

La abducción interrogativa de Hintikka en el razonamiento de Darwin

The Interrogative Abduction of Hintikka in Darwin's Reasoning

Rodrigo Medel

Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias,
 Universidad de Chile, Chile
 rmedel@uchile.cl
<https://orcid.org/0000-0001-9955-764X>

Resumen

Una de las propuestas más innovadoras al concepto original de abducción de Peirce es la efectuada por Hintikka. A diferencia de la concepción Peirceana construida a partir de una estructura silogística de bajo poder lógico, Hintikka libera la abducción de las restricciones impuestas por el aparato deductivo, ubicando el concepto en un esquema interrogativo más flexible en que el investigador orienta sus pasos de manera estratégica y organizada hacia el descubrimiento final. Paavola ejemplifica la nueva definición de abducción usando el descubrimiento de la teoría de evolución de Darwin como evidencia histórica. En este trabajo sostengo que el ejemplo usado por Paavola es equivocado, principalmente por una interpretación incorrecta de los descubrimientos de Darwin. Una inspección detallada de las libretas de Darwin, sin embargo, revela que el razonamiento de Darwin en la búsqueda del Principio de Divergencia, la última hipótesis antes de publicar el Origen de las Especies, es consistente con la propuesta de Hintikka, aunque en un segmento histórico distinto del señalado por Paavola.

Palabras clave: principio de divergencia, abducción, teoría de la evolución, filosofía de la biología, Peirce, descubrimiento.

Sección Artículos / Articles Section

Received: 10/11/2023. Final version: 10/04/2024

© 2024 Instituto de Filosofía, Universidad de Valparaíso
 Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología (AIFIBI)



This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

Abstract

One of the most significant advances to Peirce's original idea of abduction is the one developed by Hintikka. Unlike the Peircean definition that is constructed from a syllogistic structure with low logical power, Hintikka releases abduction from the constraints of deduction by placing the concept in a more flexible interrogative framework where the researcher advances to the final discovery through a strategic pathway. Paavola implemented this idea by using the discovery of the theory of evolution as historical example. In this work I posit that the example used by Paavola is incorrect because of a misinterpretation of Darwin's discoveries. A more detailed inspection of Darwin's Notebooks, however, reveals that Darwin's reasoning in the search for the Principle of Divergence, the last hypothesis before the publication of the Origin of Species, is consistent with Hintikka proposition, albeit in a different historical segment than the used by Paavola.

Keywords: principle of divergence, abduction, theory of evolution, philosophy of biology, Peirce, discovery.

1. Introducción

Uno de los conceptos más importantes en filosofía general de la ciencia del siglo XX es la abducción (Hintikka, 1998; Niiniluoto, 1999). La abducción fue concebida inicialmente por Charles Peirce como una figura de silogismo diferente de la deducción e inducción¹ que origina un tipo especial de razonamiento. Más adelante, en lo que se ha denominado la concepción madura de la abducción, Peirce la presenta en las Conferencias de Harvard sobre el Pragmatismo (1903), como el razonamiento que caracteriza la generación de hipótesis científicas mediante destellos intuitivos. Así, en la 5ª lectura, titulada *Las tres ciencias normativas*, Peirce señala que “La abducción consiste en estudiar los hechos e idear una teoría para explicarlos. Su única justificación es que si alguna vez llegamos a entender las cosas, tiene que ser de esa manera”. Más adelante, en la 6ª lectura señala,

La abducción es el proceso de formar una hipótesis explicativa. Es la única operación lógica que introduce alguna idea nueva, pues la inducción no hace más que determinar un valor y la deducción meramente desenvuelve las consecuencias necesarias de una hipótesis pura. La deducción demuestra que algo debe ser, la inducción muestra que algo es realmente operativo y la abducción meramente sugiere que algo puede ser. (Peirce, 1903, Lectura 6. Tres tipos de razonamiento)

En la misma lectura, Peirce señala su convencimiento que la abducción es el tipo de inferencia que caracteriza el descubrimiento científico, “... todos y cada uno de los puntos de las teorías científicas que hoy están establecidas se deben a la abducción.” La abducción así concebida es presentada en la séptima y última lectura de las Conferencias, como el esquema,



1. Se observa el hecho sorprendente C.
2. Pero si A fuera verdadero, C no sería algo excepcional.
3. Por lo tanto, hay razón para sospechar que A es verdadero.

Desde entonces, se ha señalado extensamente que este esquema es el que caracteriza el descubrimiento científico ya que es su carácter ampliativo el que permite que conocimiento nuevo no contenido en las premisas sea incorporado al razonamiento (Hanson, 1958a; McMullin, 1992; Psillos, 1999; Niiniluoto, 1999). Según Peirce, la manera en que la hipótesis abductiva es creada, obedece a procesos lógicos relacionados con estados mentales originados por intuiciones, facilitando eventos de transición epistémica,

La sugerencia abductiva viene a nosotros como un destello introspectivo. Es un acto de iluminación interior o revelación inteligente, aunque de una naturaleza extremadamente falible. Es cierto que los diferentes elementos de la hipótesis estaban en nuestras mentes con anterioridad, pero es la idea de conectar lo que antes jamás habíamos soñado conectar lo que hace que la nueva sugerencia aparezca como un destello ante nuestra contemplación. (Peirce, 1903, Lectura 7. Pragmatismo y abducción)

Desde que fuera inicialmente propuesta por Peirce a fines del sXIX, el concepto de abducción ha especiado al menos en dos ramas, que aunque relacionadas entre sí, difieren en la etapa del proceso de investigación al que hacen referencia. Por una parte, una corriente de indagación que refiere estrictamente al proceso de generación de hipótesis y desarrollo de una lógica del descubrimiento. Por otra parte, una corriente que refiere tanto al proceso de generación de hipótesis como a la evaluación de las virtudes epistémicas de las hipótesis posibles, y posterior selección de aquella que de mejor cuenta de la observación sorprendente. Esta última corriente, también llamada *Inferencia a la Mejor Explicación* ha sido objeto de un amplio desarrollo, aunque actualmente existe cierto consenso en la literatura en que no representa el sentido original otorgado por Peirce a la abducción.¹

Una de las críticas más importantes al esquema de inferencia abductivo es el compromiso existente entre su fuerza lógica y el carácter ampliativo (Kapitan, 1997; ver revisión en Plutynski, 2011). Sin embargo, esta observación ya estaba de alguna manera contemplada por Peirce en 1903, quien puso el acento no en la validez lógica de la inferencia, usualmente normada por estándares deductivos, sino en su capacidad de introducir nueva información a los esquemas de razonamiento,

¹ La inferencia a la mejor explicación ha sido desarrollada extensamente por Harman (1965), Lipton (2004), entre muchos otros. Versiones más eclécticas sostienen que no hay buenas razones para diferenciar entre ambas corrientes. Ver por ejemplo Hintikka (1998), Minnameier (2004), Campos (2011) y Mackonis (2013). Paavola (2006) denomina *abducción Hansoniana* a la que respeta el sentido original de Peirce, para diferenciarla del basado en inferencia a la mejor explicación, que denomina *abducción Harmaniana*.

... hay que señalar que sólo en la deducción no hay diferencia entre un argumento válido y uno fuerte. Un argumento es válido si posee la clase de fuerza que afirma tener y si tiende hacia el establecimiento de la conclusión en la manera en que pretende hacerlo. Pero la cuestión de su fuerza no concierne a la comparación del debido efecto del argumento con sus pretensiones, sino que simplemente [descansa] sobre el tamaño de su debido efecto. Un argumento no es menos lógico por ser débil, a condición de que no pretenda tener una fuerza que no posee. (Peirce, 1903, Lectura 7. Pragmatismo y abducción)

Para Peirce, la abducción puede ser un argumento válido, siempre y cuando no sea juzgado sobre los mismos méritos que la deducción. Independientemente de su fuerza lógica, el valor de la abducción radicaría principalmente en su carácter pragmático ya que es precisamente gracias a su carácter ampliativo que se han iluminado diversas áreas del conocimiento (Magnani, 2001). Peirce concibe esta dualidad a partir de los criterios de fecundidad y seguridad de un razonamiento, en que *fecundidad* refiere a la propiedad de un modo de razonamiento en producir contenido extra al contenido en las premisas, mientras que la *seguridad* de un razonamiento nos informa si su conclusión es al menos tan cierta como las premisas⁴. De acuerdo a estos criterios, Peirce señala que la abducción, en comparación a la inducción y deducción, es la que proporciona la mayor fecundidad pero al mismo tiempo nos provee de la menor seguridad (CP 8.384).

En la operatoria de un proceso abductivo, un elemento crucial es el conocimiento de fondo. De acuerdo a Peirce, es contra este fondo constituido por conocimiento aceptable en forma de hechos y teorías confirmadas contra el cual la observación o dato sorprendente es donde se coteja la observación sorprendente con anterioridad a la elaboración de la hipótesis. En *La Primera Regla de la Lógica* (1903), Peirce toma elementos de la *Historia de las Ciencias Inductivas* de Whewell (1837) para señalar que la manera en que se inicia el proceso abductivo es mediante la observación de un conjunto de hechos coligados que carecen de un concepto integrador. En la Séptima Conferencia de Harvard, Peirce señala,

Tenemos ante nosotros una masa de hechos. Los revisamos. Los examinamos. Los encontramos una maraña confusa, una jungla impenetrable. Somos incapaces de sostenerlos en nuestras mentes. Nos esforzamos para ponerlos por escrito, pero parecen ser tan diversamente intrincados que no podemos estar satisfechos de que lo que hemos escrito represente los hechos, ni podemos obtener ninguna idea clara de qué es lo que hemos puesto por escrito. Pero de repente, mientras estamos repasando nuestro resumen de los hechos y tratando de ponerlos en orden, nos damos cuenta de que si supusiéramos como verdadero algo que no sabemos que sea verdadero, estos hechos se ordenarían luminosamente. Eso es la abducción. (CP 8.388)

Este concepto integrador hipotético, sin embargo, no puede formar parte del conocimiento de fondo desde el que se gatilla la abducción, ya que si así fuera, la veracidad de la hipótesis no sería puesta en duda y no habría abducción posible. Asimismo, la hipótesis tampoco

puede resultar de una evaluación previa, ya que de ser así, se sabría de antemano la hipótesis más adecuada de un conjunto posible para dar cuenta de la observación, por lo que inferirla en relación a sus rivales sería un ejercicio trivial. Esta observación es señalada por Peirce (1901) en *Lógica de Extraer la Historia de Documentos Antiguos*, donde señala que además de dar cuenta del fenómeno sin explicación, la hipótesis abductiva debe ser *enteramente ajena a los datos* y coherente con las creencias de fondo, que es donde reside el conocimiento actualizado. En otras palabras, una vez gatillado el proceso abductivo, la hipótesis creada debe ser *consistente* con lo conocido hasta el momento, lo que hace precisamente que la hipótesis tenga algún grado de plausibilidad, y al mismo tiempo debe ser *coherente* en el sentido de otorgar una explicación a la observación sorprendente. Estos dos criterios proveen un marco sobre el cual evaluar la virtud de la hipótesis en el contexto de la observación, lo que ha sido analizado extensamente por distintos autores (ver por ejemplo BonJour, 1985; Bartelborth, 1999; Thagard, 1989; Mackonis, 2013; entre otros).

La noción de abducción de Peirce, en sus dos definiciones, comporta tanto el acto de llegar a nuevas hipótesis plausibles como el acto de acogerlas para posterior investigación. Mientras la primera etapa se relaciona con el proceso de origen de las conjeturas o hipótesis que constituyen explicaciones posibles a las observaciones sorprendentes bajo consideración, la segunda es gobernada por reglas y refiere a la etapa de selección de la mejor explicación posible. En ambos casos, la intuición juega un papel preponderante, lo que según Peirce se debería a la fina sintonía existente entre la mente del investigador y la naturaleza. La mejor justificación de la importancia del razonamiento abductivo, afirma Peirce, es la asombrosa frecuencia con la que acierta, tal y como nos muestra la historia de las ciencias,

Esta facultad es (...) de la naturaleza general del instinto, parecida a los instintos de los animales en que sobrepasa por mucho los poderes generales de nuestra razón y en que nos dirige como si estuviéramos en posesión de hechos que están completamente más allá de nuestros sentidos. Se parece también en su pequeño riesgo de error; pues aunque se equivoca más a menudo que acierta, la relativa frecuencia con que acierta es en su conjunto la cosa más maravillosa de nuestra constitución. (Peirce, 1903, Lectura 15. La naturaleza del significado)

Para la definición tardía de Peirce, aquella asociada a descubrimiento, la mayoría de los ejemplos provienen de casos de la historia de la ciencia en el ámbito de la física. En efecto, es bien conocido que tanto Peirce como Hanson consideraron la investigación de Kepler como el epítome de razonamiento abductivo. Hanson (1958b) toma este descubrimiento para ilustrar el razonamiento abductivo como sigue,

Kepler no empezó con la hipótesis de que la órbita de Marte era elíptica para deducir a continuación enunciados confirmados por las observaciones de Brahe. Estas últimas observaciones le fueron dadas, y plantearon el problema, fueron el punto de partida de Johannes Kepler. A partir de éstas se esforzó por obtener una hipótesis apropiada, después pasó a otra y después a otra, para acabar finalmente en la hipótesis de la ór-

bita elíptica. Los filósofos de la ciencia han dado pocas explicaciones detalladas de los logros de Kepler, aunque su descubrimiento de la órbita de Marte es una cima del pensamiento físico. El filósofo de la ciencia no debería ignorar lo que Peirce llama la retroducción más bella que se haya hecho jamás.²

Si bien algunos aspectos de la interpretación de Peirce y Hanson del descubrimiento de Kepler han sido cuestionados por algunos autores (e.g., Lugg, 1985; Kiikeri, 2001), el ejemplo de Kepler continúa siendo el ejemplo más nítido en la historia de la ciencia para ilustrar el razonamiento abductivo en tanto comprende el tránsito de observaciones anómalas seguido por construcción de hipótesis explicativas (Hanson, 1958b, p. 166). Sin embargo, como es virtualmente imposible tener acceso a los estados mentales de los investigadores al momento de sus descubrimientos, las interpretaciones historiográficas suelen ser incompletas, siendo los estudios que identifican posibles señales históricas de razonamiento abductivo prácticamente inexistentes.

Sorprendentemente, y pese a ser un admirador de la teoría de evolución de Darwin, Peirce no usa ejemplos de la teoría de Darwin para ilustrar su concepto de abducción. Para Peirce, Darwin aplicó el método de la estadística a la biología, de la misma manera que Clausius y Maxwell la aplicaban a la teoría de los gases, es decir apelando a propiedades colectivas de unidades individuales que en su conjunto daban cuenta de los procesos de mayor escala. Niiniluoto (2018) señala que la teoría evolutiva de Darwin incluye abducción de tres maneras distintas, todas ellas relacionadas con inferencia a la mejor explicación. Primero, otorgando una mejor explicación que el creacionismo o teorías de diseño inteligente a la evolución gradual no dirigida. Segundo, otorgando una mejor explicación a la presencia de rasgos organizmicos adaptativos a las circunstancias ambientales. Tercero, otorgando una mejor explicación a fenómenos del pasado y a la construcción del árbol de la vida mediante inferencia filogenética y cladística. La aproximación de Niiniluoto a la abducción en Darwin se circunscribe enteramente a la interpretación no genuina del término, es decir al papel de la abducción concebida como inferencia a la mejor explicación mas que como razonamiento generador de hipótesis y descubrimiento científico.

² Kepler describió detalladamente su razonamiento hasta dar con lo que actualmente se conoce como la primera y segunda leyes de Kepler. Sin embargo, el descubrimiento de tales leyes ocurrió a partir de una masa de datos no estructurados compilados por Tycho Brahe, donde la órbita de Marte presentaba desviaciones respecto de una trayectoria perfectamente circular acorde a las predicciones de un modelo Ptolemaico. La adopción del modelo Copernicano permitió aproximarse al sistema global desde una perspectiva heliocéntrica con la idea de un óvalo como órbita alrededor del sol. Aunque este modelo describió bien la trayectoria de Marte, introdujo un costo en la exactitud predictiva de las coordenadas de Marte en un momento determinado, por lo que el modelo hubo de modificarse nuevamente. Así, luego de una serie de modificaciones geométricas sucesivas (4 modificaciones), Kepler pudo llegar a una descripción adecuada de la órbita de Marte y los restantes planetas, además de describir las fuerzas generales que movían los planetas. La conclusión de Kepler que la órbita de Marte era elíptica, con el sol situado en uno de sus focos, fue una prueba contundente de un tipo de argumentación que no fué posible adscribir a un razonamiento inductivo ni deductivo.

2. Abducción como estrategia

Una de las proposiciones más originales de la abducción como un tipo de razonamiento que promueve el descubrimiento científico es la efectuada por Jaakko Hintikka. En una serie de trabajos publicados entre 1985 y 2000, compilados su mayoría en *Inquiry as Inquiry*, Hintikka (1999a) plantea la idea de generar una teoría del descubrimiento basada en abducción, previa reformulación de una serie de definiciones. Para resolver el problema de la validez lógica de la abducción, Hintikka propone un modelo de racionalidad que a diferencia de las conceptualizaciones previas, no se fundamenta en inferencias deductivas, sino en un conjunto de etapas secuenciales pregunta-respuesta, en lo que denomina un modelo interrogativo de indagación. De acuerdo al autor, esta reconceptualización es necesaria para elaborar una genuina teoría del descubrimiento a partir de un marco de referencia nuevo consistente en un *esquema argumentativo*, cuya característica consiste en la selección óptima de las preguntas que orientan el camino hacia el descubrimiento. Hintikka (1989) ilustra la aproximación concibiendo el proceso interrogativo desde la perspectiva de la teoría de juegos, donde dos jugadores se relacionan a través de preguntas y respuestas secuenciales, manifestándose las reglas de razonamiento en la interacción entre uno y otro jugador. Es en este proceso interrogativo, donde el sujeto indagador orienta adaptativamente el curso de la investigación hacia un objetivo final mediante la elaboración de preguntas clave, producidas a partir de respuestas del segundo jugador a preguntas previas³. Es así como en *The role of logic in argumentation*, Hintikka propone dos tipos de reglas fundamentales, (1) *reglas definitorias*, que refieren al conjunto de operaciones aceptado como válido en un sistema determinado, y (2) *reglas estratégicas*, referidas a la manera en que un conjunto de pasos se despliega organizadamente hacia un objetivo final:

En los juegos, hay reglas y reglas. Están las reglas que sirven para definir el juego, p.ej. las reglas del ajedrez, a las que llamaré “reglas definitorias”. Estas reglas nos informan sobre las movidas que son aceptables en el juego. El hecho crucial de las reglas definitorias es que no nos dicen absolutamente nada sobre cuales jugadas son malas, buenas, o excelentes. Estos aspectos son gobernados por reglas de otro tipo, que llamaré “reglas estratégicas”. Estas reglas deben ser diferenciadas de las definitorias. Es posible definir la noción de estrategia en un juego dado sólo después que las reglas definitorias se han establecido. Sólo después que esto se ha hecho podemos esperar a investigar cuales estrategias son mejores que otras (Hintikka, 1989, p. 27)

En el contexto que nos interesa, más que juzgar la validez de la abducción a través del apego a lo especificado en las reglas definitorias, Hintikka señala que lo importante es dominar las reglas estratégicas una vez echado a andar el razonamiento. De esta manera, y siguiendo la proposición original de Peirce, hay un compromiso con la idea que no es posible entender

³ Respecto a este punto Hintikka presupone que el investigador intuye el objetivo final hacia el cual orientar sus preguntas, descansando al igual que Peirce, en la intuición como instrumento de descubrimiento.

la abducción sobre la base de la fuerza lógica de la inferencia sino como un conjunto secuencial de preguntas y respuestas orientadas por reglas estratégicas, que son las responsables de clarificar la ruta, anticipar, y resolver los problemas encontrados en el tránsito hacia el descubrimiento, evitando que los pasos sean incoherentes y desarticulados. En *Is logic the key to all good reasoning?*, Hintikka usa una analogía con el ajedrez para ejemplificar el sentido de ambos tipos de reglas,

En efecto, las reglas definitorias del ajedrez especifican como las piezas se pueden mover en el tablero, lo que cuenta como jaque, como jaque mate, etc. Estas reglas son las que dominan el juego del ajedrez. Si alguien trata de mover una pieza violando las reglas definitorias, no es permitido. Por el contrario, las reglas estratégicas (o principios) del ajedrez nos dicen como elaborar las jugadas, en el sentido de indicar cuál de las numerosas jugadas posibles es recomendable hacer. Es lo que nos permite hacer un buen o un mal juego, si bien no completamente, al menos de manera parcial. Si uno conoce únicamente las reglas definitorias del ajedrez, no puede decir que realmente juega ajedrez. Para hacerlo se deben manejar los principios de estrategia del juego. (Hintikka, 1999b, p. 2)

Sin renunciar a la idea de una racionalidad en el descubrimiento, Hintikka (1989) propone una modalidad de avance hacia un objetivo final que mas que juzgar la validez de los pasos mediante el apego a reglas lógicas, se basa en una aproximación interrogativa. El poner el acento en reglas estratégicas permite abandonar la idea inicial de la abducción supeditada a una lógica del descubrimiento, desplazando el foco de la indagación desde la lógica hacia la identificación de estrategias globales. Naturalmente, las reglas definitorias, que especifican lo que es permitido en el juego interrogatorio, deben ser especificadas con anterioridad a las reglas estratégicas, siendo estas últimas no reducibles a las singularidades de los pasos particulares de inferencia desplegados en el razonamiento global. De este modo, ante la imposibilidad de encontrar una lógica que dé cuenta del proceso de descubrimiento, lo que corresponde es identificar los patrones de razonamiento que mejor definan el camino hacia el objetivo final. Así concebida, la abducción no debiera ser entendida como un algoritmo lógico capaz de efectuar descubrimientos, como fuera concebido por Simon (1973), sino como el despliegue completo del proceso de indagación. Ahora bien, el pensamiento estratégico juega aquí un papel preponderante ya que por una parte permite situar cada hipótesis abductiva en el *locus* donde cobra sentido, ayudando por una parte a clarificar el desarrollo de la hipótesis en su propia maduración, y por otra parte facilitando la resolución de los problemas encontrados por el indagador en su tránsito organizado hacia el objetivo final. Así, la trayectoria hacia el descubrimiento sería definida paso a paso en el marco de una estrategia global, donde las preguntas racionales por parte del indagador ocurrirían en función de las respuestas recibidas del contrincante a preguntas previas. A pesar de tener un claro origen en Peirce cuando se señala que “el impulso para cada salto proviene de algún nuevo recurso observacional, o



alguna manera nueva de razonar sobre las observaciones” (CP 1.109), el objetivo último de la abducción, así entendida, es dar con un marco conceptual donde toda la evidencia encaje de manera articulada tal como fuera concebido originalmente por Hanson (1958a; 1958b).

3. El estudio de Paavola

Paavola (2004) indica que los investigadores en su aproximación interrogativa, y como parte de la estrategia global, se adelantan y consideran todas las evidencias disponibles para hacer frente a potenciales contra argumentos una vez formulada la hipótesis.

Las estrategias se relacionan a una actividad dirigida a un fin, donde la habilidad de anticipar cosas, y de evaluar u escoger entre distintas posibilidades, son importantes. Un punto central en las reglas estratégicas es que ellas no pueden ser juzgadas solo en relación a movidas particulares, sino que la situación estratégica completa debe ser considerada. Esto significa que en las estrategias mas de una etapa o movida puede y deben ser tomadas en cuenta al mismo tiempo. (Paavola, 2004, p. 270)

Esta observación en principio acercaría la aproximación interrogativa de Hintikka al concepto genuino de abducción de Peirce,

Y en la abducción, las estrategias son especialmente importantes ya que se trata de un modo muy débil de inferencia. La fuerza de la inferencia abductiva es fortalecida si se toma en cuenta que las hipótesis deben ser buscadas en relación a varios fenómenos e información de fondo y no sólo para explicar un sólo fenómeno sorprendente. (Paavola, 2004, p. 270)

Sin embargo, si bien Paavola intenta conectar ambos dominios de fenómenos, no es claro de qué manera efectúa la traducción de la inferencia abductiva al concepto de estrategia. Especialmente intrigante es la interpretación que Paavola hace respecto a la novedad de la hipótesis. Para Paavola, no son los elementos que llegan a configurar la hipótesis sino la hipótesis en su totalidad la que puede existir con anterioridad a la abducción, siendo el ajuste de la hipótesis a un nuevo estado de cosas lo que permitiría asimilarla en forma de estrategia al razonamiento abductivo.

Como interpreto esta idea desde el punto de vista estratégico es que una hipótesis sugerida puede en sí ser algo antiguo y bien conocido. Pero la forma en que la hipótesis se ajusta al problema particular y a otra información relevante (además del fenómeno anómalo) es crucial. (Paavola, 2004, p. 272)

Adscribiendo a la propuesta de abducción de Hintikka, Paavola buscó la ocurrencia de reglas estratégicas en la obra de Darwin, señalando que muchos de los detalles de su teoría no fueron realmente novedosos y que su verdadero descubrimiento consistió en proporcionar un soporte empírico a una concepción que ya estaba presente en los naturalistas pre-Darwinianos relacionada con la ocurrencia de evolución en la naturaleza.

... la idea de evolución no fue nueva cuando Darwin la propuso. Era ampliamente aceptado que podía ser una buena explicación para varios fenómenos, pero el problema era que no había explicaciones plausibles para la manera en que la evolución actuaba específicamente.....Muchos detalles en la teoría de Darwin no fueron novedosos, el real descubrimiento y visión fue que Darwin mostró como esas ideas operaban en un contexto particular... Así, mi punto es que la fórmula básica de la abducción puede aún ser una parte esencial en la lógica del descubrimiento (aún cuando la hipótesis esté en las premisas) si la parte crítica del descubrimiento es el reconocimiento que la hipótesis es una manera viable de resolver el problema particular y que la hipótesis opera de manera más general. (Paavola, 2004, p. 273)

Así, de acuerdo a Paavola, el valor del razonamiento de Darwin no se habría relacionado con la génesis de una batería de hipótesis innovadoras sino con el hecho de constatar que la transmutación⁴ ocurría en algunos y tal vez en la mayoría de los sistemas naturales. Con todo, Paavola acierta al sostener que la transmutación ya era relativamente aceptada por la comunidad científica de la época. En efecto, varios de los predecesores de Darwin ya habían propuesto nociones tempranas de transmutación⁵, aunque tales conceptos eran de naturaleza principalmente especulativa y fallaban al momento de proveer un mecanismo explicativo a los fenómenos observables. Probablemente debido a ese conocimiento previo, la idea de cambio evolutivo propuesta por Darwin, si bien encontró algunos detractores fijistas, que rechazaban la idea de cambio, fue globalmente aceptada por parte de la comunidad científica una vez publicado *El Origen de las Especies* en 1859 (Browne, 2006).

Paavola también señala que la teoría de Darwin se habría construido dentro de un marco de restricciones, y su elaboración habría contemplado una anticipación a futuras críticas.

Casi pareciera que la base de la experiencia “ajá” es una situación donde, primero, varias restricciones y pistas caracterizan la situación y luego alguna solución pareciera ajustarse

⁴ En lo que sigue y con el propósito de respetar el sentido original de los términos, se usará *transmutación*, propiamente usado durante el sXVIII y sXIX, para referirnos al concepto contemporáneo de *evolución*. También denominada *descendencia con modificación* o *comunidad de descendencia* el término transmutación hace referencia al hecho que las especies se modifican a lo largo del tiempo, pudiendo cambiar su identidad a lo largo de una extensa escala de tiempo, afín a la idea genuina concebida por Darwin. Valga esta aclaración para diferenciar con procesos microevolutivos que ocurren sobre escalas de tiempo mucho más acotadas (*i.e.*, unas pocas generaciones).

⁵ En Francia, el paleontólogo Georges Cuvier, el anatomista Geoffroy Saint-Hilaire y Jean Baptiste Lamarck ya habían esbozado ideas tempranas de evolución. Especialmente importante fue la *Philosophie Zoologique* (1809), la primera teoría articulada de evolución propuesta por Lamarck. Las ideas de los naturalistas franceses fueron seguidas y modificadas por pensadores progresistas de Gran Bretaña (Corsi 1988). Así, efectivamente antes de Darwin, la idea de cambio evolutivo ya estaba presente en la *Zoonomia* de Erasmo Darwin (1794), en los trabajos de Robert Grant (1826), y en los *Vestigios* de Robert Chambers (1844), entre otros.

a estas restricciones. Y este esbozo de restricciones y pistas es, considero, estrechamente relacionado al pensamiento estratégico, al menos en el sentido en que estrategia es usado aquí. Una visión aguda lo es también estratégicamente. (Paavola, 2004, p. 209)

Para Paavola, la aproximación seguida por Darwin es de naturaleza interrogativa, ya que las preguntas y respuestas son las que habrían orientado adaptativamente la ruta hacia la hipótesis de transmutación, una hipótesis que ya se conocía de antemano. De acuerdo a su interpretación histórica, la idea de estrategia de Hintikka encontraría soporte y la abducción podría ser descrita como una empresa racional, aunque no necesariamente representable mediante un sistema lógico. Sin embargo, un examen más detallado de la obra de Darwin, nos indica que, contrario a la interpretación de Paavola, la teoría no se compone de dos sino de tres hipótesis principales, cada una con características propias y distintos ritmos de gestación. En lo que sigue, argumentaré que la tercera hipótesis y no así las dos primeras se ajustan a la idea de estrategia abductiva de Hintikka.

4. Las dos primeras hipótesis: transmutación y selección natural

La síntesis alcanzada por Darwin en *El Origen de las Especies* es el resultado final de un proceso de reflexión combinado con recolección de evidencia empírica que requiere ser analizado minuciosamente. Si bien Darwin es probablemente el científico que ha proporcionado de manera más detallada sus procesos mentales y hallazgos en forma de apuntes y correspondencia, existen vacíos importantes de información debido a cartas perdidas que fueran enviadas a sus colegas de la época. Este hecho hace difícil sino imposible rastrear exactamente los avances y retrocesos en la elaboración de sus ideas. Sin embargo, la información existente permite reconstruir a grandes rasgos la génesis de sus hipótesis. El trabajo de Eiseley (1958) es pivotal en este sentido. La historiadora señala que la hipótesis usualmente conocida como *Darwinismo* (la teoría tripartita final de Darwin) no fue concebida de un momento a otro, sino que fue el resultado de un avance global compuesto por múltiples etapas de duda y microcambios conceptuales que fueron decantando a lo largo de la obra del naturalista. Asimismo, y como es esperable, las ideas de Darwin no fueron creadas en un vacío conceptual, sino que se afirmaron unas con otras a medida que se iban desarrollando.

Desde los inicios de la gestación de la teoría, registrada en los apuntes del diario del Beagle, Darwin ya contaba con algunas nociones tempranas de transmutación heredadas en gran parte de su abuelo Erasmo Darwin, de sus profesores John Henslow, y Charles Lyell y principalmente de sus lecturas de Lamarck, transmitidas por Robert Grant durante su etapa de estudiante en Edimburgo. Esta visión del mundo, aún no decantada del todo, aparentemente predispusieron a Darwin a buscar evidencias más robustas del proceso en el viaje del Beagle. Eiseley (1958) señala que esto es manifiesto en los apuntes del diario del Beagle,

Debemos tener en mente, a medida que examinamos los apuntes de Darwin [en el Diario del Viaje del Beagle] que tales registros pueden ser divididos en dos categorías:

a) aquellos que se relacionan con la demostración de la ocurrencia de transmutación, y b) aquellos referidos a la búsqueda del mecanismo por el cual se produce el cambio orgánico. (Eiseley, 1958, p. 136)

Esto significa que hay dos aspectos del problema que Darwin ya tenía en mente desde el inicio y que decantarían una vez de vuelta en Inglaterra, donde pudo dar finalmente con las hipótesis que articulaban su pensamiento. Aunque aún materia de controversia entre los historiadores, es posible señalar que el *Diario del Beagle*, la libreta *Red* y las libretas de la serie *Transmutación* apuntan a una secuencia temporal en la construcción de las hipótesis, siendo la transmutación un antecedente para la hipótesis de selección natural. Esto se desprende no sólo de las fuentes primarias de información histórica sino de la propia estructura de la selección natural, que considera la transmutación como el resultado de la selección natural. Estas consideraciones son expresadas en la *Autobiografía*, donde Darwin consigna en retrospectiva que aunque a bordo del Beagle había reflexionado sobre la transmutación, especialmente al observar el reemplazo geográfico norte-sur de las formas de ñandúes y el reemplazo temporal de mamíferos gigantes extintos por representantes actuales de menor tamaño (e.g., *Macrauchenia* - guanaco, gliptodontes - armadillos), estaba lejos de concebir algo parecido a la selección natural.

Durante el viaje del Beagle había quedado profundamente impresionado cuando descubrí en las formaciones de las Pampas grandes animales fósiles cubiertos de corazas, como las de los actuales armadillos; en segundo lugar, por la manera en que animales estrechamente emparentados se sustituyen unos a otros conforme se va hacia el sur del continente; y en tercer lugar por el carácter sudamericano de la mayor parte de los productos de las Islas Galápagos, y más especialmente por la manera en que difieren ligeramente los de cada una de las islas del grupo sin que ninguna de ellas parezca muy antigua en sentido geológico. Era evidente que hechos como éstos, y también otros muchos sólo podían explicarse mediante la suposición de que las especies se modifican gradualmente; y el tema me obsesionaba. Pero era igualmente evidente que ni la acción de las condiciones del entorno, ni la inclinación de los organismos (especialmente en el caso de las plantas) podían explicar los innumerables casos en que sistemas de todas clases están extraordinariamente adaptados a su hábitos de vida - por ejemplo, un pico carpintero o una rana de San Antonio para trepar a los árboles, o las semillas para dispersarse por medio de ganchos o plumas. Siempre me habían llamado mucho la atención tales adaptaciones, y hasta que no pudieran ser explicadas me parecía inútil esforzarse en demostrar por pruebas indirectas que las especies se habían modificado. (Darwin en: Barlow, 1958, p. 118)

Este párrafo es importante por tres razones. Primero, revela nítidamente que a bordo del Beagle, Darwin ya contaba con las evidencias suficientes para la transmutación, a la cual se adscribió definitivamente una vez establecido de regreso a Inglaterra. Segundo, hacia el final del párrafo, Darwin señala su profunda curiosidad por el mecanismo que producía las adaptaciones morfofuncionales de los organismos y que aún no estaba en condiciones de proponer.

Tercero, también hacia el final del párrafo Darwin señala claramente que a bordo del Beagle ya había efectuado una serie de observaciones sorprendentes relacionadas con adaptaciones, los finos ajustes entre organismo y medio, que requerían de una hipótesis explicativa.

Si examinamos con algo de mayor detalle el descubrimiento de la selección natural como mecanismo generador de adaptación, vemos que en la primera libreta *Red*, iniciada en 1836 a bordo del Beagle y terminada a comienzos de 1837, en Inglaterra, Darwin no escribió nada referente a la selección natural, aunque adelanta su pensamiento evolucionista y establece lo que será su búsqueda inductiva de un mecanismo explicativo,

Después de mi regreso a Inglaterra me pareció que, siguiendo el ejemplo de Lyell en geología, y recogiendo todos los datos que de alguna forma estuvieran relacionados con la variación de los animales y las plantas bajo los efectos de la domesticación y la naturaleza, se podría quizás aclarar toda la cuestión. Empecé mi primer cuaderno de notas [de la serie *Transmutación*] en julio de 1837. Trabajé sobre verdaderos principios baconianos y, sin ninguna teoría, empecé a recoger datos en grandes cantidades. (Darwin en: Barlow, 1958, p. 119)

La pregunta de cómo las especies se adaptan al medio es una síntesis de problemas que Darwin ya había identificado en la Teología Natural de Paley (1802) y en la geología uniformitarista de Charles Lyell (1830). Luego, la pregunta clave de las libretas de la serie *Transmutation* es formulada: ¿cómo explicar la adaptación mediante procesos naturales? (Barrett *et al.*, 1987). Al analizar las libretas, se observa claramente un interés por buscar una visión integrada del fenómeno de transmutación, que incluyera tanto patrón como mecanismo.

La interpretación más rigurosa a partir de los registros históricos es que la hipótesis de selección natural no fue alcanzada de un momento a otro mediante un destello introspectivo como ha sido señalado tradicionalmente (*e.g.*, Schweber, 1980) sino a través de una serie de etapas que Darwin efectuó durante un breve período de ocho meses, entre Septiembre de 1838 y Marzo de 1839. Hodge y Kohn (1985) señalan que ninguna de estas etapas podría ser sindicada como un momento decisivo que hace la diferencia entre ausencia o presencia de la teoría. Por el contrario, la teorización de Darwin es compleja tanto antes (Kohn, 1980; Hodge, 1982) como después (Ospovat, 1981) de leer a Malthus⁶. Sin embargo, es un hecho que

⁶ Una visión distinta es la inaugurada por Francis Darwin en 1909, al señalar que su padre habría dado con la selección natural aún sin haber leído a Malthus. En la misma línea, Camille Limoges (1970) ha cuestionado la importancia de la lectura de Malthus en el proceso de descubrimiento de la selección natural. Según Limoges, la primera etapa en el proceso de descubrimiento de la selección natural puede trazarse hasta el momento en que Darwin cuestionó la idea de adaptación perfecta de Paley en 1837. Desde entonces el pensamiento de Darwin se habría movido indefectiblemente hacia la idea de adaptación diferencial y con ello hacia la selección natural. Esta interpretación otorga una mayor importancia al cuestionamiento de una noción religiosa dominante, como el concepto de adaptación absoluta dictado por la Teología Natural. Otros historiadores han señalado que el ensayo de Malthus pudo no haber sido realmente tan gravitante para la creación del concepto de selección natural ya que hay escasa referencia a Malthus en las libretas, donde Darwin anotaba todas sus ideas (Cowles 1937; de Beer 1960). Ghiselin (1969) señala que el esquema de Malthus debe ser interpretado como un sistema

el cuestionamiento más claro de Darwin a la idea de adaptación perfecta ocurre precisamente luego de leer a Malthus, siendo en ese momento cuando asigna valor adaptativo *relativo* a los distintos individuos que componen una misma especie y no a la especie como un todo.

La creación de la hipótesis de selección natural resulta de un proceso continuo iniciado en la libreta B en 1837. A partir de entonces, el razonamiento de Darwin gana complejidad al incorporar nuevas lecturas y cotejar nuevos elementos teóricos con sus propias observaciones. La hipótesis se origina con el propósito de proporcionar un mecanismo explicativo a la transmutación pero por sobre todo como una explicación a la escasa variación observada al interior de las especies en la naturaleza. En el proceso, Darwin avanza y retrocede, incorporando nuevas reflexiones sobre reproducción, clima, paleontología, sistemática, economía, geología, geografía, y formación de nuevas especies.

Es en la libreta D, y luego de haber leído el ensayo de Malthus (1798), que Darwin plantea por primera vez una idea temprana sobre el origen de las adaptaciones en Septiembre de 1838,

Uno podría decir que hay una fuerza similar a cien mil lastres forzando a todo tipo de estructura a adaptarse a los espacios libres en la economía de la naturaleza, o ocupando los espacios desplazando a los más débiles. La causa de todas estas fuerzas es ajustar las estructuras y adaptarse al cambio. (Barrett *et al.*, 1987, p. 375)

Un mes después, en Octubre de 1838, una vez terminado de leer a Malthus, Darwin escribe en la libreta D unos apuntes titulados *Hechos Demostrados Relacionados con la Generación*, donde propone un esbozo del mecanismo de selección natural,

Es absolutamente necesario que alguna diferencia (no muy grande) sea adicionada a cada individuo antes de procrear. Estos cambios pueden ser efecto de diferencias presentes en sus padres ó de circunstancias externas durante su vida. Si las circunstancias que inducen tales cambios se relacionan con la posibilidad que la especie se forme, esto se presentará como diferencias individuales. Esto da cuenta por qué razón los individuos son diferentes. (Barrett *et al.*, 1987, p. 391)

Posteriormente, en la libreta E, Darwin reafirma su compromiso con la visión Malthusiana y consolida su descubrimiento del mecanismo en tres claras sentencias,

Los tres principios son: (1) Los nietos se parecen a sus abuelos, (2) Existe una tendencia general a cambios leves, especialmente en lo relacionado al cambio físico, y (3) Hay una alta fertilidad que permite sostener los parentales. (Barrett *et al.*, 1987, p. 412)

conceptual, un modelo analógico de referencia desde el cual Darwin toma inspiración y no como el argumento definitivo para una proposición empírica.

Estos principios se pueden interpretar como, (1) herencia, (2) variación y (3) fuerza selectiva, los elementos claves para la selección natural tal como se le concibe actualmente. En su autobiografía retrospectiva, Darwin señala que, al igual que en el caso de la idea de transmutación, la selección natural fue descubierta mediante un razonamiento analógico,

En octubre de 1838, esto es, quince meses después de haber emprendido mi estudio sistemático, se me ocurrió leer por entretenimiento el ensayo de Malthus sobre la población y, como estaba bien preparado para apreciar la lucha por la existencia descubrí en seguida que bajo estas condiciones las variaciones favorables tenderían a preservarse, y las desfavorables a ser destruidas. El resultado de ello sería la formación de especies nuevas. Había conseguido por fin una teoría sobre la cual trabajar. Sin embargo, estaba tan deseoso de evitar los prejuicios que decidí no escribir durante algún tiempo ni siquiera el más breve esbozo. (Darwin en: Barlow, 1958, 120)

Darwin tardó en presentar la versión madura de las dos primeras hipótesis. Además de los apuntes en las libretas, el naturalista elaboró los ensayos *Sketches* (1842) y *Essay* (1844), donde plantea versiones más maduras de la relación entre ambos dominios de fenómenos, los que anteceden por al menos 15 años *El Origen de las Especies* (1859). Dos interpretaciones se han propuesto para la demora en publicar las versiones acabadas de sus ideas. Según Gruber y Bödeker (2005), Darwin fue perfectamente consciente del alcance de sus ideas, por lo que parecía prudente evitar herir sensibilidades religiosas y someterse a algún tipo de persecución y escarnio público. Una interpretación diferente es la de Browne (2006), quien señala que es verosímil sugerir que el fuerte compromiso de Darwin con la exactitud científica y un auténtico sentido de la prudencia fueron más importantes que cualquier temor a las consecuencias de la publicación. Desde las primeras concepciones de transmutación y selección natural, entre 1837-1839, Darwin presentó cautelosamente estas ideas a geólogos y naturalistas de confianza para sondear sus reacciones. En junio de 1842 le pareció que ya contaba con evidencias lo suficientemente robustas como para escribir un esbozo de uso privado que en 1844 amplió hasta convertirlo en un ensayo más largo. Cualquiera fuera el motivo, Darwin tardó alrededor de 20 años en publicar *El Origen de las Especies* desde el momento en que concibió sus dos primeras hipótesis.

Gruber (1981) considera que de la lectura de las libretas de Darwin no es posible interpretar el descubrimiento de la selección natural como una experiencia de destello introspectivo sino como un proceso de crecimiento con propósito organizado, siendo las ideas nuevas articuladas lentamente en una teoría coherente, expresando de esta manera su compleja estructura interna. Concordando con Gruber respecto a la ausencia de un destello crucial en que Darwin diera con la selección natural, las evidencias tampoco indican que el descubrimiento de Darwin hubiera resultado de una estrategia planificada y con propósito. De hecho, no es evidente de la lectura de las libretas *Red* y la serie *Transmutation* (Herbert, 1980; Barrett *et al.*,

1987) que Darwin haya tenido en mente algo parecido a la selección natural antes de leer a Malthus. Por el contrario, todo pareciera haberse desencadenado aceleradamente en un lapso de dos meses, entre Septiembre y Octubre de 1838⁷.

5. La tercera hipótesis: el principio de divergencia

A diferencia de las dos primeras hipótesis, que fueran explicitadas entre 1837-1839, el *Principio de Divergencia* aparece plasmado tardíamente en los apuntes de Darwin, entre 1854-1857. La elaboración del Principio de Divergencia ocurrió a lo largo de 15 años, originándose a partir de una observación sorprendente relacionada con la amplia variación morfológica detectada en su trabajo con cirripedios, iniciado en 1846. La variación era tan grande al interior de los géneros, que tornaba imposible identificar especies distintas, afectando de este modo el trabajo de clasificación de especies. Esta observación fue en extremo importante ya que gatilló la búsqueda de nuevos conjuntos de relaciones. En su monografía sobre los Balanidae, Darwin señala,

Bajo el encabezado de variación, en la familia Balanidae, y bajo el género Balanus, me he extendido y he mostrado que difícilmente hay algún rasgo externo que no sea altamente variable en la mayoría de las especies. Como los grupos completos de especímenes a menudo varían exactamente de la misma manera, no es fácil exagerar sobre la dificultad de discriminar especies y variedades. (Darwin, 1854, p. 3)

Esta observación demandaba una explicación, no solo en su propio mérito, sino porque en aquel momento Darwin aún adhería a la idea de adaptación perfecta en la naturaleza y un universo en armonía. En los dos manuscritos escritos en la década de 1840, antes de comenzar a trabajar con los cirripedios, Darwin creía que las especies en la naturaleza eran mucho menos variables en la naturaleza que las camadas generadas por selección artificial, donde siempre aparecía variación indeseada luego de cada cruzamiento (Evans, 1984). Esto, que había dado origen a la idea de selección natural era ahora desafiado por sus observaciones en cirripedios. La dificultad para establecer claras delimitaciones entre especies es señalada años más tarde, en *The Descent of Man*, 1871.

Todo naturalista que ha tenido la mala suerte de abordar la descripción de un grupo de organismos altamente variables ha encontrado casos (lo digo por experiencia) como el de los humanos; y si es cauteloso terminará agrupando todas las formas que se intergradúan entre como una única especie ya que él seguramente reflexionará que no tiene derecho a otorgar nombres distintos a objetos que no puede realmente distinguir con claridad. (Darwin, 1871, p. 905; en Wilson, 2006)

⁷ No obstante, la real importancia de la lectura de Malthus como factor desencadenante ha sido objeto de discusión entre los historiadores. Por ejemplo, Hodge (1985) señala que la lectura de Malthus es solo una de las posibles fuentes que inspiraron a Darwin en aquel momento.

Una segunda observación importante fue efectuada a partir de una serie de análisis anatómicos comparativos entre distintas especies de cirripedios en que Darwin no encuentra evidencias de reemplazo de formas antiguas por nuevas en varios linajes del grupo a lo largo del tiempo geológico. Al referirse a la historia geológica del grupo Cirripedia, Darwin consigna,

La historia antigua de los Balanidae es breve. Ninguna especie secundaria [derivada] ha sido descubierta hasta la fecha; en mi monografía sobre los fósiles Lepadidae he mostrado que la evidencia negativa en este caso es de considerable valor, y en consecuencia que hay buenas razones para dudar que algún miembro de la familia haya existido antes del período Eoceno [hace 56 millones de años]. (Darwin, 1854, p. 172)

Esta observación sugiere que en el grupo no ha habido formación de especies nuevas, lo que es consistente con su observación relacionada con la dificultad para identificar límites morfológicos entre las especies. Así, a fines de 1854 Darwin decide abordar directamente el problema e inaugura la etapa más cuantitativa de su obra, mudándose a trabajar con plantas, en busca de una hipótesis que respondiera la pregunta sobre el significado de la variación en la naturaleza y sus implicaciones para el origen de nuevas especies⁸.

Para proveer una explicación a sus observaciones en cirripedios, Darwin inicia un proyecto cuantitativo que le permite compilar una amplia cantidad de información botánica a partir de catálogos y monografías ya publicados. *La Aritmética Botánica* fue un procedimiento usado ampliamente en la primera mitad del s. XIX que consistía en el registro del número de especies presentes en cada género de plantas en dos áreas determinadas y apuntar el número de especies que ambas áreas tienen en común. De acuerdo a este método era posible extraer información útil para delimitar regiones biogeográficas, proponer posibles causas a los patrones observados y por sobre todo conocer cómo se distribuía el poder creativo de la naturaleza a lo largo y ancho de la geografía⁹. Darwin había aprendido directamente el método de John Henslow, su profesor de botánica en Cambridge. Especialmente interesante fueron los hallazgos de Hooker con la flora de Nueva Zelanda que indicaban una correlación entre la distribución geográfica de las especies de plantas y la variabilidad de formas que algunas de las especies presentaban en distintos lugares de su distribución. Es así como en 1853 decide escribir a Hooker y manifestar su interés por implementar algunos cálculos parecidos para

⁸ Ghiselin (1969) efectúa la importante observación que antes de hacer observaciones en el sistema, Darwin ya había considerado deductivamente elementos teóricos que lo prepararon para la obtención de nueva información. “La Monografía de la Sub-Clase Cirripedia manifiesta el patrón típico de los trabajos de Darwin en general. Sus libretas de notas demuestran que, al igual que en el trabajo sobre los arrecifes de coral, muchos de los elementos teóricos fueron elaborados “deductivamente”, antes que comenzara la obtención de nuevas observaciones... La habilidad de Darwin para usar la sistemática como un medio de verificación de hipótesis sobre la naturaleza de los procesos orgánicos es de la máxima importancia para la ciencia moderna” (Ghiselin, 1969, p. 129).

⁹ Entre los trabajos que Darwin leyó y tomó inspiración, destacan la *Géographie Biologique Raisonnée*, de Alphonse de Candolle (Victor Masson, Paris, 1855) y *The Botany of the Antarctic* de Joseph Hooker (Lovell Reeve, London, 1853).

responder sus propias preguntas derivadas de su observación en los cirripedios. Luego de algunos cálculos preliminares, Darwin se concentra en la estadística de la variación desde mediados de 1855 hasta comienzos de 1857. Usando catálogos de plantas de varios países (*e.g.*, Gran Bretaña, Rusia, Nueva Zelanda, entre otros), procede a registrar el número de especies de cada género que presentan una alta abundancia en distintos lugares de la geografía y detecta que las especies más abundantes tendían a pertenecer a géneros de mayor tamaño. Como de Candolle y otros de la época ya habían mostrado, las especies que habitaban amplios territorios en general presentaban más variedades, y Darwin especuló que las especies abundantes, con amplios territorios y que pertenecían a géneros con muchas especies eran las que presentaban un mayor número de especies incipientes.

Géneros con pocas especies señalan que las peculiaridades de esas especies no confieren adaptación al ambiente que habitan, como es lo que ocurre en los géneros numerosos en especies. Por eso es que los géneros con pocas especies no tienen rangos geográficos muy amplios. (Potafolio Dar 205.5, Febrero 1855)

A partir de este hallazgo, Darwin conjetura que los géneros numerosos en especies presentan por una parte un mayor número de especies ya diferenciadas y también un mayor número de especies incipientes que los géneros más pequeños. Los resultados de sus cálculos corroboraron su hipótesis, sugiriendo que las especies actuales habían sido especies incipientes en el pasado. Este conjunto complejo de observaciones preparó el terreno para un concepto unificador que otorgara sentido a las evidencias. Es a partir de este momento cuando Darwin integra la idea de economía biológica con sus hallazgos de Aritmética Botánica y concibe entre 1855-1856 la hipótesis que la formación de nuevas especies resulta de una creciente adaptación de las especies abundantes y con mayor rango geográfico a los nuevos ambientes, donde las especies emergentes se especializarían y excluirían competitivamente a las especies parentales menos adaptadas, y menos eficientes. La idea resulta del concepto de división de la labor, enunciado por Milne-Edwards en 1851, que hacía referencia al hecho que organismos con órganos más especializados eran superiores en la escala de organización de la vida¹⁰. Milne-Edwards enunció la máxima: *La naturaleza es pródiga en la variedad de sus creaciones, aunque parsimoniosa en la manera de diversificar su trabajo*, una manera de expresar lo que él denominaba su ley de diversidad y ley de economía. Esta idea había sido influenciada por la teoría económica desarrollada por Adam Smith en *La Riqueza de las Naciones* (1776), con la división de la labor como el mecanismo competitivo que guiaba la economía y la industria de la época. Acorde a esta doctrina, fábricas con trabajadores más especializados en la ela-

¹⁰ En Introducción a la Zoología General (1851), Milne Edwards señala que organismos que contaban con un estómago para la digestión y pulmones para la respiración podían efectuar ambas funciones de manera más eficiente que aquellos que realizaban ambas funciones con un mismo órgano.

boración de un producto eran más eficientes que fábricas con trabajadores que efectuaban muchas tareas, sin mayor especialización. Esta idea económica es recuperada por Darwin y amalgamada con sus observaciones para crear la hipótesis de divergencia¹¹.

Es interesante notar que, si bien en 1839 Darwin ya contaba con la idea que la competencia entre individuos generaba niveles crecientes de adaptación a los ambientes locales, no hay nada que indique que en esos años Darwin hubiera asociado selección natural con divergencia como mecanismo responsable del origen de nuevas especies y diversificación. Browne (1980) señala que en parte esto resulta del hecho que hasta ese entonces, la versión temprana del *Principio de Divergencia* se fundamentaba en que la selección podía actuar inicialmente sobre algunos variantes individuales, los que se podían diferenciar del grupo parental mediante la adquisición de rasgos cada vez más ajustados a las condiciones de los nuevos ambientes explorados, eventualmente transformándose en nuevas especies. Sin embargo, Darwin fue más allá al proponer que no era sólo la adaptación de las especies incipientes a ambientes nuevos lo que producía nuevas especies, sino que la mayor especialización y adaptación a los nuevos ambientes fue lo que les otorgaba ventajas competitivas respecto a sus parentales, *acelerando* de este modo el proceso de divergencia mediante selección natural¹². De este modo, a través de incorporar el concepto de división de labor y mayor eficiencia de la especialización a la idea troncal de selección natural, Darwin llega finalmente a la comprensión que la divergencia adaptativa, creación de nuevas especies y extinción de formas parentales es un proceso continuo cuyas etapas se siguen unas de otras. Darwin da por completa la elaboración del Principio de Divergencia en 1858, un año antes de la publicación del *Origen de las Especies*.

El *Principio de Divergencia* es mencionado por primera vez en 1854, cuando Darwin decide comenzar a escribir el *Gran Libro de las Especies* (que más tarde sería *El Origen de las Especies*) y comienza a agrupar sus notas sueltas en portafolios temáticos. Kohn (1985a) señala que la línea de pensamiento hacia la maduración del concepto es inaugurada en este momento, aunque algunos elementos de la hipótesis ya estaban presentes al menos desde 1842, y probablemente antes, a partir de sus lecturas de Adam Smith. El Principio de Divergencia aparece formulado por primera vez en una forma madura en una carta a Joseph Hooker en Agosto de 1857,

Si todo se sostiene bien [el cálculo aritmético], el resultado es muy importante, ya que como lo creo, toda la clasificación, i.e. la casi ramificación y sub-ramificación de formas a partir de un tronco, con grandes géneros aumentando y dividiéndose, etc. como ud.

¹¹ Aunque existe algún grado de discrepancia entre Limoges (1977), Schweber (1980) y Browne (1980) respecto a la importancia de la idea de división de labor en la elaboración temprana del principio de divergencia, todos concuerdan que desempeñó un rol crucial en la elaboración definitiva de la hipótesis.

¹² Según Tammone (1995), Darwin concibe la divergencia no como un mecanismo que promueve un uso alternativo de recursos y así una reducción de competencia sino como uno que permite ganar una creciente especialización, siendo la especialización una ventaja en la competencia con la especie parental.

se puede imaginar es producido por lo que llamo un principio de divergencia, el cual creo que puedo explicar, pero es demasiado extenso y tal vez Ud. no esté interesado en escuchar. (Burkhardt *et al.*, 2009, Vol 6, p. 443)

Aunque la idea definitiva no es desarrollada sino hasta un mes después, cuando Darwin escribe al botánico norteamericano Asa Gray e incluye un breve esquema para hacerle saber “*de una manera extremadamente resumida mis nociones sobre los medios por los cuales la naturaleza forma sus especies*”. En la mencionada carta, Darwin señala,

Otro principio, que puede ser llamado principio de divergencia juega me parece una parte importante en el origen de las especies... La descendencia variable de cada especie intentará (aunque sólo unos pocos lo lograrán) ocupar tantos lugares como sea posible en la economía de la naturaleza. Cada nueva variedad o especie formada tomará el lugar de sus especies parentales, que serán exterminadas por ser menos adecuadas. Esto creo que es el origen de la clasificación o disposición de todos los seres orgánicos. Las especies siempre parecen ramificarse y sub-ramificarse como un árbol a partir de un tronco común; las ramas nuevas destruyen las menos vigorosas - las ramas muertas y perdidas representan los géneros y familias ya extintos. (Burkhardt *et al.*, 2009, Vol 6, p. 448)

A mediados de 1858, Darwin ya había desarrollado plenamente el concepto y comunica a Joseph Hooker que, junto al mecanismo de selección natural, el *Principio de Divergencia* era la clave de su obra Selección Natural¹³,

Trataré de dejar fuera toda alusión a los géneros en esta parte, hasta que discuta el “principio de divergencia”, el que junto con “selección natural” es la clave de mi libro y tengo gran confianza sobre su robustez. (Burkhardt *et al.*, 2009. Vol. 7, p. 102)

En su texto Selección Natural (1858), Darwin señala lo que ya había consolidado en su segundo análisis de aritmética botánica, esta vez con la competencia como fuerza de divergencia,

Aquí de alguna manera aparece la importancia del así llamado principio de divergencia: como a largo plazo más descendientes de un ancestro común van a sobrevivir, más se van a diversificar en sus hábitos, constitución y estructura ocupando tantos lugares como sea posible en la organización de la naturaleza, las variedades extremas ... tendrán una mejor oportunidad de sobrevivir o escapar a la extinción que las variedades y especies intermedias y menos modificadas... Pienso que se puede inferir que en cualquier lugar en general, habrá habido menos extinción en los géneros grandes que en los más pequeños, relativo a la extinción total en un período dado. Las especies que varían

¹³ Esta obra extenida de Darwin, fué iniciada en 1856 pero nunca se llegó a terminar como consecuencia de la recepción de la carta y ensayo de Wallace. Sólo su segunda parte, Selección Natural, llegaría a ser publicada ya que Darwin privilegió la escritura de una versión resumida de su libro, que posteriormente se publicaría en 1859 con el título *El Origen de las Especies*.

más y así dan lugar a nuevas especies son las más abundantes y con mayor distribución. Por ello al ser ellas las más favorecidas y menos susceptibles a extinción son las que se encuentran en los géneros grandes. (Stauffer, 1975, p. 238)

En el *Origen de las Especies* (1859), el *Principio de Divergencia* es situado estratégicamente al final del capítulo IV (pp. 111-126), luego de una detallada exposición sobre variación y selección natural (Capítulos I - IV) y antes de tratar las consecuencias de la selección natural y divergencia para el origen de nuevas especies (Capítulos V-XV). El *Principio de Divergencia* cumple así un rol pivotal que articula las dos primeras hipótesis de la teoría de Darwin. Es así como en *El Origen de las Especies*, Darwin señala,

Mientras más diversificados llegan a ser los descendientes de una especie en cuanto a estructura, constitución, y hábitos, mejor equipados estarán para ocupar los diversos lugares en la economía de la naturaleza, y así estarán posibilitados para aumentar en abundancia. (Darwin, 1859, p. 532; en Wilson, 2006)

La pregunta que cabe hacerse es ¿qué evento de importancia pudo haber ocurrido entre la versión inmadura del Principio en 1854 y su versión definitiva de 1858. Ya se ha señalado la importancia de la lectura de Milne-Edwards y por extensión el papel de la economía de Adam Smith en la noción de especialización y división de labor. Sin embargo, hay un hecho adicional que Browne (1980) sostiene pudo haber determinado el curso del razonamiento de Darwin en la elaboración del Principio. En Julio de 1857 el matemático John Lubbock hace ver a Darwin que los cálculos hechos con los métodos de la aritmética botánica parecieran ser demasiados simples como para extraer conclusiones definitivas sobre las variedades, especies y géneros por lo que sugiere recalcular los valores¹⁴. Browne (1980) sostiene la tesis que el elemento que gatilla la creación definitiva del *Principio* es precisamente el nuevo cálculo de los valores. Esta nueva manera de calcular y el evidente éxito de los géneros numerosos en especies habrían cambiado el foco de atención de Darwin desde una producción fortuita de adaptaciones a los ambientes encontrados, a una idea de *potencia* donde los géneros ricos en especies eran efectivamente más exitosos que los pobres en especies. Mientras Darwin se había referido anteriormente a los géneros grandes como responsables de la producción de formas mejor adaptadas, ahora podía referirse a tales géneros como poseedores de ventajas

¹⁴ Browne (1980) narra en detalle el error cometido por Darwin. Básicamente, Darwin había dividido la flora de cada lugar en dos grupos acorde al tamaño de los géneros, antes y no después de realizar los cálculos. Esto introdujo un evidente sesgo de medida debido a que los valores no estaban estandarizados a una escala común. Como un género podía contener un máximo de 10 variedades y otro un máximo de 100 variedades, cualquier cálculo promedio no tenía mayor sentido. Lubbock estimula a Darwin a corregir sus cálculos y le hace ver que más que usar los promedios del número de especies y variedades por género, calcule un valor esperado que pudiera ser contrastado con la realidad. Así por ejemplo, el número de variedades esperada para un género determinado era 32.6 siendo el observado 28, un valor menor que el esperado, lo que significaba que había menos variedades que lo que era primer cálculo. Sin embargo, a diferencia del primero, en que comparaba gruesamente el número de variedades entre géneros numerosos y pobres en especies, ahora era posible expresar sus resultados de una manera más rigurosa.

reales donde los individuos más diferentes de un tronco inicial, debido a la división de labor, eran los que contaban con un mayor potencial para sobrevivir y reproducirse. Si la selección alejaba las variedades entre sí, también las forzaba a diferenciarse a lo largo de ejes que aumentaban la divergencia. Con este razonamiento, Darwin ya pudo entender que los géneros grandes se fragmentaban en otros pequeños debido a las diferencias que resultaban de proceso de divergencia adaptativa.

El *Principio de Divergencia* fue una hipótesis necesaria para explicar de qué manera se formaban las nuevas especies, un aspecto que ni la hipótesis de transmutación ni la de selección natural podían abordar por sí solas. Sin embargo, la creación de la hipótesis de divergencia no puede sino ser retrotraída a un conjunto de observaciones obtenidas a partir de distintos ejes de indagación empírica. Tales observaciones fueron configurando un cuerpo que requirió de una hipótesis que además de dar respuesta a las observaciones particulares fuera coherente con los descubrimientos previos. Esto solamente podía ocurrir mediante una pieza lógica que articulara ambos tipos de fenómenos. Por una parte, la creciente adaptación y especialización de especies incipientes a los ambientes locales mediante selección natural. Por otra parte, la producción de nuevas especies como resultado de la divergencia a lo largo de ejes de diferenciación.

6. La estrategia abductiva de Darwin

Kohn (1985b), en una de las revisiones más exhaustivas del Principio de Divergencia, señala que Darwin, concibió esta hipótesis con un sentido de unificación, lo que explica por qué razón el naturalista la llamó *una clave de mi libro*. Siendo la unificación de la transmutación y la selección natural la guía interna que dirigía el desarrollo de su investigación, el objetivo final representado por una teoría integrada es lo que pudo haber orientado la estrategia montada por Darwin hasta dar con el Principio en 1854. Es más, Darwin ya había escrito en *Sketches* (1842) una versión temprana del principio de divergencia, lo que indica que ya intuía el lugar donde tenía que ir,

Si cualquier especie, A, al modificarse obtiene una ventaja y esa ventaja (cualquiera que ella sea, intelecto, o alguna estructura particular o constitución) es heredada, A será el progenitor de varios géneros o incluso familias en la dura lucha de la naturaleza. A ganará sobre las otras formas, pudiendo ocurrir que si A llegara a poblar toda la Tierra, - es probable que ahora no exista ningún descendiente en el planeta de una o varias de las creaciones originales. (Darwin, 1842, *Sketches*, p. 37)

Paavola, al no considerar el Principio de Divergencia, no logra visualizar la necesidad de Darwin por dar con la hipótesis que diera cuenta del origen de las especies. Este elemento faltante debía satisfacer los criterios de transmutación y selección natural, de modo que fueron tales hallazgos previos los que constituyeron verdaderas restricciones, que canalizaron el avance en la dirección correcta, restringiendo así la creación de la tercera hipótesis a una que

no sólo fuera compatible con las anteriores sino que las contuviera en su propia estructura interna. Habría sido entonces la construcción de las dos primeras hipótesis lo que facilitó el montaje tardío de lo que fue una verdadera estrategia que tomó 12 años en ser desarrollada por el naturalista.

A la luz de los antecedentes anteriormente presentados es pertinente preguntarse por la validez de las conclusiones de Paavola. Esta pregunta es crucial ya que si la proposición de Paavola pierde soporte histórico, el concepto de estrategia en abducción podría dejar de tener soporte histórico. Sin embargo, la pérdida de soporte histórico no implica necesariamente la degradación del concepto de estrategia abductiva, ya que reexaminar el ejemplo histórico no implica necesariamente cuestionar la fecundidad del concepto de estrategia en el marco de razonamiento abductivo, ya que una cosa es examinar la adecuación de un ejemplo histórico para ilustrar una idea o concepto, y otra muy distinta es cuestionar el concepto, en este caso la incorporación de la idea de estrategia a la abducción. Las ideas pueden ser retenidas independiente de sus ejemplos en la historia de la ciencia históricas (Peacocke, 1992; Armstrong, 1997).

En este trabajo se han presentado argumentos que cuestionan la validez del ejemplo histórico sostenido por Paavola. El error de Paavola resulta de (1) limitar el descubrimiento de Darwin a la transmutación y selección natural, que es justamente donde no ocurre algo asimilable a una estrategia abductiva, y (2) omitir el Principio de Divergencia en el argumento, que es precisamente donde se desarrolla un esquema de descubrimiento asimilable a la estrategia de Hintikka. Por lo tanto, aun cuando el ejemplo histórico señalado por Paavola es incorrecto, la idea de una reinterpretación de la abducción mediante estrategias que orienten el camino hacia el descubrimiento es legítima y confirmada en el contexto del Principio de Divergencia de Darwin.

La Teoría de Darwin no fue un evento único, consistente en transmutación y selección natural, como fuera conceptualizado por Paavola sino que se descompone de tres descubrimientos, cada uno de ellos con características propias, distintos ritmos y desarrollos de gestación. Mientras la idea de descendencia con modificación conllevó evidencia empírica para una teoría de la transmutación, la selección natural proporcionó el mecanismo para los patrones de adaptación detectados en el viaje en el Beagle. Sin embargo, la teoría de Darwin no se agota allí, sino que queda supeditada al descubrimiento del Principio de Divergencia, hipótesis intuida por Darwin en 1842 y buscada organizadamente en un segmento histórico diferente al analizado por Paavola. Es en este período cuando una estrategia abductiva en el sentido de Hintikka pudo ser desplegada en toda su magnitud hasta dar con ella 12 años más tarde y consolidar de este modo la teoría de evolución por selección natural.

Agradecimientos

Este trabajo fue enriquecido por discusiones con David Kohn y Alejandro Ramirez. El autor agradece el financiamiento de los proyectos FONDECYT 1231757 y ENL 07/22 de la Universidad de Chile.

Referencias bibliográficas

- Barlow, N. (Ed.) (1958). *The autobiography of Charles Darwin 1809-1882*. Collins.
- Barrett, P. H., Gautrey P. J., Herbert S., Kohn D., & Smith S. (Eds.). (1987). *Darwin's notebooks, 1836-1844: geology, transmutation of species, metaphysical enquiries*. Cambridge University Press.
- Bartelborth, T. (1999). Coherence and Explanations. *Erkenntnis*, 50(2), 209-224. <https://doi.org/10.1023/A:1005594409663>
- BonJour, L. (1985). *The structure of empirical knowledge*. Harvard University Press.
- Browne, J. (1980). Darwin's botanical arithmetic and the "Principle of divergence", 1854-1858. *Journal of the History of Biology*, 13(1), 53-89. <https://doi.org/10.1007/BF00125354>
- Browne, J. (2006). *Darwin's origin of species*. Atlantic Books.
- Burkhardt, F., Porter D., Browne J., & Richmond, M. (2009). *The correspondence of Charles Darwin. Anniversary Set 1821-1860*. Cambridge University Press.
- Campos, D. G. (2011). On the distinction between Peirce's abduction and Lipton's Inference to the best explanation. *Synthese*, 180(3), 419-442. <https://doi.org/10.1007/s11229-009-9709-3>
- Chambers, R. (1844). *Vestiges of the natural history of creation*. John Churchill.
- Corsi, P. (1988). *The age of Lamarck: evolutionary theories in France, 1790-1830*. University of California Press.
- Cowles, T. (1937). Malthus, Darwin, and Bagehot: A Study in the Transference of a Concept. *Isis*, 26(2), 341-348. <https://doi.org/10.1086/347184>
- Darwin, E. (1794). *Zoonomia, or the laws of organic life: Vols I & II*. Johnson.
- Darwin, C. R. (1854). *A monograph on the subclass Cirripedia, with figures of all the species. The Balanidae, (or sessile cirripedes) Vol. 2; the Verrucidae*. The Ray Society.
- Darwin, C. R. (1859). *On the origin of species by natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray.
- Darwin, C. R. (1871). *The descent of man, and selection in relation to sex*. John Murray.



- de Beer, G. (1960). Darwin's notebooks on the transmutation of species. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Historical Series*, 2, 23-183.
- Eiseley, L. (1958). *Darwin's century: evolution and the men who discovered it*. Doubleday Anchor Books,
- Evans, L.T. (1984). Darwin's use of the analogy between artificial and natural selection. *Journal of the History of Biology*, 17, 113-140.
- Ghiselin, M.T. (1969). *The triumph of the Darwinian method*. University of Chicago Press.
- Grant, R. (1826). Observations on the nature and importance of geology. *Edinburgh New Philosophical Journal*, 14, 270-284.
- Gruber, H.E. (1981). On the relation between "aha experiences" and the construction of ideas. *History of Science*, 19, 41-59.
- Gruber, H.E. & Bödeker, K. (Eds.). (2005). *Creativity, psychology and the history of science*. Boston Series in the Philosophy of Science.
- Hanson, N.R. (1958a). *The logic of discovery*. *Journal of Philosophy*, 55, 1073-1089.
- Hanson, N. R. (1958b). *Patterns of discovery: an inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge University Press.
- Harman, G.H. (1965). The inference to the best explanation. *Philosophical Review*, 74, 88-95.
- Hennig, W. (1950). *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*. Deutscher Zentralverlag.
- Hintikka, J. (1989). The role of logic in argumentation. *Monist*, 72, 3-24.
- Hintikka, J. (1998). What is abduction? The fundamental problem of contemporary epistemology. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 34, 503-533.
- Hintikka, J. (1999a). *Inquiry as inquiry: a logic of scientific discovery*. *Jaakko Hintikka Selected Papers*. Kluwer Academic Publishers.
- Hintikka, J. (1999b). Is logic the key to all good reasoning? En Hintikka, J. (Ed.), *Inquiry as inquiry: a logic of scientific discovery*, *Jaakko Hintikka Selected Papers*. Kluwer Academic Publishers.
- Hodge, M.J.S. (1982). Darwin and the laws of the animate part of the terrestrial system (1835–1837): on the Lyellian origins of his zoonomical explanatory program. *Studies in the History of Biology*, 7, 1-106.
- Hodge, M.J.S. (1985). Darwin as a lifelong generation theorist. En Kohn, D. (Ed.), *The Darwinian Heritage*. Princeton University Press.



- Hodge, M.J.S. & Kohn, D. (1985), The immediate origins of natural selection. En Kohn, D. (Ed.), *The Darwinian Heritage*. Princeton University Press.
- Kapitan, T. (1997). Peirce and the structure of abductive inference. En Houser, N., Roberts, D.D. & Evra, J.V. (Eds.), *Studies in the logic of Charles Sanders Peirce*. Indiana University Press.
- Kiikeri, M. (2001). Abduction, IBE, and the discovery of Kepler's ellipse. En Kiikeri, M. & Ylikoski, P. (Eds.), *Explanatory connections: explanatory essays dedicated to Matti Sintonen*. <http://www.helsinki.fi/tint/matti>
- Kohn, D. (1980). Theories to work by: rejected theories, reproduction, and Darwin's path to natural selection. *Studies in the History of Biology*, 4, 67-170.
- Kohn, D. (Ed.) (1985a). *The Darwinian heritage*. Princeton University Press.
- Kohn, D. (1985b). Darwin's principle of divergence as internal dialogue. En Kohn, D. (Ed.), *The Darwinian Heritage*. Princeton University Press.
- Lamarck, J. B. (1809). *Philosophie zoologique ou exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux*. Cambridge University Press.
- Limoges, C. (1970). *La sélection naturelle: étude sur la première constitution d'un concept (1837-1859)*. Presses Universitaires de France.
- Limoges, C. (1977). *La sélection naturelle*. Vrin.
- Lipton, P. (2004). *Inference to the best explanation*. Routledge.
- Lugg, A. (1985). The process of discovery. *Philosophy of Science*, 52, 207-220.
- Lyell, Ch. (1830). *Principles of geology (vol. 1), being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*. John Murray.
- Mackonis, A. (2013). Inference to the best explanation, coherence and other explanatory virtues. *Synthese*, 190, 975-995.
- Magnani, L. (2001). *Abduction, reason, and science: processes of discovery and explanation*. Kluwer Academic.
- Malthus, T.R. (1798). *An essay on the principle of population*. Oxford University Press.
- McMullin, E. (1992). *The inference that makes science*. Marquette University Press.
- Milne-Edwards, H. (1851). *Introduction à la Zoologie Générale*. Victor Masson.
- Minnameier, G. (2004). Peirce-suit of truth: why inference to the best explanation and abduction ought not to be confused. *Erkenntnis*, 60, 75-105.
- Niiniluoto, I. (1999). Defending abduction. *Philosophy of Science*, 66, S436-S451.

- Niiniluoto, I. (2018). *Truth-seeking by abduction*. Synthese Library 400, Studies in Epistemology, Logic, Methodology and Philosophy of Science. Springer.
- Ospovat, D. (1981). *The development of Darwin's theory: natural history, natural theology, and natural selection, 1838-1859*. Cambridge University Press.
- Paavola, S. (2004). Abduction as a logic of discovery: the importance of strategies. *Foundations of Science*, 9, 267-283.
- Paavola, S. (2006). Hansonian and Harmanian abduction as models of discovery. *International Studies in the Philosophy of Science*, 20, 91-106.
- Paley, W. (1802). *Natural theology: or evidences of the existence and attributes of the deity*. J. Faulder.
- Peacocke, C. (1992). *A study of concepts*. MIT Press.
- Peirce, C.S. (1901). On the logic of drawing history from ancient documents, especially from testimonies. *The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings, Volume 2 (1893-1913)*. Bloomington.
- Peirce, C.S. (1903). Conferencias de Harvard sobre el pragmatismo. En Houser, N. & Kloesel, C. (Eds.), *Peirce, Charles Sanders. Obra filosófica reunida. Tomo II (1893-1913)*. Fondo de Cultura Económica.
- Peirce, C. S. (1931-1958). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Vols. 1-8*. C. Hartshorne, P. Weiss & A. W. Burks (Eds.). Harvard University Press
- Plutynski, A. (2011). Four problems of abduction: A brief history. *Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 1, 227-248.
- Psillos, S. (1999). *Scientific realism: how science tracks truth*. Routledge.
- Schweber, S. S. (1980). Darwin and the political economists: Divergence of character. *Journal of the History of Biology*, 13(2), 195-289. <https://doi.org/10.1007/BF00125744>
- Simon, H. A. (1973). Does Scientific Discovery Have a Logic? *Philosophy of Science*, 40(4), 471-480. <https://doi.org/10.1086/288559>
- Smith, A. (1776). *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. Strahan & Cadell.
- Stauffer, R. C. (Ed.). (1975). *Charles Darwin's natural selection: being the second part of his Big Species Book written from 1856 to 1858*. Cambridge University Press.
- Tammone, W. (1995). Competition, the Division of Labor, and Darwin's Principle of Divergence. *Journal of the History of Biology*, 28(1), 109-131.
- Thagard, P. (1989). Explanatory coherence. *Behavioral and Brain Sciences*, 12(3), 435-467. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00057046>



Whewell, W. (1837). *History of the inductive sciences, from the earliest to the present times*. John W. Parker.

