmente.

En la teoría de la selección natural aparecen varios conceptos que es necesario aclarar. El primero de ellos es el concepto de *variación*. En sus investigaciones, Darwin pudo observar que en sucesivas generaciones los organismos presentan a menudo rasgos novedosos, es decir, rasgos que no estaban presentes en sus progenitores. Esta variación en la aparición de rasgos es, para Darwin, *inagotable* y *aleatoria*. Es *inagotable* porque Darwin consideraba que siempre aparecerían rasgos nuevos en la descendencia, aun cuando no contaba, como contamos hoy en día, con la explicación de los mecanismos de variación ofrecida por la teoría genética. Además, la variación es *aleatoria*, porque los rasgos de los organismos no aparecen como una respuesta a necesidades adaptativas impuestas por el medio ambiente. Es decir, que la variación sea *aleatoria* no significa que no exista un mecanismo que explique la aparición de tal o cual rasgo novedoso, sino que esta no se rige por la finalidad de cubrir tal o cual necesidad adaptativa del organismo impuesta por el medio ambiente. Por ejemplo, en una población de jirafas puede aparecer una variación que haga que ciertas jirafas posean un cuello más largo. Aun cuando tener el cuello más largo les permita alcanzar las hojas más altas de los árboles y les proporcione de esta manera una ventaja para conseguir alimento, la

Malthus la población crece de manera similar al segundo caso, mientras que los alimentos crecen de manera similar al primero. Así, dado que la población crece mucho más rápido que los alimentos, la lucha por la supervivencia es inevitable.

variación en cuestión fue aleatoria en el sentido de que no surgió como una respuesta a la carencia de alimentos sino por mero azar. De esta manera, la aparición de diferentes rasgos puede ser tanto beneficiosa como neutral, e incluso perjudicial en relación con el medioambiente que la población de organismos habita. En relación con el ejemplo lamarckiano de las jirafas: así como algunas jirafas nacerán con cuellos un poco más largos al promedio, pudiendo así alcanzar más fácilmente el alimento, otras nacerán con cuellos un poco más cortos, teniendo así un impedimento fatal a la hora de competir por la supervivencia.

El segundo de los conceptos que es necesario incorporar es el de *herencia*. Así como Darwin sostiene que a menudo aparecen en la descendencia rasgos novedosos, afirma también que la mayoría de los rasgos presentes en los progenitores son heredados por su descendencia. Gran parte de la evidencia que poseía Darwin en favor de este punto provino de su estudio de la actividad de los criadores de animales, esto es, de la selección *artificial*. Darwin observó que seleccionando para la procreación únicamente a los individuos que poseían ciertos rasgos, los criadores podían, en tan solo pocas generaciones, generar a voluntad animales con los rasgos en cuestión. Piénsese, por ejemplo, en los criadores de perros y cómo pudieron a través de este método generar razas con rasgos diferentes en cuanto a pelaje, tamaño, carácter, etc.

Finalmente, encontramos los conceptos de *eficacia* y *aptitud*. El concepto de eficacia concierne a una determinada función; por ejemplo, entre distintos organismos de una especie, algunos pueden poseer rasgos que los hacen más eficaces para camuflarse, cazar, escapar de los depredadores, etc. Por supuesto, la eficacia con que cierto organismo desarrolla cierta función impacta en su aptitud en relación con el medio ambiente, esto es, impacta en la probabilidad de supervivencia (viabilidad) y/o de reproducirse y dejar descendencia (fertilidad) (Sober, 1993). Por ejemplo, supongamos que en una población de cebras algunos individuos poseen cierto rasgo que los hace más rápidos, mientras que el resto que carece de este rasgo es más lentos. Aquellas cebras que sean más rápidas serán más eficaces a la hora de escapar de los depredadores, de manera que tendrán mayor aptitud en términos de viabilidad, esto es, mayor probabilidad de llegar a la vida adulta. Del mismo modo, supongamos que ciertas cebras poseen un rasgo que las hace tener en promedio dos crías más que las cebras que carecen del rasgo en cuestión. Las cebras que posean ese rasgo serán más eficaces para la reproducción, de manera que poseerán una diferencia en términos de *fertilidad*, es decir, tendrán mayor probabilidad que las demás de dejar descendencia.⁹ Cabe destacar, además, que la aptitud es una noción comparativa. En primer lugar, cierto rasgo vuelve a un organismo más apto tan solo en relación con un medio ambiente particular: el mismo rasgo puede ser apto en un medio ambiente y neutro o incluso poco apto en otro.¹⁰ En segundo lugar, los rasgos son más

⁹ También podría ocurrir que un rasgo sea apto en términos de fertilidad pero no de viabilidad, o viceversa. Las plumas del pavo real, por ejemplo, son aptos en término de fertilidad, pues los machos con plumaje más grande y colorido son más eficaces para atraer a las hembras. Sin embargo, resultan poco aptos en cuanto a la viabilidad, pues hacen al individuo menos eficaz (más torpe y lento) para escapar de los depredadores. En casos como estos, lo importante será cuál es el grado de eficacia general que otorga el rasgo luego de sopesar ambos aspectos y cómo esto impacta en la aptitud general del organismo en relación con las necesidades del medio que habita.

¹⁰ Considérese el siguiente ejemplo (Harris 1994). Existen dos rasgos que son muy raros en la especie humana: la piel blanca y la tolerancia a la lactosa (esto es, la tolerancia a alimentos tales como la leche, el queso, etc.). El único grupo de humanos que evolucionó con estas características es aquel que migró hacia lo que hoy en día conocemos como Europa septentrional. La razón de estas adaptaciones tiene que ver con la importancia del consumo de calcio para el organismo. Una dieta baja en calcio aumenta la probabilidad de desarrollar raquitismo, una enfermedad grave que puede llevar a la muerte. Por un lado, en un medio ambiente como el de Europa septentrional, sin acceso a fuentes importantes de calcio más allá de los lácteos, la intolerancia a la lactosa (un rasgo neutral en el medio ambiente original desde donde migraron estos grupos) se volvió poco apto, mientras que la tolerancia a la lactosa ofrecía una

o menos aptos en comparación con los rasgos de otros organismos de la misma especie que compiten por sus recursos.

A través de estos conceptos, la teoría de la selección natural explica el origen, la diversidad y el carácter adaptativo de las diferentes especies de organismos en virtud de la aparición aleatoria de variaciones heredables con diferentes rasgos de eficacia y en relación con el medio ambiente en el que habitan.

Les presentamos ahora cómo funciona una explicación de los rasgos de un organismo, en términos darwinianos. Para esto, retomemos del ejemplo presentado anteriormente la siguiente pregunta ¿cómo llegaron las jirafas a poseer cuellos largos? Una explicación teleológica creacionista simple respondería que las jirafas fueron diseñadas y creadas por dios con cuellos largos con el propósito de que puedan alcanzar las hojas más altas de los árboles y así alimentarse. Ya vimos en su momento la explicación lamarckiana del asunto. La explicación que da la teoría de la selección natural es diferente a ambas. En virtud de un proceso de variación aleatoria de rasgos, ciertas jirafas nacieron con el cuello un poco más largo que el promedio. En virtud de este accidente del azar, dichas jirafas poseían una diferencia en eficacia con respecto al resto: concretamente, podían alcanzar las hojas más altas de los árboles, teniendo así acceso a una fuente de alimento adicional en un medio ambiente donde la escasez de recursos presionaba a los individuos de la especie en una lucha por la supervivencia. La consecuencia es que las jirafas con cuello más largo eran más aptas o, en otras palabras, poseían mayor probabilidad de alcanzar la vida adulta y, por lo tanto, de reproducirse y dejar descendencia. Dado el carácter heredable de este rasgo, la descendencia también tenía predominantemente el cuello largo y, por ende, también poseía una ventaja en la competencia por el alimento respecto de las jirafas con cuello corto. Vale decir que, dentro de la población de jirafas en ese medio ambiente particular, las jirafas con cuello largo tenían mayor probabilidad de llegar a la vida adulta, reproducirse y dejar descendencia, que las jirafas con cuello corto. De esta manera, gradualmente y luego de muchas generaciones, las jirafas con cuello corto dejaron de existir y el rasgo 'cuello largo' se volvió predominante.

Evidencia para la teoría Darwiniana

En los apartados anteriores presentamos brevemente la teoría Darwiniana. Como vimos, parte de su atractivo radica en su poder explicativo: la selección natural, junto con las tesis gradualista, evolucionista, de origen común y de lucha por la supervivencia permiten dar cuenta de una amplia variedad de fenómenos, incluyendo la diversidad y variación de los rasgos de los organismos y su carácter adaptativo. Pero, ¿qué evidencia existe en favor de dicha teoría? En este apartado presentaremos evidencia existente a favor de la teoría de la evolución que provienen de diferentes áreas del conocimiento científico y de las actividades

ventaja crucial para la supervivencia. Por el otro lado, ingerir alimentos con calcio no garantiza una absorción adecuada por parte del organismo. La piel blanca ayuda en este respecto: al permitir pasar más luz solar, favorece la fijación de la vitamina D3, vital para absorber en los intestinos el calcio de los alimentos ingeridos por el organismo. De este modo, un rasgo como la piel oscura, muy apto en el medio ambiente original de los humanos debido a su capacidad para filtrar mejor la fuerte luz solar típica de climas cálidos, se volvió poco apto en el nuevo hábitat, en el cual la fuerza y el tiempo de exposición solar era significativamente menor y la absorción de calcio resultaba crucial para evitar el raquitismo. El ejemplo muestra cómo rasgos que son neutrales (intolerancia a la lactosa) o incluso ventajosos (piel oscura) en un medio ambiente pueden volverse desventajosos en otro.

humanas (parte de estas evidencias fueron señaladas por el mismo Darwin y parte de ellas se deben a desarrollos posteriores).

Selección natural

Un primer tipo de evidencia a favor de la teoría darwiniana proviene de la observación directa de los mecanismos de selección natural. Uno de los ejemplos más famosos es el de las polillas inglesas (Ruse 2008). La población de polillas en el sur de Inglaterra solía ser, antes del siglo XIX, mayoritariamente blanca. Estas polillas reposaban sobre el tronco de los árboles de los bosques de la región que eran de un color más bien pálido. De esa manera, podían camuflarse y evadir con éxito a los depredadores, mayormente pájaros de la zona. A fines del siglo XIX, sin embargo, el gran desarrollo industrial que tuvo lugar en la zona hizo que la polución producida por las fábricas volviera los troncos de los árboles más oscuros. En el nuevo ambiente, las polillas blancas eran presa fácil. Sin embargo, debido a cierta variación aleatoria de rasgos, algunas polillas poseían alas negras y, de este modo, ostentaban una ventaja en eficacia: el color de sus alas les permitía camuflarse en los troncos ennegrecidos por el hollín y así escapar exitosamente de los depredadores. Estas polillas con alas negras tenían más probabilidad de llegar a la vida adulta, reproducirse y dejar como descendencia otras polillas con alas negras. Luego de muchas generaciones, la población de polillas de los bosques del sur de Inglaterra pasó de tener alas blancas a tener alas negras.

Selección artificial

Un tipo de evidencia recolectada por Darwin en favor de sus teorías provino de su estudio de la selección artificial. Darwin observó el trabajo de los criadores de animales y plantas y el modo en que estos pueden seleccionar las características que desean haciendo que solo se apareen entre sí los individuos que tienen esas características y no los otros. Estas prácticas aportan evidencia a la idea de que los rasgos de los organismos son *heredables*. Además, Darwin observó que, muchas veces, los criadores obtienen resultados inesperados: los animales ostentan rasgos que no estaban en sus progenitores. Este hecho reiterado proporciona evidencia para la idea de *variación* de rasgos.

En el momento en que Darwin presentó su teoría, varios científicos mantenían algunas reservas al respecto. Incluso entre aquellos que aceptaban la idea de evolución a través de procesos de selección natural, mantenían dudas en relación con la amplitud de la tesis. En otras palabras, que muchas adaptaciones hayan surgido por selección natural, no implica que este mecanismo explique toda la diversidad y complejidad que podemos encontrar en el mundo natural. En particular, existían ciertas dudas con respecto a la posibilidad de que la selección natural pudiese explicar adecuadamente los procesos de especiación (procesos en los que una especie se ramifica en dos especies diferentes), pues estos no habían sido observados directamente (y son muy difíciles de observar, pues ocurren, de acuerdo con la teoría, en períodos muy largos de tiempo). En su momento, era relativamente poco controvertido conceder que la selección natural produce pequeños cambios y adaptaciones en organismos de una misma especie. Sin embargo, que la evolución puede producir especies totalmente nuevas representaba una apuesta más radical en relación con la concepción tradicional creacionista, de acuerdo con la cual las especies son fijas y están establecidas de una vez y para siempre.

En la actualidad, sin embargo, a través de la selección artificial los biólogos han observado que incluso pueden causar a voluntad acontecimientos de especiación. Definamos 'especie' del siguiente modo: dos individuos pertenecen a diferentes especies si y solo si no pueden producir descendencia fértil viable (Sober 1993). Modificando genéticamente ciertas plantas,

en la actualidad, los biólogos pueden producir nuevos organismos reproductivamente aislados de sus progenitores. De esta manera, gracias a la selección artificial, hoy en día contamos con evidencia directa del modo en que la selección puede producir nuevas especies.

Paleontología

La Paleontología es la ciencia que estudia el origen y el cambio de los seres vivos en el pasado, fundamentalmente a partir del análisis del registro fósil. Varias de las teorías sostenidas por Darwin reciben apoyo de la evidencia aportada por esta ciencia. El registro fósil muestra, por ejemplo, que en el pasado existieron 'nexos' o formas intermedias entre especies, lo que sugiere que ciertas especies evolucionaron a partir de formas más antiguas. Por ejemplo, el registro fósil del que disponemos cuenta con ejemplares de *Archaeopteryx*, una especie primitiva con características mixtas, algunas comunes en las aves y otras presentes en los reptiles. Este tipo de evidencia indica la existencia de especies intermedias entre ambos grupos, sugiriendo que las aves descienden de los reptiles; esto es, proporciona evidencia en favor tanto de la teoría del origen común como de la teoría gradualista.

Biogeografía

La Biogeografía estudia la distribución de organismos alrededor del planeta. A partir de las observaciones llevadas a cabo en su extenso viaje alrededor del mundo en el *Beagle*, Darwin pudo observar algunos fenómenos respecto de la distribución de especies en las islas oceánicas (esto es, islas situadas en el océano, bastante alejadas del continente) que apoyan su teoría de la selección natural. Consideremos, a modo de ilustración, el ejemplo del archipiélago de Galápagos, en el océano pacífico, frente a Ecuador. Darwin observó que estas islas oceánicas poseen especies endémicas, es decir, que no pueden encontrarse en ningún otro lugar del mundo. Estas ostentan grandes similitudes con especies presentes en el continente más cercano (el continente americano). Sin embargo, las condiciones de vida, el clima, la altura, el tamaño de la isla y las proporciones numéricas entre las distintas especies que la habitan no se parecen en nada a lo que puede observarse en el continente. Por otra parte, en ciertas islas oceánicas cercanas a Cabo Verde (estado africano situado en el océano Atlántico, frente a la costa senegalesa) pueden observarse condiciones ambientales muy parecidas a las que ostentan las islas Galápagos, y sin embargo las especies en uno y otro grupo de islas es muy disímil. En cambio, las especies en las islas cercanas a Cabo Verde exhiben características parecidas a muchas especies presentes en el continente más cercano (África). A estos hechos se suma un último dato relevante. Darwin observó que las islas oceánicas no poseen mamíferos terrestres más allá de los introducidos por los humanos, mientras que sí poseen otro tipo de mamíferos como, por ejemplo, murciélagos. Ahora bien, mientras que la teoría vigente en aquel momento, según la cual las especies fueron creadas por Dios de manera independiente en lugares geográficos específicos, era incapaz de explicar todos estos hechos, la teoría de la selección natural los explica fácilmente. Por un lado, varias de las especies presentes en el continente emigraron hacia las islas. Una vez allí, las diferentes condiciones del medio ambiente condujeron a una selección de rasgos diferentes hasta producir especies nuevas, especies que no se encuentran en el continente, aunque presentan rasgos similares en virtud de poseer un ancestro común. Por otra parte, los mamíferos terrestres no son capaces de migrar desde el continente, razón por la cual no pueden observarse este tipo de especies en las islas oceánicas, contrario a lo que ocurre en el caso de los mamíferos de otro tipo como los murciélagos, que son capaces de volar grandes distancias hasta las islas en cuestión. Esto explica además que ambientes con condiciones muy parecidas como las Islas Galápagos y las

islas cercanas al Cabo Verde posean flora y fauna disímiles entre sí, pero parecidas cada una a la flora y fauna del continente más cercano.

Homología entre diferentes especies

Otra de las fuentes de evidencia tomadas por Darwin proviene de lo que se ha denominado "homología entre diferentes especies". Atendamos a un ejemplo para ilustrar a qué nos referimos, a saber, las similitudes en la estructura ósea (huesos similares, en un orden similar, con un mismo patrón) entre las extremidades de diferentes animales tan diversos como las manos de los humanos, las alas de las aves y las aletas de las tortugas. Darwin piensa en las homología como estructuras que parecen ser del mismo tipo y que están presentes en diferentes grupos de organismos, aun cuando difieran en forma o función según el caso. En este sentido, la homología *estructural* proporciona evidencia de la existencia de un ancestro común a partir del cual se fueron ramificando diferentes especies.

Otro tipo de homología que proporciona evidencia en favor de la teoría darwiniana proviene de la Embriología. Darwin observó que numerosas especies, muy diferentes cuando adultos, presentan características muy parecidas cuando se encuentran en estado embrionario. A modo de ilustración, cabe mencionar el caso de los embriones humanos, los cuales desarrollan cavidades branquiales que luego desaparecen en la forma adulta. La teoría de la selección natural provee una explicación apropiada para este hecho: diferentes especies poseen un antepasado común, diferenciándose luego en virtud de un proceso de selección natural, vestigios de este pasado común permanecen aún en el estado embrionario.

Selección natural y genética

La teoría de la selección natural ofrece una explicación para la gran variedad, complejidad y adaptación que puede observarse en el mundo natural. Esta explicación apela a ciertos fenómenos observables como el hecho de la herencia (los descendientes se parecen a sus progenitores) y la variación (los descendientes no son exactamente iguales a sus progenitores, sino que presentan a menudo algunos rasgos distintos). Sin embargo, Darwin no contaba con una explicación apropiada de los mecanismos a través de los cuales estos fenómenos tienen lugar, lo cual restaba poder explicativo a la teoría. Para elaborar una teoría que combinara la selección natural con una explicación apropiada de los mecanismos de variación y herencia fue necesario esperar hasta la integración entre la teoría de la evolución y la teoría genética en la *Teoría Sintética de la Evolución* (1930).

Los inicios de la genética se remontan al trabajo del monje austríaco Gregor Mendel (1822-1884). La gran contribución de Mendel fue demostrar que las características heredadas son portadas por unidades discretas que se reparten por separado -se redistribuyen- en cada generación. Estas unidades son las que hoy conocemos como *genes*. Actualmente, sabemos que los genes se encuentran en los cromosomas y estos, a su vez, constituyen las moléculas de ADN (Ácido Desoxirribo Nucleico) presentes en el núcleo de las células. La constitución genética completa de un organismo se denomina genotipo y las características externas observables en un organismo se llaman fenotipo. La teoría genética permite completar los 'huecos' en la teoría de la selección natural, es decir, proporciona una explicación para los mecanismos de herencia y variación que aquella postula.

Comencemos con la explicación de la herencia en el marco de la Teoría Sintética de la Evolución. Esta teoría sostiene que las moléculas de ADN presentes en el núcleo de cada célula contienen la información genética completa del individuo y que esas moléculas tienen la

capacidad de replicarse, es decir, de hacer copias fieles de sí mismas y traspasarlas a otras células. A modo de ilustración, considérese el ejemplo de un organismo diploide (*i.e.* con dos juegos de cromosomas) que se reproduce sexualmente. Cada organismo replica su propia información genética y 'pasa' parte de ella a unas células denominadas gametos (óvulos y espermatozoides) que contienen un solo juego de cromosomas (haploides). En la reproducción sexual, los gametos de dos organismos se unen para constituir nuevamente una célula diploide, cuyo material genético estará compuesto en partes iguales por la información genética de cada uno de los progenitores. De este modo, se explica el mecanismo a través del cual ciertos rasgos son heredados: la información genética está codificada en el ADN de los organismos, los cuales, al reproducirse, lo transfieren parcialmente a su descendencia.¹¹

Por otra parte, la genética puede también explicar los mecanismos de variación, esto es, la materia prima de la selección natural. Como se dijo anteriormente, una de las características de las moléculas de ADN es su capacidad para hacer copias fieles de sí mismas y pasarlas a su descendencia. Sin embargo, a menudo la copia no es perfecta, sino que difiere levemente del original (mutaciones). Estas variaciones, que pueden ocurrir durante el proceso de replicación del ADN, pueden originarse por diferentes motivos (pueden deberse a una simple falla en el proceso de copiado o a factores externos como la radiación o la exposición a ciertos químicos, entre otros). En cualquier caso, las variaciones producen cambios genéticos visibles en la conformación del ADN, que luego son heredados por la descendencia, produciendo así en muchos casos la aparición de rasgos novedosos que pueden ser ventajosos o desventajosos en la competencia (con otras especies e individuos de la misma especie) por la supervivencia en el medio ambiente que habita el organismo.

Así, de acuerdo con la *Teoría Sintética de la Evolución*, la selección natural actúa sobre los genes seleccionando aquellos que poseen una ventaja en eficacia. Para comprender mejor esta idea, considérese la siguiente reformulación, en términos genéticos, del largo del cuello de las jirafas. En cierto momento, apareció aleatoriamente en ciertas jirafas un gen que determinaba un cuello más largo que el promedio. Aquellas jirafas que poseían este gen gozaban de una ventaja en términos de eficacia, pues eran capaces de alcanzar las hojas más altas de los árboles, teniendo así más probabilidad de llegar a la vida adulta y dejar descendencia. Al reproducirse (recuérdese que la reproducción de las jirafas es sexual), estas jirafas pasaban parte de su material genético a su descendencia, de manera que al menos cierta proporción de sus crías tenían el gen que determina un cuello largo, con la consiguiente ventaja en eficacia. Dado que las jirafas con el gen 'cuello largo' tenían más probabilidad de dejar descendencia, con cada generación fue aumentando la cantidad de individuos con el gen en cuestión y las que no lo tenían fueron desapareciendo.

Repercusiones del pensamiento darwiniano

La teoría de Darwin fue disruptiva respecto de la cosmovisión preponderante en el momento en que vio la luz, promediando el siglo XIX. En primer lugar, cabe señalar, la teoría de la selección natural es incompatible con la doctrina cristiana del *creacionismo*, según la cual Dios creó todas las especies a la vez, tal y como son en la actualidad y en locaciones geográficas específicas. La propuesta evolucionista de Darwin atenta contra esta concepción en dos formas. En primer lugar, es incompatible con la idea de que las especies fueron creadas tal y como son actualmente, pues mantiene que estas evolucionaron gradualmente a través de

¹¹ Este es el modelo, muy sencillamente explicado, para el caso de la reproducción sexual entre organismos diploides. Contamos, del mismo modo, con una explicación genética para la herencia en los demás tipos de organismos y formas de reproducción (e.g. reproducción asexual).

millones de años. Más radicalmente, el evolucionismo darwiniano presupone que el desarrollo de la vida no responde a ningún plan o diseño divino. Si bien la palabra 'selección' evoca la idea de una actividad voluntaria o activa, el proceso propuesto de selección natural es pasivo, más parecido al filtrado de variaciones heredables por parte del medio ambiente. Es decir, Darwin rechaza la idea de un diseño o plan divino como guía para la evolución, sostenida por Lamarck y por otros. Contra la cosmovisión cristiana, de acuerdo con la teoría de la evolución el mundo de la vida avanza a ciegas, sin un sentido predeterminado. En lugar de un plan divino, desde esta perspectiva, lo que ocurre es la aparición aleatoria de rasgos que de manera azarosa resultan ventajosos, neutros o desventajosos en relación con un medio y con otros organismos de la misma especie. Así, la selección produjo paulatinamente la fijación de los rasgos más eficaces en términos de supervivencia y reproducción, pero sin que exista un plan o un principio que guíe el proceso.

Esta ruptura se agudiza aún más con la publicación de *El origen del Hombre* (1871), donde Darwin presenta una versión completamente naturalista del origen de los seres humanos como producto de la evolución a través de la selección natural a partir de ancestros que compartimos con otras especies como los simios. Esta teoría atenta contra la idea antropocéntrica cristiana según la cual dios creó a los hombres y mujeres 'a imagen y semejanza' y desplaza a los seres humanos del lugar de privilegio que se les otorgaba en relación con el resto del mundo natural.

Más aun, la nueva concepción de la naturaleza no solo contraviene la cosmovisión cristiana. La tradición filosófica moderna, a partir del siglo XVIII (con algunas excepciones), concebía el desarrollo de la historia y del hombre como un proceso de continuo avance hacia lo mejor, idea condensada en el concepto de *progreso*. La concepción desarrollada en *El Origen de las especies*, da por tierra con esta idea. Si bien es cierto que la palabra 'evolución', tal como es vulgarmente utilizada, sugiere a menudo la idea de un cambio hacia lo mejor, de lo más simple a lo más complejo o de lo menos completo o acabado a lo más desarrollado, la idea darwiniana de evolución no implica nada de esto.

En síntesis, al renunciar a las explicaciones teleológicas, Darwin abandona la idea de que exista un fin último que regule los procesos naturales, ya sea que se lo considere como impuesto por dios o como parte de una ley inmanente que oriente la historia hacia el progreso general.

Sesgos en el pensamiento darwiniano

Tal como aparecen relevados en la historia de la ciencia los hitos más destacados, muchos de los cuales han alcanzado la categoría de revoluciones, parecen haber sido llevados adelante exclusivamente por científicos varones. Pero, enriquecida ya nuestra mirada con los recursos críticos de las epistemologías feministas que hemos analizado, podemos formularnos algunos interrogantes. ¿Sólo científicos varones sumaron aportes al desarrollo de los grandes episodios históricos de la ciencia? ¿Pueden señalarse sesgos de género en las obras de los científicos que protagonizaron las grandes revoluciones científicas a lo largo de la historia?

Como era esperable, efectivamente existieron numerosos aportes de científicas desde la antigüedad pero estas ha sido olvidadas, silenciadas o invisibilizadas por una versión de la historia de la ciencia que privilegia las figuras masculinas. Sus aportes están siendo recuperados a partir del trabajo de los historiadores feministas de la ciencia y en buena

medida es gracias a ellos que podemos considerar a Hipatia¹², (por mencionar un ejemplo vinculado con la astronomía y la revolución copernicana, que analizamos como mucho más que simplemente la hija de Teón de Alejandría, matemático y astrónomo del siglo IV. De su padre Hipatia recibió su formación en matemática, astronomía y filosofía pero los documentos acreditan que ella misma formó numerosos discípulos en esas disciplinas y que se destacó por su propia producción. Entre sus trabajos más destacados se cuentan: el comentario a la Aritmética de Diofanto de Alejandría, el Canon astronómico, y el comentario a las Secciones cónicas de Apolonio de Perga. Los comentarios de Hipatia planteaban nuevos problemas matemáticos y elaboraban distintas soluciones.

El propio Teón, su padre, atestigua la participación de Hipatia en la redacción de sus Comentarios del Almagesto de Tolomeo. Hipatia extrajo de la obra de Tolomeo numerosas conclusiones matemáticas novedosas relativas a los movimientos de los cuerpos celestes. Con ellas elaboró el Canon astronómico, un conjunto de tablas que permiten el estudio de los movimientos de los astros. Se cree que Hipatia apoyaba la tesis del heliocentrismo contra el geocentrismo y algunas versiones no descartan que el propio Copérnico haya tenido acceso a sus comentarios al Almagesto en la biblioteca de los Médicis en Florencia.

El caso de Hipatia es uno entre muchos –cada vez se descubren más– de mujeres que hicieron ciencia desde los márgenes y constituye un ejemplo de los diversos mecanismos de invisibilización que hemos mencionado en nuestro análisis de la crítica epistemológica feminista.

Entre esas críticas, recordemos, se encuentran también los sesgos androcéntricos y/o sexistas presentes en muchos conceptos y teorías científicos. Como es esperable, una revisión crítica de la historia de la ciencia muestra que también las teorías y conceptos que fueron ejes de profundas revoluciones científicas contenían tales sesgos que, en muchos casos, extienden su influencia hasta nuestros días.

Es el caso de la teoría de la evolución de Darwin. Acerca de ella, la bióloga y filósofa Carolina Martínez Pulido afirma:

“La revolución darwiniana, que cambió tantas cosas y barrió tantos prejuicios de las ciencias naturales, no modificó casi en nada la visión mantenida durante siglos acerca de la inferioridad «natural» de las mujeres con respecto a los hombres. El único cambio destacable en este sentido fue que las diferencias jerárquicas entre los sexos humanos, antes atribuidas al dios o dioses, se imputaron ahora a la ciencia.

El científico afirmaba que muchas de las facultades típicas del sexo femenino (intuición, rápida percepción y quizás también las de imitación) «son propias y características de razas inferiores, y por lo tanto corresponden a un estado de cultura pasado y más bajo.»

En contraste con estas características femeninas, subrayaba que «el hombre desarrolló facultades mentales superiores, como la observación, la razón, la invención o imaginación» que, finalmente, lo hicieron superior a la mujer en todos los terrenos. Concluía Darwin: «en cuerpo y espíritu el hombre es más potente que la mujer.»¹³

¹² Matemática, astrónoma y filósofa que vivió entre los años 355 y 415 en Alejandría durante la época del imperio romano.

¹³ Martínez Pulido, C. “La evolución humana con perspectiva de género” disponible en <https://mujeresconciencia.com/2015/01/07/la-evolucion-humana-con-perspectiva-de-genero-un-combate-por-la-objetividad/>

¿Quién no ha visto estas ideas sesgadas desplegarse más o menos explícitamente en variados discursos contemporáneos de influencia cultural entre los que se cuentan, por ejemplo, los de políticos e incluso docentes?

Como ya hemos mencionado, la epistemología feminista no retrocede ante el desafío de la identificación y desarticulación de los sesgos, incluso los afianzados en las teorías fundamentales más difundidas e incuestionables, los que, justamente por ello, son los más evidentes y a la vez los más invisibles. Esta labor crítica tiene por objeto la mejora de la ciencia como empresa epistémica y por esa razón, la crítica no es anacrónica ni meramente denunciatoria sino que cada teoría es analizada en su contexto histórico, donde puede verse de qué modo las ideas de cada época ejercieron una influencia decisiva y cómo, desde el presente dotadas de una nueva mirada, podemos interrogarlas, cuestionarlas y conservar todo lo valioso que esos hitos de la ciencia aportan y que las hace merecedoras del estatus de auténticos pilares de la historia de la ciencia.

Referencias

- Darwin, C. 1859. *The Origin of Species by means of Natural Selection*. London: John Murray.
- Harris, M., 1994. *Bueno para comer*. Alianza editorial.
- Kant, I. [1790] 1951. *Critique of Judgment*. New York: Haffner.
- Rosenberg, A. & McShea, D. 2008. *Philosophy of Biology: a Contemporary Introduction*. New York: Routledge.
- Ruse, M. 2008. *Charles Darwin*. Oxford: Blackwell.
- Ruse, M. (Ed.) 2013. *The Cambridge Encyclopedia of Darwin and Evolutionary thought*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sober, E. 1993. *Filosofía de la Biología*. Madrid: Alianza Editorial.

Material para ampliar

- Dawkins, R. 1993. *El Gen Egoísta*. Barcelona: Salvat Editores.
- Gould, J. 2002. *Acabo de llegar*. Barcelona: Planeta.
- Ruse, M. 2008. *Charles Darwin*. Buenos Aires: Katz Editores.