



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
PROGRAMA DE MAGÍSTER EN FILOSOFÍA**

**DARWIN Y EL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO
DE PEIRCE - HANSON**

Tesis para optar al grado de Magíster en Filosofía
Profesor Patrocinante: Alejandro Ramírez
Autor: Rodrigo Medel

Marzo, 2021
Santiago de Chile

RESUMEN

Este trabajo se enmarca en la idea de abducción como esquema de razonamiento que facilita la creación de hipótesis y descubrimiento científico. El primer capítulo es una introducción general, que mediante la revisión de los énfasis otorgados por distintos autores al concepto de abducción como descubrimiento, delinea el marco en el cual el presente trabajo cobra sentido. El segundo capítulo consiste en un examen del modelo interrogativo de abducción de Hintikka implementado por Paavola sobre la obra de Darwin, identificándose limitaciones de índole metodológico que no permiten aceptar la idea que la creación de la teoría obedeció a una estrategia abductiva por parte del naturalista. El tercer capítulo examina a partir de evidencias históricas si las hipótesis troncales de la obra de Darwin, (a) la Transmutación, (b) la Selección Natural, y c) el Principio de Divergencia, fueron construidas a partir de razonamientos abductivos. Globalmente, el tránsito hacia el descubrimiento de la teoría integrada de evolución presentada en el *Origen de las Especies*, puede ser representado como el resultado de una serie concatenada de abducciones, con hipótesis abductivas sucesivas de creciente complejidad en que cada una contribuye a la siguiente mediante un proceso de actualización de creencias en un sistema Bayesiano.

DEDICATORIA

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor guía, Dr. Alejandro Ramirez.
Al Dr. David Kohn del AMNH, New York.
A la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

RESUMEN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
CAPITULO 1. INTRODUCCION GENERAL	
1.1. La idea de abducción en Charles Peirce	1
1.2. La recuperación del concepto en Norwood R. Hanson	7
1.3. Limitaciones a la lógica del descubrimiento	11
1.4. La reconceptualización de Jaakko Hintikka	17
CAPITULO 2. EL CONCEPTO DE ESTRATEGIA: UNA CRÍTICA A PAAVOLA	
2.1. Introducción	21
2.2. El concepto de estrategia en la abducción	26
2.3. El argumento de Paavola	28
2.4. La creación de las hipótesis	31
2.5. Conclusiones	42
CAPITULO 3. EL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO DE DARWIN	
3.1. Introducción	45
3.2. Anomalías y conocimiento de fondo	53
3.3. La consiliencia de inducciones	58
3.4. Consideraciones metodológicas	59
3.5. La primera hipótesis: Transmutación	63
3.6. La segunda hipótesis: Selección Natural	76
3.7. La tercera hipótesis: el Principio de Divergencia	88
3.8. El razonamiento abductivo de Darwin	100
3.9. Un breve addendum Bayesiano	109
REFERENCIAS	116

CAPITULO 1. INTRODUCCION GENERAL

1.1. La idea de abducción en Charles Peirce

Históricamente la Investigación científica ha sido interpretada como una actividad humana donde intervienen procesos cognitivos de distinta naturaleza. Por una parte, procesos mentales involucrados en el acceso intuitivo a formas de conocimiento abstracto que participan en la creación de hipótesis y teorías. Por otra parte, procesos racionales y lógicos de razonamiento que participan en las etapas de puesta a prueba y confirmación de las hipótesis. Esta tradición resulta en gran parte de la reflexión de Hans Reichenbach, quien en 1938 introdujo la importante distinción entre el *contexto del descubrimiento*, que incluye todos aquellos procesos involucrados en la generación de teorías científicas, y el *contexto de la justificación*, que incluye los procesos inferenciales inductivos que permiten validar los resultados de la investigación.

Señalamos al comienzo de nuestra indagación la distinción entre el contexto del descubrimiento y el contexto de la justificación. Enfatizamos que la epistemología no puede referirse al primer sino al segundo contexto; mostramos que el análisis de la ciencia no se puede dirigir hacia los procesos de pensamiento, sino hacia la reconstrucción racional del conocimiento. Es este papel de la epistemología lo que debemos recordar si es que queremos construir una teoría de la investigación científica.¹

Desde su introducción por Reichenbach, importantes filósofos de la ciencia tales como Hempel y Popper adoptaron la tipología de los contextos, pero rechazaron la posibilidad de una lógica del descubrimiento. En efecto, Popper señala abiertamente que por basarse en procesos no susceptibles de ser reducidos a las reglas de la lógica, la etapa concerniente al contexto del descubrimiento pertenece al ámbito de la psicología y sociología,

¹ Reichenbach 1938, p. 382.

He dicho más arriba que el trabajo del científico consiste en proponer nuevas teorías y contrastarlas. La etapa inicial, el acto de concebir o inventar una teoría, no me parece que exija un análisis lógico ni sea susceptible de él. La pregunta acerca de cómo se le ocurre una idea nueva a una persona - ya sea un tema musical, un conflicto dramático o una teoría científica - puede ser de gran interés para la psicología empírica, pero carece de importancia para el análisis lógico del conocimiento científico. [...] mi opinión del asunto – si es que valiera de algo - es que no existe en absoluto un método lógico de tener nuevas ideas, ni una reconstrucción lógica de este proceso. Mi visión es que todo descubrimiento contiene un “elemento irracional”, o “creación intuitiva”, en el sentido de Bergson.²

Asimismo, en la misma línea, Reichenbach³ señala que en el acto del descubrimiento “no hay reglas lógicas, en el sentido que una “máquina de descubrimiento” pudiera ser construida para tomar el lugar de la función creativa del genio. Desde entonces, el conocimiento científico fue asimilado durante gran parte del siglo XX a una empresa puramente racional, rechazando de plano la posibilidad que el contexto del descubrimiento, y con ello los procesos mentales relacionados con la concepción psicológica de las ideas fueran susceptibles de análisis lógico, ya sea desde la perspectiva de identificar un método que permitiera producir ideas nuevas, como desde la imposibilidad de reconstruir la lógica del descubrimiento.

La distinción entre los contextos del descubrimiento y justificación ha sido examinada por diversos autores, generando un amplio rango de reflexiones en epistemología y filosofía de la ciencia⁴, especialmente en lo referido a la posibilidad de subsumir el proceso de descubrimiento en un esquema lógico. La teoría de inferencia científica de Charles Peirce fue uno de los primeros intentos

² Popper 1959, p. 32.

³ Reichenbach 1951, p. 321.

⁴ Ver por ejemplo Kordig 1978, Gutting 1980, Zahar 1983, Hoyningen-Huene 1987, Jantzen 2016.

en explorar esa posibilidad por lo que fue posteriormente interpretada a la luz de esta distinción. Tomando elementos de los *Analíticos* de Aristóteles, Peirce desarrolló la idea de abducción como un tipo de inferencia no deductiva, que a diferencia de la deducción e inducción permite inferir una causa a partir de sus efectos o desde observaciones sorprendentes a teorías explicativas de los datos. Desde que fuera presentada en *Deducción, Inducción e Hipótesis* (1878), la abducción adoptó diferentes significados en la obra de Peirce, lo que atestigua la evolución de su pensamiento. Es así como es posible distinguir dos nociones de abducción de acuerdo al momento en que fueron concebidas por Peirce.

En una etapa temprana, Peirce concibió la inferencia como un proceso de evidenciación, donde la inducción participa en la descripción de la investigación mediante la inferencia desde particulares a generales, y la abducción consistía en una inferencia desde un cuerpo de datos a la elaboración de hipótesis. En esta etapa, el instinto como parte constitutiva del proceso de descubrimiento no entró en consideración. En una etapa más tardía, Peirce habría ampliado el concepto de inferencia para considerar la inducción como la puesta a prueba de hipótesis y la abducción como el *método* para descubrirlas, otorgando un rol más importante al instinto en el proceso de descubrimiento. Esta modificación determinó, al menos en parte, que la abducción adoptara dos significados distintos que originaron distintas tradiciones de indagación, los que si bien no son necesariamente incompatibles entre sí, han tenido distintos desarrollos y énfasis. Por una parte, una tradición asociada a la etapa temprana de Peirce con un énfasis puesto en los procesos asociados a la elección de hipótesis, justificación y racionalidad, y por otra parte, una tradición asociada a la etapa más tardía de Peirce, que pondría el énfasis en la intuición y creación de hipótesis. Ambas tradiciones comparten el supuesto que es necesario reconocer la abducción como un tipo de inferencia que difiere de la deducción y de la inducción. Sin embargo, ellas también difieren de manera importante en otras consideraciones. Por ejemplo, a diferencia de la concepción temprana de abducción también llamada *Inferencia a la Mejor Explicación* (Harman 1965) (IME desde aquí en adelante), que provee de un

esquema que permite al científico acceder a explicaciones verdaderas de manera no deductiva, la abducción tardía de Peirce no proveería afirmación de verdad ya que refiere solamente a la primera fase de la investigación científica, antes de la prueba deductiva o inductiva de las hipótesis. Otro aspecto que difiere de manera importante entre las dos nociones se refiere a la relación entre la generación y justificación de las hipótesis. Mientras las hipótesis que compiten en la IME por explicar los datos a los que ellas refieren ya están propuestas y justificadas a partir de un conocimiento de base, en la abducción asociada al descubrimiento las fases de creación y justificación de las hipótesis, se encuentran completamente disociadas y por ello es que esta modalidad es la que ha recibido mayor atención y desarrollo para examinar más nítidamente la estructura lógica del proceso de descubrimiento.

Diversos autores han discutido extensamente las raíces y consecuencias de la diferenciación conceptual (para algunos confusión) entre IME y abducción. Por ejemplo Minnameier (2004) argumenta que el distinguir claramente entre ambos sentidos es crucial para el progreso de conceptos centrales en filosofía de la ciencia, tales como concepciones de realismo y unificación de teorías y campos. Asimismo, se ha señalado que el no diferenciar entre IME y abducción confunde la verdadera abducción con la inducción de Peirce (Campos 2011). En la misma línea, Paavola (2006) señala que el asimilar abducción a IME conlleva el riesgo de interpretar equivocadamente ejemplos de descubrimiento proporcionados por la historia de la ciencia, por lo es recomendable en un sentido pragmático distinguir claramente entre ambas definiciones. Mcauliffe (2015) indagó en el origen de la confusión, sugiriendo que más que una confusión relacionada con las concepciones temprana y tardía de Peirce, lo que hubo fueron lecturas equivocadas por algunos autores influyentes que propagaron la confusión entre IME y abducción como descubrimiento⁵.

⁵ Mcauliffe (2015) sostiene que el tratamiento de la IME por autores influyentes como Gilbert Harman, Bas van Fraassen, Paul Thagard, y Peter Lipton ocasionaron una amplia confusión entre IME y abducción.

En los trabajos tardíos de 1901-1903, y especialmente en las Conferencias de Harvard, Peirce concibe la inducción y abducción como formas de razonamiento ampliativas, en el sentido que la conclusión excede lo que está estrictamente contenido en las premisas mayor y menor, siendo el silogismo asociado a la abducción concebido como explicación, en tanto estudia los hechos y visualiza una teoría como hipótesis explicativa.

Todas las ideas de la ciencia llegan a ella mediante la abducción. 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.⁶

La abducción fue así representada por Peirce (1903) en lo que posteriormente se ha dado en llamar el *Enunciado Canónico de la Abducción* (ECA),

- (1) El hecho sorprendente C es observado;
- (2) Pero si A fuese verdadera, C sería esperable;
- (3) Por lo tanto, hay razón para pensar que A es verdadera.

A diferencia de la inducción, el enfoque inductivo espera que A surja luego de repeticiones de C. El enfoque deductivo, por su parte, hace emerger el hecho C de una creación de A como “hipótesis de nivel superior”. En la abducción, como se puede apreciar, la hipótesis A no puede ser inferida hasta ser desplegada en (2). Esta forma de razonamiento es deductivamente inválida ya que es una afirmación del consecuente⁷. Sin embargo, Peirce estaba perfectamente al tanto de este problema, señalando que ésta es precisamente la virtud del esquema abductivo ya que la creación de una hipótesis A que de cuenta del hecho sorprendente C es lo

⁶ Peirce, Obra filosófica reunida. Vol II (1893-1913).

⁷ Como en la segunda premisa, C se sigue de A, y A constituye una posible explicación de C, A se comporta como un antecedente, lo que significa que la estructura de la abducción es una falacia lógica.

que posibilita la introducción de contenido nuevo al esquema de razonamiento⁸. Al respecto, en la Conferencia VII de Harvard sobre el pragmatismo Peirce señala,

*La sugerencia abductiva viene a nosotros como un flash. Es un acto de iluminación interior o destello 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 pensado en conectar lo que hace que la nueva sugerencia aparezca como un destello ante nuestra contemplación.*⁹

El ejemplo de la historia de la ciencia usado por Peirce para ilustrar el concepto de abducción en la creación de hipótesis es el descubrimiento de las leyes que especifican la ruta y movimiento de los planetas alrededor del Sol por Johannes Kepler. Usando los datos proporcionados por Tycho Brahe como punto de partida, Kepler tuvo una intuición inicial, una preconcepción global que lo orientó hacia el descubrimiento de sus leyes a través de la creación abductiva de 18 hipótesis específicas, que formaron 4 teorías bien diferenciadas en la dirección que su intuición inicial le había sugerido¹⁰. La primera ley señala que un planeta se mueve alrededor del Sol describiendo una elipse, con el Sol ubicado en uno de los focos. La segunda ley indica que cualquier línea recta que conecte el Sol con el planeta barrerá la misma área de la elipse en el mismo tiempo, ya que el planeta aumentará o disminuirá la velocidad de su órbita cuando se aproxima o aleja del Sol. Lo importante del ejemplo es que Kepler usó esquemas de razonamiento abductivo en sus cálculos, eliminando los resultados poco plausibles e inconsistentes. Así es como Kepler, mediante avances y retrocesos, plasmados en

⁸ Visto en retrospectiva, precisamente el proceso de generación de ideas nuevas, es decir el proceso de creación de A ha sido una de las etapas del proceso abductivo que más atención filosófica ha concitado.

⁹ Peirce (1903). El pragmatismo como lógica de la abducción.

¹⁰ Este ejemplo sería analizado en detalle por Norwood Russell Hanson en Patrones de Descubrimiento.

las 900 páginas de cálculos en *Astronomia Nova* escritas durante 4 años, logra concebir una teoría planetaria mejor de lo que se tenía hasta ese momento. Peirce (1882) se refiere al descubrimiento de Kepler de la siguiente manera,

...es deseable ilustrar una larga concatenación de inferencias científicas. Para estos efectos, consideremos el gran trabajo de Kepler, De Motibus Stella Martis, la mayor pieza de razonamiento abductivo¹¹ jamás realizada. Debido a la admirable y excepcional manera en que el trabajo es escrito, es posible seguir el curso completo de la investigación de Kepler de comienzo a fin, y mostrar la aplicación de todas las máximas de la retroducción señaladas.

Lo importante es que Kepler en cada estado de su investigación contó con una teoría razonable, que aunque era aproximadamente verdadera, no representaba satisfactoriamente los datos de Tycho Brahe. Por esta razón debió modificarla secuencialmente, de manera de “hacerla más racional o más cercana a los hechos observados”.

1.2. La recuperación del concepto en Norwood R. Hanson

Siguiendo las ideas de abducción tardía de Peirce, en especial la concepción que el descubrimiento y evaluación de hipótesis son procesos diferenciados, Norwood Russell Hanson retoma la idea de contar con una lógica del descubrimiento. Al igual que Peirce, Hanson considera que los científicos no parten de hipótesis, como se acepta desde el hipotético-deductivismo¹², sino a partir de los datos.

¹¹ Inductivo en el original. Dependiendo del desarrollo de sus ideas, Peirce llamó hipótesis, inducción, retroducción y abducción al mismo esquema de razonamiento. Para una discusión más detallada ver Paavola (2005).

¹² Hanson (1958a) efectúa una doble crítica al método hipotético-deductivo de descubrimiento científico de Popper (1959). Por una parte cuestiona la afirmación que estipula que la adquisición de conocimiento procede desde hipótesis a enunciados de observación contrastables. Por otra parte, cuestiona el que Popper, y en general los adherentes al hipotético deductivismo, desestimen la posibilidad de una lógica de la creación de hipótesis.

*Los científicos no parten de hipótesis, sino de los datos. Incluso ni siquiera de cualquier dato sino de datos anómalos y sorprendentes. En efecto, Aristóteles nota que el conocimiento se inicia con una sorpresa. Peirce hizo de la perplejidad el gatillo de la indagación científica.*¹³

De este modo, aceptando que la interpretación hipotético-deductiva es crucial para la contrastación de hipótesis y para la exposición sumaria de los resultados de la contrastación, la abducción se concentra en los aspectos conceptuales de la resolución del problema, donde el dato es la propia anomalía, “la consideración directora dentro del pensamiento hipotético-deductivo que orienta la exposición bien formulada de *solución* del problema.”¹⁴

Retomando el ejemplo de Kepler. Las irregularidades registradas por Tycho Brahe podrían haber sugerido a Kepler la hipótesis que la trayectoria de Marte podía ser mejor representada por una curva cerrada elíptica que por una circular. Sin embargo, según Hanson, la historia de la ciencia indica que no fue así.

*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 órbita 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.*¹⁵

De este modo, Hanson acepta el modelo canónico de abducción de Peirce y

¹³ Hanson 1958a, p. 1081.

¹⁴ Hanson 1977, p. 53.

¹⁵ *Ibidem*, p. 166.

sostiene que la retroducción¹⁶ es la lógica del descubrimiento (Hanson 1958b). Más tarde, en 1961, respondiendo algunas objeciones que cuestionaron la idea que el modelo facilitaba la creación de hipótesis nuevas ya que lo que se presume nuevo en la estructura de la abducción, la hipótesis A, ya formaba parte de la inferencia en la segunda premisa del enunciado (Frankfurt 1958), Hanson extiende el enunciado de Peirce hacia uno algo más general que reemplaza la hipótesis particular A por una clase de hipótesis K, evitando de este modo la participación de la hipótesis específica A en la estructura de la abducción (ver Niiniluoto 2018). De este modo,

- (1) El hecho sorprendente C es observado.
- (2) Hay razón para sospechar que alguna hipótesis de tipo K explique C.
- (3) Luego, hay razón para sospechar que alguna hipótesis de tipo K es verdadera.

Lo interesante del desarrollo de Hanson es que el concebir una hipótesis de tipo K en (2), permite la opción de concebir un objetivo relativamente vago con la propiedad heurística de especificar un espacio de hipótesis posibles a partir del cual la búsqueda de una hipótesis más precisa A para explicar C se acota, evitando así el problema de un espacio infinito de hipótesis posibles. En el caso de Kepler, el esquema que orienta la búsqueda de hipótesis más específicas es *“el Sol debe tener algo que ver con el hecho que los planteas orbiten alrededor de él”*. Es a partir de este principio que Kepler inicia la búsqueda del modelo que mejor de cuenta de la órbita de Marte (Niiniluoto 2018, p. 78). Al igual que la propuesta de Peirce, el concepto extendido de abducción de Hanson no provee afirmación de verdad sino que solo provee un ámbito de plausibilidad para la hipótesis abductiva, que se fundamenta en la inscripción de las anomalías observadas en conceptos pertenecientes a un patrón conceptual.

¹⁶ Por retroducción, Hanson hace referencia al concepto genuino de abducción de Peirce, es decir a abducción como descubrimiento.

En Patrones de Descubrimiento “explicar x” es similar a “establecer x en un marco conceptual”. El descubrimiento es así caracterizado como “la emergencia de un aspecto de x, de tal modo que x llega a ser parte de un patrón más amplio; antes de eso, x puede haber sido una anomalía que no se ajustaba a ninguna organización inteligible de las ideas.”¹⁷

Hallaremos, de acuerdo a Hanson, una explicación de x solo cuando podamos situarlo dentro de un esquema de conceptos acerca de otras cosas, y y z. Una explicación completamente nueva es una imposibilidad lógica. De manera esquematizada, el concepto extendido de abducción de Hanson puede ser expresado entonces como,

- (1) Proceda abductivamente desde una anomalía C,
- (2) a la delineación de un tipo de hipótesis explicativa H, que
- (3) se ajuste a un patrón conceptual organizado.

En este esquema, el ajuste de la hipótesis H al patrón conceptual puede ocurrir desde, (a) el propio marco de referencia, mediante la integración de los hechos anómalos con conceptos ya conocidos, generando nuevos conceptos o (b) desde fuera del marco de referencia, mediante la proposición de conceptos nuevos (o redefiniendo conceptos ya conocidos) que sistematicen las nuevas observaciones y permitan integrarlas al patrón conceptual preexistente (Hanson 1977). En ambos casos el ajuste al patrón conceptual es concebido como una etapa crucial del descubrimiento ya que es lo que facilita el desarrollo de nuevas teorías.

Naturalmente, para identificar los hechos anómalos es necesario contar con un conocimiento de fondo previo que permita detectar el hecho como anómalo. De no ser así, habría muy poco que pudiera reconocerse como descubrimiento.

Cualquiera sea la manera en que la hipótesis abductiva es integrada al patrón conceptual, la generación de conceptos nuevos es lo que otorga ganancia

¹⁷ Hanson 1965, p. 48.

epistémica, ya sea a través de una representación más adecuada de los hechos conocidos del mundo, o a través de iluminar nuevos hechos mediante la construcción de nuevas teorías.

1.3. Limitaciones a la lógica del descubrimiento

Análisis posteriores sobre la posibilidad de construir una lógica que diera cuenta del proceso de generación de hipótesis revelaron una serie de inconvenientes, que pueden ser conceptualizados en dos categorías: Primero, limitaciones relacionadas con el problema de la demarcación. Es decir, con la dificultad de desarrollar una lógica para un proceso que no pareciera ser nítidamente diferenciable del proceso de prueba de hipótesis ni valoración de la evidencia disponible. Segundo, limitaciones derivadas de la confusión conceptual entre abducción e inferencia a la mejor explicación que enrarecerían el desarrollo de una lógica que excluya los procesos inductivos y deductivos asociados a la elección de hipótesis.

Respecto al primer conjunto de problemas, Simon (1973) señaló la importante observación que la propuesta de Hanson no consistió en una teoría formal de la abducción ni tampoco trazó una demarcación clara entre psicología y lógica. Mas bien, señala Simon, en *Patrones de Descubrimiento*, Hanson habría enfatizado el rol de los procesos perceptuales en el descubrimiento. Por esta razón, sigue siendo fácil para los autores proclives al hipotético-deductivismo juzgar superficialmente la abducción como una contribución a la psicología y no a la lógica de la ciencia. La reticencia a aceptar la posibilidad de desarrollar una lógica del descubrimiento se debería a que en un principio se habría analogado erróneamente el problema del descubrimiento al de la inducción, por lo que el desarrollo de tal lógica habría quedado supeditado al problema histórico de una lógica de la inducción. Simon (1973) propone superar esa limitación mediante el esbozo de una teoría normativa que evalúe el proceso de descubrimiento pero que no demande una justificación inductiva de la hipótesis naciente. Una teoría de tales características se debería basar en proposiciones contingentes tales como: *si*

el proceso X es eficaz para obtener el objetivo Y, entonces X debería tener las propiedades A, B, C (Simon 1973, p. 473). De este modo, solo los procesos vinculados directamente al descubrimiento de las hipótesis deberían ser evaluados. Para ello, y de alguna manera anticipando la vinculación entre abducción e inteligencia artificial, Simon recurre a: (1) algoritmos que codifican de manera parsimoniosa conjuntos de datos empíricos para la detección de patrones, y (2) una teoría normativa del descubrimiento basada en un conjunto de criterios para evaluar el propio proceso de detección de patrones. En sus ejemplos, Simon demuestra que es posible detectar patrones de una manera normativa y lógica, lo que además de socavar en gran medida la afirmación de Popper sobre la imposibilidad de desarrollar una lógica del descubrimiento, deja abierta la posibilidad de avanzar en su construcción mediante instrucciones algorítmicas. Un inconveniente adicional notado por Achinstein (1987) y relacionado con críticas a la posible estructura lógica de la abducción¹⁸, es que en el proceso de generación de una hipótesis abductiva que de cuenta de la observación sorprendente, implícitamente se acepta la verdad de la hipótesis. Pero este supuesto de verdad no estaría contemplado en el contexto del descubrimiento ya que ello conllevaría a la aceptación instantánea de un proceso de justificación. En ese sentido, Achinstein cuestiona la abducción debido a la ilegitimidad del supuesto de verdad, sosteniendo que tal supuesto no es necesario ni suficiente para explicar alguna observación sorprendente. De hecho, es perfectamente posible que una hipótesis no relevante para explicar alguna observación pudiera ser bien confirmada, así como una hipótesis relevante para explicar observaciones pudiera ser eventualmente rechazada. La versión de abducción que Achinstein acepta, es una que considere la generación de una hipótesis sin presuponer que ésta es verdadera.

En la pretensión de identificar los procesos lógicos que participan en el descubrimiento, el fenómeno se circunscribió naturalmente el análisis a la etapa

¹⁸ ver Frankfurt (1958)

del descubrimiento de la práctica científica, aún cuando no fuera del todo evidente una separación precisa de los contextos de descubrimiento y justificación. En esta línea Curd (1980) señala que de existir una lógica del descubrimiento debe ser una que ilustre el *avance en el razonamiento* más que remitirse a representar las características de una etapa localizada del proceso global. Las propiedades que mejor ilustrarían el avance en dirección al descubrimiento serían: (a) un procedimiento capaz de generar hipótesis no triviales, (b) una narrativa histórica de la secuencia de etapas que un científico sigue hasta dar con el descubrimiento y, (c) una justificación racional de la hipótesis, es decir, una justificación de los procesos inferenciales empleados en su confirmación. Así, la propuesta de Curd (1980), desintegra la dicotomía de Reichenbach, y con ello la posibilidad de demarcación, poniendo el foco en un conjunto estándar de propiedades que caracterizan la práctica científica como un avance organizado hacia un objetivo bien definido. Esta idea general, que libera la idea de descubrimiento de la etapa de concepción de la hipótesis, fue compartida por Nickles (1980a), quien a diferencia de Curd, localiza el avance en una etapa bien definida, a saber, entre los procesos de generación y aceptación de las hipótesis. Allí es donde, de acuerdo a Nickles, radicaría la acción de distintos agentes epistémicos creativos en el proceso de descubrimiento. Por ejemplo, mientras la *generación* de hipótesis es efectuada a través de introspecciones y reflexiones llevadas a cabo por agentes individuales, la consideración de la *aceptación* de la hipótesis es efectuada por una comunidad de científicos que la someten a escrutinio colectivo. Esta evaluación preliminar, que consiste en una evaluación de carácter heurístico es la que indica si las ideas producidas son meritorias y dignas de ser desarrolladas y puestas a prueba en una etapa posterior. A diferencia de Curd, que propone una aproximación *internalista* a la decisión si continuar con una hipótesis determinada, Nickles pone el acento en el carácter *externalista* dado por factores sociales. De este modo, la idea de contar con una lógica del descubrimiento, inicialmente restringida a la etapa de concepción y generación de hipótesis, muta con Curd y Nickles desde un sentido internalista propio de una

reflexión individual, tal como fuera concebido implícitamente por Peirce y Hanson, hacia una noción externalista, un estado intermedio heurístico en que los propios científicos a través de su práctica colectiva son los llamados a decidir sobre la conveniencia o no de desarrollar en mayor profundidad y eventualmente someter a prueba las hipótesis (Nickles 1980b, 1996).

Una segunda categoría de limitaciones para la construcción de una lógica del descubrimiento dice relación con el problema de asimilar la abducción a la idea de inferencia a la mejor explicación (IME). Tal como se señaló más arriba, la IME constituye un tipo de interpretación a la abducción que se desarrolló, en parte, debido a los distintos énfasis otorgados por Peirce al concepto. Harman (1965) introdujo la idea que la IME es un tipo de inferencia no deductiva que corresponde *aproximadamente* a la abducción. Como muchas hipótesis pueden en principio explicar un mismo hecho, debiera ser posible sobre la base de valores relacionados con simplicidad, plausibilidad y cobertura explicativa, entre otros, rechazar todas las hipótesis menos una antes de estar autorizado a hacer la inferencia¹⁹. Paul Thagard efectuó una importante contribución a la discusión sobre la relación entre abducción e IME (Thagard 1988), donde para efectos de esta discusión, su principal contribución consistió en ayudar a clarificar los criterios relevantes para la evaluación de IME, aspecto que no había sido desarrollado previamente en Harman (1965, 1968) y así, ayudar a clarificar la relación existente entre abducción e IME. Según Thagard, los criterios para la IME son: consiliencia, simplicidad y analogía. Primero, siguiendo a Whewell, define consiliencia como la capacidad de una teoría (o hipótesis) en dar cuenta de una variedad de clases de hechos o leyes en distintos dominios. Así, una teoría será más consiliente que una competidora si explica más clases de hechos. Segundo, el criterio de simplicidad

¹⁹ Una defensa importante del modelo IME es el efectuado por Lipton (2004), quien extiende la propuesta inicial de Harman (1965) introduciendo elementos que enriquecen el modelo y amplían su dominio de validez como esquema de inferencia no demostrativa. Lipton señala que el modelo IME es apropiado para dar cuenta, al menos parcialmente, de muchas inferencias inductivas, tanto en ciencia como en la vida cotidiana, siendo tal esquema íntimamente asociado a teorías epistémicamente verdaderas (ver también Niiniluoto 1999)

estipula que una teoría (o hipótesis) será más o menos simple dependiendo del número de hipótesis auxiliares o ad hoc que contenga. Una teoría con un menor número de hipótesis *ad hoc* será más simple y preferible que una competidora. El criterio de simplicidad también es aplicable al supuesto de existencia de entidades ontológicas. Una teoría que suponga la existencia de un menor número de entidades ontológicas será preferida a otra que requiera más supuestos ontológicos. Este criterio de economía ontológica es subsidiario de los criterios de consiliencia y simplicidad ya que la navaja de Occam no aconseja multiplicar entidades más allá de lo estrictamente necesario. Tercero, el criterio de analogía estipula que una teoría (hipótesis) será preferible a una competidora si es que la primera es más similar que la competidora a una teoría exitosa desarrollada en otro campo. Este criterio es importante para Thagard, ya que vincula la lógica del descubrimiento con la lógica de la justificación.

El criterio de analogía hace posible la incorporación de lo que Hanson llama la "lógica del descubrimiento" a la lógica de la inferencia a la mejor explicación. Hanson señaló que hay una lógica propia del descubrimiento, donde la hipótesis explicativa debe ser de un cierto tipo, equivalente a hipótesis exitosas en algunos ámbitos científicos .Pero decir que H es del tipo apropiado es equivalente a decir que tiene cierta analogía con las hipótesis exitosas. [...] Como la analogía es un factor importante al momento de escoger la mejor explicación, no puede haber una lógica del descubrimiento diferente de la lógica de la justificación.²⁰

Así, Thagard no distingue realmente entre abducción como descubrimiento e IME. Se trataría básicamente del mismo proceso, siendo cualquier diferencia sólo de grado y dependiente de la cantidad de hechos explicados y de la cantidad de hipótesis eliminadas (Thagard 1981). Por lo tanto, entre ellas habría sólo una diferencia cuantitativa pero no cualitativa, lo que no justificaría tratar abducción como descubrimiento e IME como procesos diferentes.

²⁰ Thagard 1978, p. 90.

La noción de abducción de Peirce cubre tanto el acto de arribar a nuevas hipótesis plausibles como el acto de acogerlas para posterior investigación. No hay incompatibilidad entre inferencia hacia la mejor explicación y abducción, dado que cada una tiene un papel metodológico distinto. Excepto por la diferencia entre aceptación y mero acogimiento, la lógica de las dos clases de inferencia es la misma: las razones para acoger una hipótesis difieren cuantitativamente de las razones para aceptarla, pero no cualitativamente... la hipótesis puede ser acogida o aceptada dependiendo de la cantidad de evidencia y de la disponibilidad de hipótesis alternativas.²¹

En una línea relativamente similar, Gutting (1980) considera que el intento por desarrollar una lógica del descubrimiento inevitablemente fracasará en tanto presupone que la abducción es la forma lógica del descubrimiento. El omitir el énfasis otorgado por Peirce a los principios regulatorios que participan en la elección de hipótesis (IME) no permitiría desarrollar una verdadera lógica del descubrimiento ya que tal esquema lógico debería considerar la abducción de acuerdo a las dos concepciones de Peirce, no solamente la versión tardía con énfasis en el descubrimiento. Los principios regulatorios a los que hace referencia Gutting (1980) consisten en procedimientos generales que subyacen a toda práctica científica: (a) principios heurísticos, involucrados en facilitar la creación de hipótesis científicas, (b) principios orientadores, encargados de dirigir la actividad científica, y (c) principios cosmológicos, que se refieren a los supuestos ontológicos relevantes sobre la naturaleza y estructura del mundo que no se basan en consideraciones empíricas sino puramente metafísicas. En la medida que se identifiquen y acepten estos principios será posible interpretar los procesos de invención, sin restringirse únicamente a una lógica del descubrimiento científico. Una consecuencia de la adopción de tales principios es un mayor

²¹ *Ibidem*, p. 166.

potencial para desarrollar nuevos modelos de racionalidad basados en la interacción entre disciplinas científicas y no científicas.

1.4. La reconceptualización de Jaakko Hintikka

Una de las defensas más radicales 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. A diferencia de un esquema de racionalidad basado en validez lógica, Hintikka propone un modelo de racionalidad que a diferencia de las conceptualizaciones previas, no se fundamentaría 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 desde un nuevo marco de referencia. Al igual que las propuestas de Curd y Nickles, el modelo interrogativo de Hintikka desintegra la distinción entre el contexto del descubrimiento y el contexto de la justificación en tanto tales categorías serían subsumidas en un *esquema argumentativo*, cuyo aspecto fundamental, y donde ingresa la racionalidad al proceso, 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 previas efectuadas por el

indagador²². 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.*²³

En el contexto que nos interesa, mas 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 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

²² Respecto a este punto Hintikka presupone que el investigador conoce el objetivo final hacia el cual orientar sus preguntas, lo que en principio podría ser una idea derrotable apelando a la paradoja de Menón (Polanyi 1966, Magnani 2001). Sin embargo, concordando con Bradie (1974) y Simon (1976), considero que es perfectamente posible saber *globalmente* lo que se está buscando aunque no se tenga la respuesta específica a la pregunta que orienta la indagación.

²³ Hintikka 1989, p. 27.

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 cual 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.²⁴

El poner el acento en reglas estratégicas permite abandonar la idea de una lógica del descubrimiento, desplazando el foco de la indagación 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 de 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

²⁴ Hintikka 1999b, p. 2.

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 por el contrincante a preguntas previas. A pesar de tener un claro origen en Peirce cuando señala que “*el impulso para cada salto proviene de algún nuevo recurso observacional, o alguna manera nueva de razonar sobre las observaciones*”²⁵, 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,b).

²⁵ Peirce Collected Papers 1.109

CAPÍTULO 2. ABDUCCION COMO ESTRATEGIA: UNA CRÍTICA A PAAVOLA

2.1. Introducción

Diversos autores han señalado que uno de los conceptos más importantes en filosofía general de la ciencia del siglo XX es la abducción (e.g., Hintikka 1998, Niiniluoto 1999). La abducción fue concebida inicialmente por Charles Peirce como una figura de silogismo diferente de la deducción e inducción²⁶ 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*”. 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,

*Se observa el hecho sorprendente C.
Pero si A fuera verdadero, C no sería algo excepcional.*

²⁶ Hipótesis en Peirce 1867.

*Por lo tanto, hay razón para sospechar que A es verdadero.*²⁷

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. 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.*²⁸

Desde que fuera inicialmente propuesta por Peirce a fines del s XIX, 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 abducción²⁹.

²⁷ Peirce 1903, Lectura 6. Tres tipos de razonamiento.

²⁸ *Ibidem*, Lectura 7. Pragmatismo y abducción.

²⁹ La inferencia a la mejor explicación ha sido desarrollada extensamente por Harman 1965,

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,

...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.³⁰

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

Lipton 1991, 2004. 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*.

³⁰ Peirce 1903. Lectura 7. Pragmatismo y abducción.

premisas³¹. 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 seguridad³².

En la identificación de patrones de razonamiento 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 se coteja previa elaboración de la hipótesis. En *La Primera Regla de la Lógica* (1898), 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.*³³

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

³¹ Peirce Collected Papers 8. 384

³² *Ibidem*, 8.388.

³³ Peirce 1903. Lectura 7. Pragmatismo y abducción.

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 autores³⁴. Especialmente ilustrativa para efectos del razonamiento abductivo es la distinción efectuada por Mackonis (2013), quien hace la importante observación que si bien en ciertas circunstancias el cuerpo de conocimiento existente puede ser objeto de controversia, cuando es usado como conocimiento de fondo en la abducción, se presupone verdadero o parcialmente verdadero aunque insuficiente para proveer una explicación al fenómeno sorprendente observado. Este hecho es especialmente significativo en procesos abductivos secuenciales donde actualizaciones sucesivas del conocimiento de fondo son cruciales en orientar las preguntas hacia el descubrimiento de nuevas teorías. Si cada evento abductivo permite integrar nuevo conocimiento al ya disponible, es esperable que el conocimiento actualizado actúe como nuevo fondo contra el cual contrastar la consistencia y coherencia de una nueva hipótesis abductiva construída sobre la base de la aceptación de la hipótesis previa, otorgando de este modo confianza en el nuevo sistema de creencias actualizado.

³⁴ ver por ejemplo BonJour 1985, Bartelborth 1999, Thagard 1989, Mackonis 2013, entre otros.

2.2. El concepto de estrategia en la abducción

Sin renunciar a la idea de una racionalidad en el descubrimiento, Hintikka (1989) propuso una modalidad de avance hacia un objetivo final que más que juzgar la validez de los pasos mediante el apego a reglas lógicas, se basa en una aproximación interrogativa, basada en teoría de juegos, donde dos jugadores, interrogador y naturaleza, se relacionan a través de una serie de preguntas y respuestas, en que las respuestas de la naturaleza a las preguntas del interrogador es lo que canaliza sus preguntas subsecuentes, orientando el camino hacia el descubrimiento. De esta manera, y siguiendo la proposición original de Peirce, Hintikka se compromete con la idea que no es posible entender la abducción sobre la base de la fuerza lógica de la inferencia sino como el resultado de reglas estratégicas que clarifican la ruta, anticipan, y resuelven los problemas encontrados en el tránsito hacia el descubrimiento, y al mismo tiempo evitan que el conjunto de pasos se torne incoherente y desarticulado. De este modo, para Hintikka, un buen agente descubridor será aquel que domine las reglas estratégicas una vez echado a andar el razonamiento interrogativo. Un intento por examinar esta idea es el efectuado por Paavola (2004), quien adscribiendo a la idea de estrategia de Hintikka, entendida como una secuencia de preguntas y respuestas, intentó reconceptualizar el proceso abductivo, enfocando en reglas estratégicas. Según Paavola, 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 más de una etapa o movida puede y deben ser tomadas en cuenta al mismo

*tiempo.*³⁵

Usando como ejemplo la elaboración de la idea de evolución por Charles Darwin, Paavola ilustra la manera en que el concepto de estrategia aparece en el descubrimiento del naturalista. Esta observación en principio acercaría la aproximación interrogativa de Hintikka al concepto genuino de abducción de Peirce-Hanson,

*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.*³⁶

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. Según Peirce

*Si bien los distintos elementos de la hipótesis ya estaban en nuestra mente con anterioridad; es la idea de juntarlos lo que gatilla la sugerencia ante nuestra contemplación.*³⁷

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.

³⁵ Paavola 2004, p. 270.

³⁶ *Ibidem*, p. 270.

³⁷ Peirce Collected Papers 5.181.

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.³⁸

En lo que sigue de este capítulo se efectúa un cuestionamiento a la pertinencia del ejemplo usado por Paavola para ilustrar la incorporación del concepto de estrategia a la abducción. Naturalmente 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.

2.3. El argumento de Paavola

Paavola (2004) señala que muchos de los detalles de la teoría de Darwin 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

³⁸ Paavola 2004, p. 272.

*reconocimiento que la hipótesis es una manera viable de resolver el problema particular y que la hipótesis opera de manera más general.*³⁹

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 transmutación⁴⁰ ocurría en algunos y tal vez en la mayoría de los sistemas naturales. 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 tempranas⁴¹, 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). Sin embargo, la función de la selección natural como, (a) motor del cambio evolutivo y (b) mecanismo involucrado en el origen de nuevas especies mediante el proceso de divergencia, fueron creaciones distanciadas por al menos

³⁹ *Ibidem*, p. 273.

⁴⁰ 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).

⁴¹ 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.

15 años, que no sólo tardaron un mayor tiempo en ser aceptadas⁴², sino que constituyeron piezas de conocimiento cruciales que en combinación con la primera hipótesis de transmutación contribuyeron a la elaboración de la teoría integrada de Darwin expuesta en el *Origen de las Especies*. Esta conceptualización difiere de la visión de Paavola, que al reducir la teoría de Darwin a la evolución por selección natural, omite no sólo la riqueza del razonamiento del naturalista sino una de sus creaciones más significativas, el origen y diversificación de las especies. El analizar la secuencia cronológica de los eventos abductivos permite en efecto constatar este hecho (ver Capítulo III). Esta confusión es relativamente frecuente y tiene su origen en sinonimizar evolución con selección natural. Aunque se trata de conceptos en apariencia similares, no son equivalentes. La clave para distinguir entre ambos es concebir la evolución como un resultado y la selección natural como uno de los mecanismos generadores del cambio evolutivo (Endler 1986). La selección natural no es condición necesaria ni suficiente para la ocurrencia de evolución. No es necesaria porque puede ocurrir cambio evolutivo como consecuencia de otros fenómenos, tales como deriva genética⁴³. Asimismo, la selección natural no es suficiente para la ocurrencia de evolución porque se deben satisfacer algunos requerimientos genéticos en la población que recibe la fuerza selectiva⁴⁴.

Para Paavola, la aproximación seguida por Darwin es de naturaleza interrogativa, donde 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. Así, de acuerdo a su interpretación histórica, la idea de estrategia de Hintikka encontraría soporte y la abducción podría ser descrita como

⁴² Incluso hoy en día la tercera hipótesis de Darwin, el Principio de Divergencia, no forma parte de los textos universitarios de biología evolutiva de nivel universitario y la mayor parte de los biólogos profesionales lo desconocen.

⁴³ La deriva genética es una representación aleatoria de alelos en la siguiente generación cuando las poblaciones se componen de un bajo número de individuos reproductivos Hartl y Clark 2006.

⁴⁴ Por ejemplo, debe existir suficiente variación genética aditiva para los rasgos blanco de la selección Endler 1986.

una empresa racional, aunque no necesariamente representable mediante un sistema lógico. Un examen más detallado de la obra de Darwin, sin embargo, nos indica que a diferencia de la interpretación de Paavola, la teoría se compone de tres grandes ideas, cada una de las cuales con características propias, con distintos ritmos de gestación, y no necesariamente asimilables a un esquema de preguntas y respuestas dirigidas hacia un objetivo final. No obstante, aunque la interpretación de Paavola sea una simplificación del descubrimiento de Darwin, es aún posible que el naturalista haya seguido una estrategia en la gestación de su teoría integrada, en cuyo caso la propuesta de Paavola seguiría siendo válida, aunque con el ejemplo equivocado. Como veremos más adelante, esta discrepancia en interpretación posee algunas importantes consecuencias para la relación abducción-estrategia. En este trabajo se procederá a examinar si el naturalista efectivamente incluyó una estrategia en el descubrimiento de su teoría integrada de evolución. Para ello: (1) Se examinará en mayor detalle la evidencia histórica relacionada con el razonamiento seguido por Darwin en el descubrimiento de sus hipótesis, y (2) Se evaluará si los eventos abductivos específicos encontrados en la ruta hacia el descubrimiento de la teoría integrada son asimilables a una idea de estrategia.

2.4. La creación de las hipótesis

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. No obstante, 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 lo 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.⁴⁵

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

⁴⁵ Eiseley 1958, p. 136.

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.⁴⁶

⁴⁶ Darwin, Autobiografía 1958, p. 56.

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, una vez en Inglaterra, Darwin no escribió nada referente a la selección natural, aunque adelanta su pensamiento evolucionista y establece lo que será su búsqueda de un mecanismo que permita dar cuenta del fenómeno de adaptación. Este hecho es expresado posteriormente,

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.⁴⁷

Hay dos hechos significativos que probablemente amplificaron la idea de adaptación y la necesidad de contar con una explicación. Primero, en marzo de 1837 Darwin recibe de parte del ornitólogo John Gould, a quien había enviado sus

⁴⁷ *Ibidem.*

muestras de aves recolectadas en Islas Galápagos, la confirmación que los pinzones que él pensaba eran de familias distintas (i.e., más alejadas entre sí), eran especies en su mayoría del mismo género (i.e., más cercanas entre sí). Esto significaba que la tendencia observada en otras aves Mímidos y tortugas a presentar distintas especies en islas del archipiélago, se verificaba también en pinzones. La idea de descendencia modificada a partir de un único ancestro cobraba entonces pleno sentido. Segundo, el mismo Gould señala a Darwin que los ñandúes recolectados en Argentina corresponden a dos especies diferentes y no a una variante geográfica como Darwin creía. La historiadora de Darwin, Janet Browne considera,

*Este momento más que cualquier otro en la vida de Darwin...merece ser llamado un punto de quiebre. Darwin se martirizaba por los resultados ¿Por qué dos especies de ñandúes se repartían el país? ¿Por qué pinzones cercanamente emparentados habitan en distintas islas?.*⁴⁸

Es en este momento, apenas unos meses después de haber desembarcado del Beagle, cuando Darwin efectúa su famosa doble analogía: 1) reemplazo de especies a lo largo de la geografía con reemplazo de especies a lo largo del tiempo, y 2) lento cambio geológico con lento cambio biológico. Estas analogías no sólo permitieron identificar la huella de la evolución en la naturaleza, sino que abrió una amplitud de preguntas, entre ellas, dió paso a la hipótesis de selección natural.

La pregunta de cómo las especies se adaptan a circunstancias cambiantes 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).

⁴⁸ Browne 1995, p. 360.

Al analizar las libretas, se observa claramente un interés por buscar una visión integrada del fenómeno de transmutación, que incluyera tanto patrón como mecanismo. Las ideas que Darwin bosqueja al inicio de la libreta B, y que continúa buscando a lo largo de toda ella, esquematizan la estructura y sustancia de las contribuciones principales de Darwin a las ciencias de la vida. Fue el bosquejo de una teoría poderosa, que tal como predijo Darwin, exaltaría la historia natural y condensaría toda la metafísica en las leyes de la vida (Barrett *et al.* 1987).

En la libreta D, y luego de haber leído el ensayo de Malthus (1798), 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.⁴⁹

y un mes después, en Octubre de 1838, una vez terminado de leer a Malthus, Darwin escribe en 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.⁵⁰

Posteriormente, en la libreta E, Darwin reafirma su compromiso con la visión

⁴⁹ Barrett *et al.* 1987, p. 375.

⁵⁰ *Ibidem*, p. 391

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.⁵¹

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.⁵²

Es posible indicar entonces que, si bien la transmutación y selección natural son hipótesis que se plasmaron en las libretas de manera relativamente sincrónica, con diferencia de sólo meses, la transmutación como idea general antecedió claramente a la selección natural.

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*

⁵¹ *Ibidem*, p. 412

⁵² Darwin, Autobiografía, 1958.

(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 & 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. Cualquiera fuera el motivo, Darwin tardó alrededor de 20 años en publicar *El Origen de las Especies* desde el momento en que concibió sus hipótesis y otros 12 años adicionales en publicar su visión sobre el lugar del hombre en el nuevo orden de la naturaleza (Darwin 1871). Es probable que la demora se haya relacionado con la necesidad de contar con un conocimiento de fondo para la transmutación que haya permitido levantar la hipótesis abductiva de la selección natural. Probablemente Darwin consideró que su primera hipótesis no estaba lo suficientemente confirmada a partir de sus propias evidencias y la de otros naturalistas, lo que lo obligó a considerar el caudal de evidencias de otros naturalistas de la época. De hecho, gran parte del *Origen de las Especies* descansa en evidencias adquiridas de la literatura y de su correspondencia con otros científicos de la época. Así, 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. Fue la publicación anónima del libro transmutacionista *Vestigios de la Historia Natural de la Creación* por Robert Chambers (1844) lo que abrió el debate colectivo en sociedad sobre la evolución y otorgó el ímpetu suficiente a Darwin para avanzar definitivamente en la

publicación de su teoría.

La demora de Darwin en consolidar sus descubrimientos en *El Origen de las Especies*, es compatible con el concepto de estrategia de Hintikka, ya que en el intertanto las ideas fueron sedimentando y enriqueciéndose. Sin embargo, aunque en la ruta a la selección natural hubo distintas fases distinguibles, que son manifiestas en las libretas y ensayos, es difícil adscribir los hallazgos a destellos creativos. 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* 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 1838⁵³.

La construcción de la tercera hipótesis, sin embargo, el Principio de Divergencia, merece especial atención. La hipótesis ocurrió claramente como consecuencia de una observación sorprendente. La amplia variabilidad en la morfología de Cirripedios que impidió a Darwin establecer con claridad los límites entre especies distintas. Esta hipótesis es abductiva en su sentido más genuino e indica que las especies con amplios rangos geográficos experimentan una mayor diversidad de hábitats por lo que hay buenas oportunidades para generar

⁵³ 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.

variantes que se adapten exitosamente a tales ambientes, divergiendo de sus progenitores y eliminándolos por competencia. Esta hipótesis es no sólo de mayor complejidad que las dos primeras, sino que las contiene en su estructura como conocimiento de fondo en el proceso abductivo. Es posible resumir esta hipótesis mediante los tres siguientes enunciados:

1. Una localidad puede sostener más vida si es ocupada por formas que se dividen los recursos existentes. Esto es la división de la labor, criterio económico que Darwin tomó de Adam Smith. La especialización es entonces una ventaja adaptativa para los organismos. La selección natural, que explica el origen de las adaptaciones, favorece la evolución de los más especializados en la obtención de los recursos.
2. El origen de nuevas variedades ocurre en simpatría, es decir en el mismo lugar donde habitan las formas parentales. Las formas derivadas, que Darwin interpretó como especies incipientes, ocurre por fuerte selección hacia la especialización que sobrelleva el efecto amortiguador de cruzamiento entre formas parentales y descendientes.
3. A partir de esta separación, las formas más divergentes de los parentales serán favorecidas debido a su especialización en recursos diferentes. Si este proceso se reitera a lo largo de generaciones ocurrirá especiación divergente y ramificación filogenética.

Las dos primeras hipótesis de Darwin (transmutación y selección natural) son incluidas en cada uno de los tres enunciados. Por una parte, la transmutación está presente en: la evolución de la especialización (1), en el origen de nuevas variedades y especies incipientes en simpatría (2), y en el resultado de especiación y ramificación (3). Por otra parte, la selección natural está presente en: la ventaja adaptativa de la especialización (1 y 2) y en la ventaja de las formas divergentes (3). De este modo, parece ser claro que la estructura de la tercera

hipótesis, creada tardíamente por Darwin en 1854, no puede ser entendida sino a la luz de conocimiento de fondo previo relacionado con la aceptación de las dos primeras hipótesis, que son las que le otorgan soporte. Así las cosas, la tercera hipótesis de Darwin es por lejos la más compleja de todas, puesto que además de incluir las dos que la anteceden en su propia estructura, efectúa predicciones no triviales sobre la temporalidad de los fenómenos auxiliares que acompañan el proceso⁵⁴.

Kohn (1985), 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 Darwin 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. Esta interpretación difiere profundamente de la visión de Paavola (2004). Siguiendo la idea de Hintikka (1989) en que ajustes y movimientos de pequeña escala formarían parte de una aproximación interrogativa hacia un objetivo final, Paavola señala que la teoría de Darwin (en su interpretación, solamente la transmutación y la selección natural) 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 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

⁵⁴ Aunque la discusión más específica de este fenómeno excede los objetivos de este trabajo, es importante señalar que entre los resultados colaterales del fenómeno de divergencia se encuentra (1) la extinción de los parentales y (2) la creciente especialización en el uso de los recursos por las formas derivadas. Para una discusión más detallada ver Browne 1980, Ospovat 1981, Kohn 1985, Ghiselin 1995, Tammone 1995.

*estratégicamente.*⁵⁵

Si bien no es claro de los registros históricos que Darwin hubiera experimentado destellos introspectivos en la elaboración de sus hipótesis, es evidente que su razonamiento global puede ser caracterizado como una estrategia, aunque solamente al momento de considerar la última hipótesis para la consolidación de su teoría integrada. El elemento faltante debía satisfacer los criterios de transmutación y selección natural, de modo que estos hallazgos previos constituyeron 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 ellos sino que los contuviera en su propia estructura interna. Es posible concluir entonces, que la articulación de las dos primeras hipótesis fue en definitiva lo que facilitó el montaje tardío de una verdadera estrategia que tomó 20 años en ser desarrollada hacia la creación de una teoría integrada de evolución, no el período de previo a la transmutación y la selección natural.

2.5. Conclusiones

Para Paavola el interpretar el descubrimiento de Darwin en un contexto interrogativo con preguntas y respuestas orientadas hacia un fin es lo que en principio otorgaría soporte histórico a su proposición que la abducción puede ser representada por una estrategia interrogativa. En este sentido la estrategia de Hintikka cumpliría un papel clave que garantizaría que la abducción sea descrita como una empresa racional, aunque prescindiendo de un sistema lógico. Un examen más detallado del descubrimiento de Darwin, sin embargo, nos indica que el descubrimiento de Darwin no fue un evento único, sustentado por la selección natural, como fuera conceptualizado por Paavola sino que se descompone de tres descubrimientos, cada uno de ellos con características propias y distintos ritmos y desarrollos de gestación. Mientras la idea de descendencia con modificación

⁵⁵ Paavola 2004, p. 209.

conllevó evidencia empírica para una teoría de la transmutación, la segunda gran idea de Darwin, la selección natural, proporcionó el mecanismo para los patrones de adaptación detectados en el viaje en el Beagle. La originalidad y potencia heurística de cada idea fue muy diferente, siendo mucho menos innovadora la idea de transmutación en tanto ya existían concepciones pre-Darwinianas análogas, aunque sin el detalle ni soporte empírico lo suficientemente robustos para ser aceptable por la comunidad de naturalistas de la época. La idea de selección natural, por su parte, resultó del importe de un modelo económico a la historia natural. A diferencia de la transmutación, la selección natural fue altamente original por lo que se puede calificar como un verdadero descubrimiento de Darwin. Gracias a esta idea Darwin pudo articular sus distintas observaciones y conjeturas en una teoría coherente, capaz de dar cuenta de fenómenos tan variados como el cambio evolutivo, las adaptaciones, las extinciones, la especiación, la selección sexual, entre muchos otros fenómenos. Sin embargo, la teoría de Darwin no se agota allí, por lo que 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 pierde instanciación, y deja de corresponderse con un caso de descubrimiento científico, por lo que la proposición filosófica podría dejar de tener soporte⁵⁶. Sin embargo, la pérdida de instanciación histórica no implica necesariamente una degradación del concepto en tanto las ideas pueden ser retenidas independiente de sus instancias históricas (Peacocke 1992, Armstrong 1997). Así, aún cuando el ejemplo histórico señalado por Paavola sea inadecuado, la idea de una reinterpretación de la abducción mediante la implementación de estrategias que orienten el camino hacia el descubrimiento podría continuar siendo legítima.

Una consideración importante en el modelo de indagación interrogativo es el supuesto que debe haber un objetivo preconcebido por el investigador en dirección al cual se despliega una estrategia interrogativa. Este esquema

⁵⁶ Según Lakatos 1974, la historia interna de los descubrimientos de Darwin no se correspondería con la reconstrucción racional efectuada por Paavola

presupone que la idea general ya reside en el investigador, quien de alguna manera intuye de antemano algunos rasgos gruesos de la teoría. Por ello, si se ha de aceptar la propuesta de estrategia global de Paavola-Hintikka, aún a pesar de no contar con instanciación histórica para el ejemplo de Darwin, debemos necesariamente aceptar un componente intuitivo como parte del proceso. En efecto, Paavola señala que la estrategia se relaciona con la habilidad de anticiparse a las objeciones, pero siempre en relación a un objetivo final. La interpretación histórica de los eventos que originaron los descubrimientos de Darwin desarrollada en este capítulo, permite señalar que si es que hubo algo análogo a una estrategia en el razonamiento de Darwin, lo fue con posterioridad a sus hipótesis de transmutación y selección natural, en un segmento histórico diferente al analizado por Paavola. Es en este período cuando la estrategia pudo estar dirigida a dar con una tercera hipótesis que permitiera consolidar sus descubrimientos previos en una teoría integrada de mayor envergadura. La manera en que Darwin da con el Principio de Divergencia, entre 1854 - 1855, 15 años después de descubierta la selección natural, será tratado en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3. EL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO DE DARWIN

3.1. Introducción

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.⁵⁷

Para la definición tardía de Peirce, aquella asociada a descubrimiento, la mayoría de las instanciaciones 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 abductivo⁵⁸. Hanson (1958b) toma este descubrimiento para ilustrar el

⁵⁷ Peirce 1903, Lectura 15. La naturaleza del significado.

⁵⁸ 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

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 órbita 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.⁵⁹

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, Kiiikeri 2001), el ejemplo de Kepler continúa siendo el ejemplo más nítido en la historia de la ciencia para ilustrar el razonamiento abductivo en tanto ilustra el tránsito de observaciones anómalas seguido por construcción de hipótesis explicativas. Sin embargo, como es virtualmente imposible tener acceso a los estados mentales de los investigadores al momento de sus descubrimientos, las

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 fue posible adscribir a un razonamiento inductivo ni deductivo.

⁵⁹ Hanson 1958b, p. 166.

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 Darwiniana, 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. De una manera parecida, Darwin, al no poder indicar la manera en que la selección natural y la variación operan a un nivel individual, nos indica que son procesos colectivos los que permiten comprender la adaptación de los seres vivos a sus circunstancias. 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 orgánicos 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 cladística⁶⁰. 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. El presente capítulo consiste en el análisis de los escritos de Darwin desde la perspectiva del sentido más genuino de abducción, el correspondiente a la segunda etapa de la abducción de Peirce, el relacionado con el origen de las conjeturas o hipótesis como explicaciones plausibles a

⁶⁰ La sistemática filogenética cladista es un conjunto de reglas parsimoniosas que basándose en propiedades derivadas compartidas entre los organismos permite reconstruir sistemas de relaciones entre las especies. El método fue creado por Hennig 1950.

observaciones anómalas o sorprendentes. Específicamente, en este capítulo se examinará la ocurrencia de eventos abductivos en cada una de las tres hipótesis que dan forma a su teoría, a saber, 1) la idea de transmutación, 2) la selección natural y 3) el principio de divergencia. Así, mediante un estudio de las notas y apuntes de Darwin como fuentes primarias de información, así como de interpretaciones efectuadas por historiadores especializados en la obra del naturalista, el presente capítulo es el resultado de la búsqueda de observaciones anómalas o hechos sorprendentes detectados por Darwin que pudieron haber gatillado la construcción de las principales hipótesis de su teoría integrada de evolución. Afortunadamente Darwin nos provee de una excepcional fuente de registros relacionados con los eventos que orientaron sus descubrimientos, lo que facilita identificar el modo y tempo en que el naturalista dio con sus hipótesis principales.

Charles Darwin ha sido desde siempre considerado como un pensador de profundo intelecto e influencia, siendo uno de los científicos que más interés ha suscitado por parte de historiadores y filósofos de la ciencia. El naturalista y su obra han sido objeto de una enorme diversidad de estudios que incluyen aspectos biográficos⁶¹, históricos⁶², y filosóficos⁶³, entre otros. Para efectos de este trabajo, el tipo de razonamiento usado por Darwin también ha sido foco de intenso estudio y debate. Es probable que el propio Darwin haya contribuido a la diversidad de opiniones respecto a su razonamiento y metodología al concebirse a sí mismo como un inductivista, si bien no estrictamente Baconiano, afín al método de investigación recomendado por Whewell⁶⁴. Por ejemplo, en su Autobiografía, Darwin señala,

⁶¹ Barlow 1958, Desmond & Moore 1991, Browne 1995, Browne 2002.

⁶² Bowler 2009, Gayon 1998, Eldredge 2005a.

⁶³ Brandon 1990, Ruse 1979, 1986, Dennett 1995.

⁶⁴ Darwin se embebió de las ideas inductivas de Whewell, con quien compartió extensamente en Cambridge antes de embarcarse en el Beagle y luego de su regreso a Inglaterra (Burkhardt & Smith 2009).

*Luego de mi retorno a Inglaterra me pareció que si seguía el ejemplo de Lyell en geología, y recolectaba todos los hechos que se relacionaran con la variación de animales y plantas bajo domesticación y también en la naturaleza, tal vez podría encontrar alguna luz sobre el problema. Mi primer cuaderno lo abrí en Julio de 1837. Trabajé sobre verdaderos principios Baconianos, y recolecté todos los datos sin ninguna teoría que me orientara, especialmente en relación a la producción de animales domésticos, a lecturas de documentos, conversaciones con hábiles mejoradores de animales y horticultores y lecturas extensivas.*⁶⁵

Sin embargo, esta adscripción explícita al inductivismo no implica necesariamente que en la práctica Darwin haya operado inductivamente. En efecto, Ghiselin (1969) cuestionando la idea prevalente que la investigación en los siglos XVIII-XIX, fuera practicada de acuerdo a los dictámenes del *Novum Organum* señala que Darwin, al igual que muchos científicos de esos días se autoproclamaban “inductivistas”, lo que ha obstaculizado el entendimiento de la real naturaleza del descubrimiento científico. Una línea de argumentación diferente considera que los descubrimientos importantes de Darwin son el reflejo de un claro razonamiento deductivo. En efecto, Van Valen (1982) señala que el argumento seguido por Darwin en la elaboración de la hipótesis de selección natural es de naturaleza deductiva, aunque por carecer de algunas premisas importantes, su estructura correspondería mas bien a un razonamiento deductivo incompleto. Aunque en el siglo XIX la deducción era entendida de una manera muy diferente a la concepción logicista actual⁶⁶, es el propio Darwin quien reniega de su uso, abogando indirectamente por un método inductivo,

⁶⁵ Darwin, Autobiografía 1958, p. 119-120.

⁶⁶ De acuerdo a John Stuart Mill “el modo de investigación que, a partir de la demostrada inaplicabilidad de métodos directos de observación y experimentación, nos otorga la principal fuente de conocimiento que tenemos o podemos tener de las condiciones y leyes de recurrencia de los fenómenos más complejos, se llama, en su expresión más general, método deductivo” J.S. Mill 1882, Capítulo 11, Sobre el Método Deductivo

Continuamente me he esforzado por mantener libre mi mente a fin de renunciar a cualquier hipótesis, por querida que fuera, en cuanto se demostrara que los hechos se oponían a ella (y no puedo evitar formarme una respecto de cada tema). En verdad, no me quedaba más elección que la de actuar de esta manera, ya que con la excepción de los arrecifes de coral, no recuerdo ni una sola hipótesis de primera intención que no haya desdeñado o modificado considerablemente luego de cierto tiempo. Naturalmente, esto me ha hecho desconfiar del razonamiento deductivo en las ciencias mixtas.⁶⁷

Un tercer punto de vista refiere a un uso indistinto de razonamiento inductivo como deductivo. Por ejemplo, Niles Eldredge (2005a) indica que en *Red*, la primera de las libretas de Darwin, escrita entre Junio 1836 - Mayo 1837, se consigna el uso de inferencias tanto inductivas como deductivas. Eldredge señala que una vez que Darwin concibió la idea de transmutación de las especies por generalización inductiva, la idea fue expresada de manera más robusta en la libreta B, escrita entre Julio 1837 - Febrero 1838, como un sistema hipotético-deductivo, que habría comprometido por primera vez al naturalista con la transmutación. En la misma línea, Ayala (2009) señala que aún cuando el propio Darwin se autodefinió como un inductivista aferrado estrictamente a principios Baconianos⁶⁸, en la práctica procedió de acuerdo a un razonamiento hipotético-deductivo. Esta apreciación es compartida por Ghiselin,

A menos que uno comprenda que Darwin aplicó rigurosa y consistentemente el método hipotético-deductivo, sus logros no pueden ser bien apreciados. Su gran logro científico no debe ser atribuible a la recolección de datos, sino al desarrollo teórico que

⁶⁷ Esta acotación se basa en la clasificación de las ciencias efectuada por Whewell: ciencias mixtas (mecánica, hidrostática, neumática, óptica y astronomía) y no matematizadas, filosofía experimental, o ciencias aplicadas (magnetismo, electricidad, calor, luz, química, sonido, y metrología). Ver Cahán 2003.

⁶⁸ De acuerdo a los *desiderata* del *Novum Organum*, la mejor manera de llegar a un conocimiento confiable del mundo consistía en recolectar hechos crudos y organizarlos en tablas, las que luego de ser evaluadas por los científicos podían arrojar luces sobre verdades generales.

*efectuó. Tanto el superficialmente atractivo “correcto método Baconiano” como la inducción por enumeración simple no dan cuenta realmente de cómo trabajan los científicos.*⁶⁹

El argumento de Ghiselin tiene por objetivo descartar la idea que Darwin fue un inductivista y destacar lo que a su juicio es la clave para entender el desarrollo de su obra, el método hipotético-deductivo, al menos en el sentido de que gran parte del quehacer del naturalista fue someter a prueba con distintos tipos de evidencia sus ideas en forma de conjeturas concebidas con anterioridad. En este sentido, Ghiselin tampoco nos informa de un posible razonamiento abductivo, objetivo de este capítulo.

No obstante la diversidad de interpretaciones sobre el tipo de razonamiento usado por Darwin, es notorio el hecho que su obra y en especial el descubrimiento de sus hipótesis prácticamente no han sido examinados desde la perspectiva de la abducción. Exceptuando los trabajos pioneros de Paavola y Hintikka, quienes indagaron en la posibilidad que el naturalista haya usado abducciones en la creación de sus hipótesis, estudios que hayan examinado esta posibilidad son prácticamente inexistentes. Esta situación es de alguna manera sorprendente ya que Darwin fue un verdadero revolucionario del pensamiento, por lo que comprender la estructura de su razonamiento es no solo de interés para ejemplificar la participación de esquemas abductivos en sus descubrimientos de gran escala sino para identificar posibles elementos nuevos en la implementación de algoritmos relacionados con razonamiento basado en modelos (e.g., Magnani 2001, 2009, Schurz 2017).

De acuerdo a Paavola (2004), Darwin descubre la selección natural como estado final de un proceso gradual y acumulativo de organización de ideas, afín a la idea de ritmo gradual de Gruber (1974, 1981), donde nociones inicialmente vagas se habrían articulado paulatinamente, orientando la ruta de acceso a la idea principal. Esta conceptualización del descubrimiento ilustrada por Paavola, sigue

⁶⁹ Ghiselin 1969, p. 4.

las proposiciones de Hintikka (1998), para quien el razonamiento de Darwin ilustra una propiedad más general del proceso de descubrimiento, a saber, la ocurrencia de reglas estratégicas. Según Paavola y Hintikka, tales reglas consisten en un conjunto de pasos inferenciales dirigidos hacia un objetivo determinado (el descubrimiento), donde la habilidad de anticipación y elección entre distintas posibilidades, siempre en relación al objetivo final, son de primera importancia. Esta aproximación con un objetivo final preconcebido es también compartida por Dennett,

Si Darwin no hubiera tenido un mecanismo en mente, la selección natural, mediante el cual la increíble transformación histórica pudiera ser explicada, probablemente [él] no habría tenido la motivación para ensamblar toda la evidencia circunstancial que tenía a mano. Hoy en día nos podemos imaginar fácilmente la demostración del hecho histórico crudo de descendencia con modificación, independientemente de cualquier consideración a la selección natural o de cualquier otro mecanismo, pero para Darwin la idea de mecanismo fue una licencia para cazar y una resuelta guía para encontrar las preguntas correctas.⁷⁰

En el presente capítulo se examinan fuentes primarias de evidencia histórica que permiten plantear la tesis que el descubrimiento de las principales hipótesis de la teoría de Darwin son el resultado de esquemas de razonamiento abductivo en el sentido original de la abducción de Peirce-Hanson. Por consiguiente, en este capítulo mas que hacer una descripción pormenorizada de las circunstancias que rodearon los descubrimientos de Darwin, lo que ha sido desarrollado extensamente por historiadores de su vida y obra⁷¹, se privilegiará la identificación de los siguientes dos elementos, (a) ocurrencia de observaciones sorprendentes, sin explicación consistente a partir del conocimiento disponible de la época y (b)

⁷⁰ Dennett 1995, p. 39.

⁷¹ ver por ejemplo Barlow 1958, Eiseley 1958, de Beer 1964, Ghiselin 1969, Ospovat 1981, Kohn 1985, Browne 1995, 2002, Bowler 1996, Desmond & Moore 1991.

creación abductiva de hipótesis que dan cuenta de las observaciones sorprendentes detectadas en este trabajo. Es así, como el presente capítulo no debiera entenderse como un registro historiográfico de la obra del naturalista sino como un intento por identificar la estructura de su razonamiento a través del examen de los eventos que pudieron haber gatillado la creación de sus hipótesis.

3.2. Anomalías y Conocimiento de Fondo

Uno de los aspectos importantes en la evaluación de un posible razonamiento abductivo en Darwin se refiere a la presencia de un conocimiento teórico pre-existente desde el cual calificar los hechos como sorprendentes o anómalos. De acuerdo al esquema de Peirce-Hanson, una anomalía ocurre cuando una observación, hecho o fenómeno no puede ser entendido con los elementos teóricos disponibles por lo que se precisa de una hipótesis nueva donde el hecho cobre sentido. Como señala Hanson,

Preguntar por la causa de un acontecimiento sigue siendo pedir una explicación de ese acontecimiento. Es una demanda de comprensión o, un ruego de que el acontecimiento en cuestión se haga comprensible en términos de otras cosas «no sorprendentes» cuya existencia se conoce. (Como Peirce insinúa, una perplejidad x se explica cuando se muestra que se sigue «como cosa natural» de los hechos no sorprendentes y y z).⁷²

En el contexto de esta definición es pertinente precisar con un mayor nivel de detalle la definición de conocimiento de fondo para efecto del análisis de los descubrimientos de Darwin.

El conocimiento naturalista pre-Darwiniano de comienzos del siglo XIX no conformaba un cuerpo de conocimiento científico desligado de la fe sobre el cual situar las observaciones naturales, por lo que dependiendo si otorgamos o denegamos legitimidad al conjunto de creencias religiosas de la época, debemos

⁷² Hanson 1971, p. 31.

prescindir de un conocimiento de base, con el inconveniente que por definición no podría haber anomalías en un vacío teórico, por lo que el esquema abductivo de Peirce-Hanson dejaría de funcionar como motor de nuevo conocimiento. Aún cuando el conocimiento naturalista pre-Darwiniano era abundante en información e historia natural, en su mayor parte consistía de teorías especulativas no articuladas, mas afines a la concepción Kuhniana de estado de desarrollo pre-paradigmático y pre-científico. En el razonamiento abductivo una anomalía u observación sorprendente puede asimilarse a un fenómeno que no se ajusta a las expectativas de un conocimiento previo y que antecede la creación de una nueva hipótesis o teoría⁷³. Esta definición es similar a la concebida por Kuhn (1962), que circunscribe la ocurrencia de anomalías al período previo a una revolución científica donde una vez establecido el nuevo paradigma, el carácter sorprendente y anómalo de las observaciones se desintegra para dar lugar a una pieza de evidencia esperable en el nuevo orden de cosas. Así, tanto en los contextos de Kuhn y Peirce-Hanson las anomalías cumplen roles equivalentes en el proceso de descubrimiento científico ya que en ambos casos se comportan como instancias gatilladoras de nuevas conceptualizaciones teóricas. Sin embargo, las anomalías de Kuhn y Peirce-Hanson difieren en otros importantes aspectos. Mientras para Kuhn las anomalías tienen la carga de ser las promotoras de la crisis de un paradigma dominante que antecede a una revolución científica, en el contexto del razonamiento abductivo la anomalía solamente antecede la creación de una hipótesis, sin necesariamente estar involucrada en un cambio radical del significado de los enunciados de una teoría. Por consiguiente, en la abducción la anomalía se puede concebir tanto en el período de ciencia normal como revolucionaria⁷⁴. Por otra parte, el concepto de anomalía de Kuhn es uno que

⁷³ Aliseda (2006) propuso el término "gatillo abductivo" para referirse al fenómeno sorprendente que gatilla la abducción ya sea por novedad o por anomalía con el conocimiento existente y que demanda una explicación.

⁷⁴ Hacking (2012) señala "La ciencia normal no busca la novedad sino solo clarificar el status quo. Tiende a descubrir lo que se espera descubrir". Es decir, el descubrimiento forma parte de la práctica de investigación cualquiera sea la etapa en que se encuentre el paradigma en el

apela a una consistente desviación de las expectativas de una teoría, que es precisamente lo que permite la apertura de un período en que las categorías conceptuales son ajustadas hasta que lo inicialmente anómalo llega a ser lo anticipado. Esta función histórica no es desempeñada en el contexto de Peirce-Hanson, ya que la anomalía no hace mención a un desarrollo acumulativo de desajustes con un paradigma de fondo sino que es más afín a la idea de hallazgo sorprendente libre de carga histórica.

La creación de las hipótesis por Darwin puede en principio ser interpretada como una serie de descubrimientos en ausencia de conocimiento de fondo, en tanto en la primera mitad del sXIX no existía una conceptualización de la naturaleza desligada de la fe. La Teología Natural, como sistema teológico centrado en descubrir la manera en que Dios se manifestaba en el mundo natural, alcanzó un amplio desarrollo en la Edad Media bajo la influencia tanto de teólogos islámicos como cristianos. Esta doctrina se desarrolló indiferenciadamente del naturalismo europeo bajo el supuesto que existía una conexión entre el mundo empírico y un dominio trascendental. Esta visión de la naturaleza fue preponderante en la formación temprana de Darwin, especialmente durante su estadía en el Christ's College de Cambridge (1828-1831), donde cursó materias para un grado en letras como primer paso para ordenarse como pastor anglicano. Darwin conocía profundamente la doctrina de Paley, y aparentemente leyó dos veces la Teología Natural. La primera durante sus estudios en Cambridge y la segunda, una vez de vuelta del viaje del Beagle, como sugiere la libreta *Libros por Leer* (1838-1851) donde aparece consignado el texto en cuestión⁷⁵.

Uno de los elementos más importantes de la Teología Natural fue el argumento del diseño, desarrollado por Paley en 1802, que se convirtió en la demostración intuitiva más popular de la existencia de Dios en la primera mitad del sXIX. En la primera página de su obra, Paley señala,

ciclo de Kuhn (1962).

⁷⁵ Darwin online: <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?pageseq=22&itemID=CUL-DAR119.-&viewtype=side>

Supongamos que cruzando un campo golpeará mi pie contra una piedra y que alguien me preguntara cómo llegó la piedra a estar ahí. Podría responder que la piedra había estado ahí desde siempre. Pero supongamos ahora que me encontrara un reloj en el mismo campo, y alguien me preguntara cómo llegó el reloj a estar allí. Difícilmente podría dar la respuesta que había dado antes, es decir, que el reloj podría haber estado allí siempre. Pero ¿por qué razón esta respuesta no serviría para el reloj pero sí para la piedra? Por qué no es tan admisible en el segundo caso como en el primero? Porque cuando inspeccionamos el reloj percibimos lo que no pudimos descubrir en la piedra, que sus distintas partes están armadas y ensambladas con un propósito. Es decir, que las partes son formadas y ajustadas de tal forma de generar movimiento, y que el movimiento así generado nos da la hora del día. Si las partes se hubieran construido de otra manera, fueran de distinto tamaño, o hubieran sido ensambladas en un orden distinto de como fueron, no se produciría ningún movimiento o al menos nada con una utilidad parecida a la que tiene ahora.⁷⁶

A partir de esta analogía, Paley concluye que la complejidad de diseño y el preciso ajuste de las partes de los organismos es también el resultado de un diseñador inteligente. La Teología Natural y la analogía del reloj fueron el marco de referencia bajo el cual se interpretaba el mundo natural en los programas de estudios de colegios y Universidades del Reino Unido durante el sXIX, bajo el importante supuesto que categorías teológicas de pensamiento eran adecuadas para las ciencias naturales (MacGrath 2011). La analogía del reloj se ha interpretado como una inferencia a la mejor explicación, donde la aceptación de un diseñador inteligente se habría seguido de los distintos grados de plausibilidad de hipótesis alternativas, lo que habría condicionado la preferencia de los naturalistas de la época por la explicación teológica al problema del diseño⁷⁷. En el proceso de

⁷⁷ Sober (2004) señala que si el reloj perfectamente diseñado, complejo y con buen ajuste entre sus piezas es una observación O, dos posibles hipótesis alternativas pueden ser propuestas para dar cuenta de O:

buscar una explicación naturalista para la adaptación biológica, Darwin tomó insumos de una amplia variedad de fuentes que en su conjunto favorecieron el descubrimiento de las hipótesis centrales de la teoría. Aún cuando a comienzos del siglo XIX no existía aún una teoría de la evolución, ya existían algunas corrientes de pensamiento heredadas del sXVIII que sugerían un protoconcepto de evolución y adaptación. Especialmente influyentes en Darwin fueron las concepciones transformistas de la corriente francesa, representada principalmente por los escritos de George Louis Leclerc, Comte de Buffon, Jean Baptiste Lamarck y George Cuvier, así como de naturalistas y pensadores ingleses, como su abuelo médico Erasmo Darwin, el geólogo Robert Lyell, y el zoólogo y anatomista Robert Grant (Bowler 2009). Sin embargo, como se argumentará en las siguientes secciones, si bien estas concepciones proporcionaron un contexto para las hipótesis de Darwin, no parecieran haber funcionado estrictamente como conocimiento de fondo del proceso abductivo. Mas bien, Darwin evaluó sus observaciones en relación a los *desiderata* de la Teología Natural, especialmente en lo relacionado a las causas responsables del diseño de los organismos⁷⁸. Darwin inicialmente aceptó la teleología explicativa de la Teología Natural, donde la existencia de Dios se revelaba en el fino ajuste del cosmos sobre la vida, a través de la belleza e inteligibilidad de las leyes de la naturaleza. Los organismos y sus partes eran diseñados *para* ciertos propósitos (*e.g.*, las aletas de los peces *para* nadar, los branquias *para* respirar, el corazón *para* bombear sangre, etc), todo lo cual permitía a los organismos sobrevivir en su medio. Incluso, Darwin fue

H1: El reloj fue creado por un diseñador inteligente

H2: El reloj fue producido por una suma de procesos aleatorios

Un teólogo natural notaría que la observación O no sería sorprendente si H1 fuera cierta, pero sería altamente sorprendente si H2 fuera cierta, por lo que debemos aceptar H1 por sobre H2 como verdadera y concluir que los organismos son creados por un diseñador inteligente.

⁷⁸ Según Ayala 2010, el gran proyecto de Darwin fue dar cuenta del origen y diseño de los organismos. “En mi opinión, el logro más revolucionario de Darwin, incluso más que la propia demostración de evolución, es que extendió la revolución Copernicana al mundo de los seres vivos. Desde ahí en adelante, al igual que los fenómenos del mundo inanimado, el origen y diseño de los organismos pudo ser explicado como el resultado de leyes naturales manifestadas en la naturaleza”.

un gran admirador de la obra de Paley, como hace notar en su autobiografía:

Para aprobar el examen del B.A. había que conocer también Evidences of Christianity de Paley, y la Moral Philosophy del mismo autor. Los estudié a fondo, y estoy seguro de que podía haber transcrito el Evidences entero con perfecta corrección, aunque, por supuesto, sin el claro estilo de Paley. La lógica de este libro y, puedo añadir, la de su Natural Theology, me procuró tanto deleite como Euclides. El estudio cuidadoso de estas obras, sin tratar de aprender nada de memoria, fue la única parte del curso académico que, como pensaba entonces y sigo creyendo ahora, sirvió algo para la educación de mi mente.⁷⁹

Sin embargo, no satisfecho con los *desiderata* metafísicos de la Teología como agencia creadora de diseño, Darwin buscó explicación en fenómenos naturales para dar cuenta del diseño orgánico, un marco conceptual que estaba lejos de ser siquiera concebido por los naturalistas de la época.

3.3. La consiliencia de inducciones

En el siglo XIX, el acto de tener un destello creativo era un fenómeno enteramente separado del proceso de articular, desarrollar y evaluar las nuevas ideas (Schickore 2014). Darwin, al igual que la mayoría de los científicos de la época adhirió, en principio, al método inductivo de Bacon, pero además adoptó el procedimiento normativo propuesto por William Whewell en su obra *Philosophy of the Inductive Sciences* (1840). La influencia de Whewell sobre Darwin no puede ser desestimada. Para Whewell, el descubrimiento científico comprende tres elementos: 1) el hallazgo, 2) la articulación y el desarrollo de la idea, en lo que podríamos llamar una etapa de descubrimiento, y 3) la evaluación de la idea, una etapa justificatoria. Así, los hechos materiales correlacionados entre sí (coligados en el original), subsumen en un concepto general que debiera ser suficiente para

⁷⁹ Darwin. Autobiografía, p. 88.

explicar los datos. La naturaleza coligada de los hechos se revela en conceptos mediante una observación sistemática y rigurosa, pero también se devuelve desde las ideas a los hechos mediante la exposición del concepto a nuevos hechos en un proceso iterativo. De esta manera, según Whewell, es posible ganar creciente claridad conceptual y al mismo tiempo mapear de manera cada vez más exacta los hechos de la realidad. La etapa justificatoria del proceso, la evaluación de la idea, involucra valores tales como poder predictivo, simplicidad, y especialmente consiliencia, la capacidad de cada idea de acceder a un grado mayor de generalidad, dando cuenta de una amplia variedad de fenómenos. Cuando líneas independientes de evidencia apuntan al nuevo concepto, es decir cuando ocurre una alta consiliencia de inducciones, es cuando se alcanza un alto nivel de generalidad. Lo que es interesante para efectos de este trabajo, es que los primeros dos pasos del procedimiento de Whewell, es decir, la observación de los hechos y el desarrollo de la idea en un concepto general coligado, es muy similar a una abducción. Aunque no fue concebido como tal por Whewell, el concepto coligado debiera ser capaz de explicar los datos observados de una manera análoga al papel desempeñado por la hipótesis abductiva de Peirce-Hanson. De los escritos, cartas, y libretas de apuntes de Darwin, es relativamente fácil desprender la conclusión que el naturalista procedió siguiendo el procedimiento normado por Whewell (Thagard 1977, Gould 2002), lo cual probablemente facilitó la articulación de sus ideas y dar con las hipótesis centrales que componen su obra⁸⁰.

3.4. Consideraciones metodológicas

⁸⁰ Darwin valora las teorías precisamente por su consiliencia, es decir, por su capacidad en dar cuenta de una amplia variedad de fenómenos. Es así como en una carta a Asa Gray indica "Debo admitir que hay muchas dificultades no satisfactoriamente explicadas por mi teoría de descendencia con modificación, pero es difícil concebir que una teoría falsa explique tantas clases de hechos, como yo creo que la mía explica. A partir de esto es que dejo caer el ancla con la esperanza que las dificultades lentamente irán desapareciendo." Carta de Darwin a Asa Gray, 11 Noviembre 1859, Burkhardt et al. 2009. V7, p. 369.

Como en cualquier estudio basado en evidencia histórica, existe un riesgo inherente en interpretar de manera confiable el pasado. Esta dificultad es especialmente crítica cuando los descubrimientos consisten en teorías complejas articuladas mediante enunciados verbales y narrativos y no matematizados, en los cuales es posible identificar con mayor facilidad los pasos secuenciales en el razonamiento⁸¹. Afortunadamente, los registros dejados por el propio Darwin son copiosos, consistiendo en 25 libros sobre diversas materias, ensayos, una serie de libretas de notas escritas en distintas etapas de sus descubrimientos (Red, B, C, D, E, M, N), más de 15.000 cartas, y su propia autobiografía, lo que globalmente permite analizar de manera relativamente confiable su razonamiento. Sin embargo, no obstante esta amplia fuente de información, cualquier intento de interpretación histórica de los procesos internos del pensamiento del naturalista en sus descubrimientos debe tener en cuenta algunas consideraciones.

En primer lugar, como en cualquier estudio que descansa en evidencia histórica, existe el importante supuesto de acceso epistémico confiable hacia el pasado. Este supuesto no es exclusivo de estudios historiográficos, sino de cualquier disciplina que tenga como principal motor de entendimiento a la explicación histórica⁸² (Gardiner 1979). Uno de los inconvenientes inherentes a este tipo de estudios es la subdeterminación que ocurre cuando la evidencia histórica disponible no es suficiente para dirimir entre hipótesis alternativas en la explicación de un hecho histórico, limitante que puede ser especialmente crítica cuando la tarea de reconstrucción histórica consiste en procesos mentales. Por esta razón es pertinente diferenciar entre aspectos de (a) reconstrucción cronológica, que consiste en la identificación de los eventos relevantes para el

⁸¹ Por ejemplo, el razonamiento en siete pasos abductivos seguido por Kepler para descubrir la órbita elíptica de Marte ha sido reconstruido en detalle siguiendo los sucesivos ajustes matemáticos sobre los datos de Tycho Brahe. Este ejemplo fué considerado por Peirce en Principios de Filosofía; 2. Lecciones de la historia de la ciencia; 10. Tipos de razonamiento, como la “mayor abducción [retroducción en el original] efectuada jamás” (CP 1.74). Ver también Hanson 1958, Wilson 1972, Lugg 1985, Kiiikeri 2001.

⁸² Esto incluye cualquier disciplina científica que descansa en inferencia histórica tales como paleobiología, paleoclimatología, antropología y arqueología, entre otras.

estudio y (b) reconstrucción histórica, donde los procesos y relaciones causales que conectan los eventos relevantes a lo largo del tiempo son enfatizados (Forber y Griffith 2011). Especialmente importante en la tarea de reconstrucción de los eventos que dieron origen a la teoría integrada de Darwin es la consideración del peso otorgado al papel de las causas externas, especialmente las circunstancias económicas y sociales en la Inglaterra del sXIX, aspecto que para algunos historiadores constituye el fundamento de la teoría Darwiniana⁸³. En el contexto de este trabajo la reconstrucción histórica del razonamiento del naturalista es el aspecto relevante, es decir, el énfasis será puesto en el proceso de creación de cada una de las hipótesis donde los eventos causales serán expuestos de acuerdo a un ordenamiento dictado por la cronología de los eventos. Sin embargo, aún considerando la reconstrucción histórica como la fuente relevante, existe un natural disenso interpretativo entre los historiadores de Darwin en algunos puntos importantes, por lo que la interpretación de los hechos en el contexto de la elaboración de las hipótesis es por definición tentativa.

En segundo lugar, la teoría de evolución por selección natural es engañosamente simple, siendo algunos de sus conceptos objeto de amplio debate e interpretación hasta el día de hoy⁸⁴. Por tratarse de una teoría compleja, es difícil trazar el origen independiente de las hipótesis que la componen ya que por lo general las ideas de Darwin no son secuenciales ni progresivas sino que se estructuran en forma de redes de conceptos, en lo que ha sido caracterizado por Kohn (1985) como un diálogo interno más que como una secuencia organizada y lineal de pensamiento⁸⁵. La complejidad de gestación no es reflejada en la

⁸³ Por ejemplo, Rádl en 1930 señala que Darwin simplemente efectuó una transferencia de las ideas políticas y económicas de Inglaterra a la naturaleza. En la misma línea Keynes (1926) indica que el “principio de sobrevivencia del más apto” es una simple generalización de la economía de David Ricardo. Ver también Cowles 1936 y Sandow 1938.

⁸⁴ Al respecto ver revisiones en Sober 1984, Brandon 1990, Godfray-Smith 2009, entre otros

⁸⁵ Al referirse a la gestación del principio de divergencia, Kohn indica “...la estructura del debate post-Darwin refleja la estructura dicotómica de su propio pensamiento...y para comprender la manera en que el conocimiento se forma es necesario atender con cuidadoso escrutinio al diálogo interno, que no es otra cosa que el desarrollo intelectual individual.”

exposición efectuada por Darwin en el Origen de las Especies (Kohn, comunicación personal), donde Darwin presenta su teoría de una manera fluida y bien estructurada: los primeros capítulos referidos a la selección natural (capítulos 1-4), seguido por posibles objeciones a la teoría (capítulos 6-7), un importante capítulo sobre el principio de divergencia (capítulo 8), y los últimos capítulos dirigidos a proporcionar evidencia de la evolución, enfatizando la idea de ramificación y evolución adaptativa a escala biogeográfica y de millones de años (capítulos 9-14). Esta secuencia no concuerda con la temporalidad de los registros en las libretas Red, B, C, D y E, en que el orden secuencial de los descubrimientos es mas bien: a) transmutación, (b) selección natural, y (c) principio de divergencia. Al respecto, Kohn (1980) señala,

Los científicos notoriamente re-escriben la historia de sus argumentos por razones expositivas. En el caso de Darwin, la familiaridad de la audiencia con los efectos de la selección artificial puede haber influido en la manera en que él escogió estructurar su argumento en el Origen de las Especies. Por ello, esa clase de evidencia debe ser vista con sospecha, especialmente considerando que la evidencia primaria del desarrollo de las ideas de Darwin están consignadas en sus cuadernos de notas. Más problemáticos incluso que las inferencias extraídas de la estructura del Origen son los enunciados autobiográficos hechos por Darwin que señalan que la selección natural surgió a partir de una analogía con la selección artificial.⁸⁶

Tomando en consideración estos antecedentes, en este trabajo se prescindirá (en lo posible) de El Origen de las Especies (1859) y de la Autobiografía⁸⁷ (1958) de Darwin como fuente de información primaria, excepto para ejemplificar algún punto específico relacionado con algún concepto ya maduro y decantado luego de un largo periodo de reflexión. Como el interés de este trabajo es identificar eventos

⁸⁶ Kohn 1980, p. 136.

⁸⁷ Escrita originalmente en 1876 y publicada con omisiones en 1887 por Murray (Londres), y re-editada sin omisiones por Nora Barlow en 1958

claves del proceso de descubrimiento y creación de hipótesis, el énfasis será puesto en las fuentes de información que ilustran precisamente esos estados de reflexión del naturalista. A saber:

- a) Journal of Researches (1839) también llamado The Voyage of the Beagle (1845)
- b) Libretas: Rojo (Geología): 1837-1839; Serie de libretas "Transmutación": B (1837-1838), C (Febrero 1838 - Julio 1838), D (Julio 1838 - Octubre 1838), y E (1838-1839).
- c) Los escritos Sketch (1842) y Essay (1844)
- d) Las notas que dieron origen a Essay y que fueron posteriormente clasificadas en distintas categorías temáticas bajo el nombre de "Portafolios".
- e) La correspondencia de Darwin enviada a otros naturalistas de la época.

Con todo, y tomando en consideración las dificultades y diversidad de perspectivas al estudio de la obra de Darwin, en este capítulo me limitaré a detectar la ocurrencia de razonamientos abductivos que pudieron haber orientado el camino de Darwin hacia el descubrimiento de cada uno de los tres pilares que en su conjunto constituyen su teoría de evolución.

3.4. La primera hipótesis: Transmutación

La idea de transmutación biológica se inscribe en conceptos más generales impulsados por pensadores materialistas de mediados del sXVIII como Diderot y Dolbach, quienes antes de la Revolución Francesa ya abrazaban nociones de cambio social al concebir la naturaleza como un sistema principalmente flexible, sin estructuras permanentes ni fijas. Sin embargo, estas nociones materialistas de cambio tendieron a ser acalladas por el poder político y no se hicieron mayor eco en los naturalistas de la época. Solamente hacia fines de siglo, se desarrollaron más propiamente algunas ideas de cambio biológico aunque de una manera aún

desintegrada, sin constituir siquiera una teoría rudimentaria de evolución. Según Pierto Corsi (1988) diferencias en la aproximación conceptual al problema no facilitaron la elaboración de un teoría integrada de la transmutación en aquellos años. Por una parte, una línea de pensamiento *formalista* (estructuralista) liderada por Geoffroy Saint-Hilaire e influenciada en parte por Lamarck, propiciaba la idea que las similitudes anatómicas entre las diversas especies testimoniaban un sistema de clasificación natural y una unidad de composición que relacionaba las formas vivientes. La búsqueda de una unidad de tipo común a las especies constituyó el principal proyecto, en lo que se denominó Filosofía Natural. Por otra parte, una línea de pensamiento *teleológica* liderada por Georges Cuvier, afirmaba que las condiciones de existencia encontradas por los organismos era lo que dictaba la adaptación de sus partes y órganos al medio. Para esta corriente de pensamiento la idea tipológica de Geoffroy era una especulación sin mayor sentido material. Lo que realmente importaba era que las partes de los organismos se adaptaban funcionalmente al medio de una manera teleológica (Amundson 1996).

La idea de transmutación, en estado rudimentario llegó a Inglaterra, donde se discutió en los círculos intelectuales de la época. Erasmo Darwin, fue uno de los principales impulsores de la nueva concepción de la naturaleza. Charles Darwin, estudiante universitario en Edimburgo y luego en Cambridge se embebió de las ideas de transmutación mediante su contacto con intelectuales progresistas. Una vez terminado su estudio de Bachillerato, requisito para optar a estudios de clérigo, emprendió su viaje a bordo del Beagle ya teniendo una noción inmadura de transmutación luego de leer las ideas de Charles Lyell, aunque sin adherir necesariamente a ella. El joven Darwin estaba al tanto de los avances efectuados por los naturalistas franceses, especialmente la idea de unidad de tipo de Geoffroy Saint-Hilaire, que vinculaba especies alejadas entre sí mediante diseño y planes corporales compartidos entre las especies, y también la idea de adaptación masiva de los organismos al medio, propiciada por Georges Cuvier. Estas dos líneas de pensamiento fueron las que posteriormente sirvieron de conocimiento de

fondo para el desarrollo e integración de su posterior hipótesis de transmutación.

Como se ha indicado previamente, en la primera mitad del siglo XIX existía solamente una idea vaga del concepto de transmutación. A bordo del *Beagle*, Darwin efectúa una serie de observaciones en las costas de Sudamérica que lo hacen posteriormente reconsiderar su posición no transmutacionista y preparar el camino para su definitiva conversión en 1837, una vez en Londres. Uno de los elementos claves en el desarrollo del pensamiento de Darwin fue la idea de reproducción sexual. La primera evidencia histórica de una reflexión relacionada con este aspecto proviene de su paso por Chile, en 1835, momento en que se embebió en profundidad con los *Principios de Geología* de Charles Lyell, escrito en 1830, donde la naturaleza se concebía como un sistema de cambio lento y gradual en que los eventos geológicos mantenían un equilibrio entre la tierra y el mar⁸⁸. En aquella época Darwin aún no efectuaba la distinción entre organismo y especie, de modo que en las notas originales no hay referencia a dos niveles jerárquicos diferenciados sino hasta mucho más tarde en su pensamiento⁸⁹. En esta etapa de su desarrollo, aparentemente Darwin no consigna nada nuevo ni especulativo en sus diarios de viaje, publicados bajo el título *Journal of Researches*⁹⁰. Todo lo que Darwin observa en esta etapa es interpretado de acuerdo a los cánones de Paley y Lyell. Sin embargo, como veremos más adelante, estas observaciones adquirirían una nueva significación toda vez que Darwin se hubo alejado del marco creacionista estipulado por *La Teología Natural* de Paley (1802).

⁸⁸ Lyell adscribía a una existencia real de las especies, en que el término “real” se refería a la inmutabilidad de las especies. Las variaciones observadas entre los individuos se concebían como ligeras variaciones en torno a un tipo ideal platónico. De igual manera, Lyell, en línea con la *Teología Natural*, concebía las especies como entidades perfectamente adaptadas a sus circunstancias particulares, por lo que su sobrevivencia dependía estrictamente del número de nacimientos que ocurrían en cada localidad y en última instancia se reflejaban en el balance armonioso de la naturaleza propiciado por la *Teología Natural*.

⁸⁹ Francis Darwin, hijo del naturalista, nota que en 1837 Darwin efectúa una analogía entre especie e individuo: los individuos nacen, se desarrollan y mueren. Así también lo pueden hacer las especies

⁹⁰ Posteriormente publicado en 1845 como *Voyage of the Beagle*.

La compleja teoría de Darwin, resumida en *The Origin of Species* (1859) y extendida posteriormente en *The Descent of Man* (1871), consiste básicamente en tres enunciados: 1) existe continuidad en los linajes de distintas especies a lo largo del tiempo (i.e., la idea de transmutación), 2) la adaptación de las especies a su medio ocurre mediante selección natural, 3) la diversificación y construcción de la árbol de la vida ocurren como resultado de competencia por recursos. Estas ideas fueron concebidas en distintas etapas. Aunque existe algún grado de discrepancia entre los historiadores, a juzgar por notas en el cuaderno rojo, aparentemente la transmutación ya había comenzado a ser considerada por Darwin en el *Beagle*, antes de desembarcar en Inglaterra (Kohn *et al.* 2005). Sin embargo, la hipótesis fue gestada luego de un período de reflexión iniciado en marzo de 1837, 4-5 meses después de haber desembarcado en Inglaterra. En su autobiografía, Darwin escribe,

Durante el viaje del Beagle me impresioné mucho al descubrir en las formaciones de las Pampas, fósiles de grandes animales cubiertos de corazas, como las de los actuales armadillos; en segundo lugar, me impresioné 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 me impresionó el carácter sudamericano de la mayor parte de los animales de las Islas Galápagos, y más especialmente la manera en que ellos difieren entre las islas sin que ninguna de ellas parezca muy vieja 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.⁹¹

En particular, los eventos que originaron la nueva idea tuvieron su base en las siguientes observaciones durante el viaje del *Beagle*:

1) El reemplazo geográfico norte-sur entre dos formas (variedades según Darwin)

⁹¹ Darwin, *Autobiography*, 1958, p. 118.

de ñandúes de diferente tamaño, siendo los del norte-centro de Argentina de mayor tamaño y con algunas otras características diferentes que los que habitaban la Patagonia. Como los dos avestruces tenían rangos de distribución geográfica separada, aunque se sobreponían levemente en algunas localidades, fue suficiente para que desde Argentina, Darwin enviara el esqueleto y plumas de la forma más pequeña (Petise) a John Gould, el ornitólogo que asesoraba a Darwin en la identificación y clasificación de las especies recolectadas en el viaje del Beagle. Una vez que Darwin ya hubo vuelto a Inglaterra en octubre de 1836, Gould presenta el 14 de Marzo de 1837 un trabajo en la Sociedad de Zoología de Londres indicando que el pequeño avestruz recolectado por Darwin desde el sur de Río Negro es una especie distinta y no una simple variante geográfica de la especie de avestruz de mayor tamaño observada en el norte del país (Gould 1837). El haber encontrado las dos especies de avestruces viviendo juntas en el mismo momento en algunas regiones y solitarias en otras, sugirió a Darwin que las especies se pueden deteriorar y morir por algo similar a la senescencia y muerte programada. Al igual que los organismos, cuando a las especies se les acaba el tiempo, simplemente dejan de existir. Esta idea es muy importante ya que pone de manifiesto el escepticismo de Darwin con el concepto de adaptación perfecta de la Teología Natural, idea de la que se distancia crecientemente a medida que gesta su idea de transmutación. Darwin recibe la noticia de Gould y consigna en el cuaderno *Red, especular sobre la tierra neutral para las dos especies*. En la misma libreta consigna un mes después de recibida la noticia:

*Si vemos dos especies de diferentes ñandúes, sensibles al cambio, ¿debería uno buscar un padre común a ambos? ¿Por qué deberían las dos especies cercanas compartir el mismo territorio?*⁹²

Posteriormente, en *Journal of Researches*, Darwin escribe:

⁹² Red Notebook 153, 1837.

Cuando estuve en el río Negro, en la Patagonia septentrional, a menudo me hablaban los gauchos de un ave muy rara a la cual llamaban avestruz Petise. Menos abundante que el avestruz ordinario, muy común en esos parajes, se le asemeja mucho. Según los pocos habitantes que habían visto ambas especies, el avestruz Petise es de un matiz más oscuro, más «tordillo» que el avestruz vulgar; tiene las piernas más cortas y sus plumas descienden más abajo; por último, se le atrapa mucho más fácilmente con las boleadoras. Añadían que las dos especies pueden distinguirse desde mucha distancia...Esta especie es muy rara en las llanuras colindantes con el río Negro, pero abunda mucho como grado y medio más al sur.⁹³

¿Cómo podían sobrevivir las dos especies juntas en un mismo territorio?. Si Lamarck indicaba que el paso entre una especie y otra consistía en cambios continuos ¿Por qué los ñandúes emparentados eran tan distintos en tamaño?.

2) El descubrimiento de fósiles de *Macrauchenia* (una especie extinta de camélido sudamericano) en la Patagonia Argentina, un territorio donde también habitaban guanacos contemporáneos. Este hallazgo es tal vez de mayor trascendencia que la observación de los avestruces, ya que originó el inicio de un cuestionamiento a la idea prevalente de inmutabilidad de las especies.

*Cerca del puerto San Julián en el lodo rojo que cubre la grava de la llanura, elevada 90 pies sobre el nivel del mar, he encontrado la mitad de un esqueleto de *Macrauchenia patagonica*, notable cuadrúpedo, tan grande como un camello. Pertenece al orden de los paquidermos, que comprende al rinóceros, el tapir y el *paleotherium*; pero por la estructura de los huesos del cuello, muy alargado, se parece mucho al camello o más bien al guanaco y la lama...Desde luego me sorprendió mucho encontrar un cuadrúpedo tan grande, y me preguntaba cómo había podido existir tan recientemente y subsistir en estas llanuras pedregosas, estériles, que apenas producen alguna vegetación a 49°15" de latitud; pero el indudable parentesco entre el*

⁹³ Darwin 1845, p. 101 en Wilson, E.O. (Ed.), 2006.

Macrauchenia y el guanaco que habita hoy los lugares más estériles de estas mismas llanuras justifica el estudiar esta pregunta. El parentesco, aunque distante, que existe entre el *Macrauchenia* y el guanaco, entre el *Toxodon* y el capibara, el más inmediato entre los numerosos desdentados extinguidos, y los perezosos, hormigueros y armadillos actuales, que de tan marcada manera caracterizan la zoología de la América meridional, y el todavía más próximo que existe entre las especies fósiles y las vivas de *Ctenomys* y de *Hudrochoerus*, son hechos muy interesantes...Este extraño parentesco, en el mismo continente, entre los muertos y los vivos, no dudo que ha de dar muy pronto mucha más luz que otra clase alguna de fenómenos al problema de aparición y desaparición de los seres organizados sobre la tierra.⁹⁴

En algún momento las dos especies, *Macrauchenia* y el guanaco contemporáneo, debieron estar viviendo en los mismos lugares de la Patagonia. La pregunta que emergió en la mente de Darwin fue ¿Por qué se extinguió *Macrauchenia*? De acuerdo a la doctrina de inmutabilidad de Paley y Lyell, un cambio en el ambiente pudo haber desajustado a esta especie, llevándola a la extinción local. Sin embargo, los registros geológicos no eran consistentes con la idea de un cambio climático importante en el sur de Sudamérica.

*El mayor número de estos cuadrúpedos extinguidos, si no todos, vivían en época reciente, puesto que eran contemporáneos de las conchas marinas de hoy... ¿Cuál es, pues, la causa de la desaparición de tantas especies y hasta de géneros enteros? A nuestro pesar, hay que creer sin remedio en alguna gran catástrofe...No obstante, el estudio de la geología de la Plata y de la Patagonia nos permite concluir que todas las formas que afectan las tierras provienen de cambios lentos y graduales.*⁹⁵

Por otra parte, si hubiera habido algún tipo de exclusión por competencia, la

⁹⁴ Ibidem, p. 164.

⁹⁵ Ibidem, p. 165.

especie que debería haberse extinguido era el guanaco y no *Macrauchenia* que era de mayor tamaño corporal. ¿Es concebible que los guanacos hayan tomado el alimento de *Macrauchenia*? Esto tampoco hacía mucho sentido, especialmente considerando que además de *Macrauchenia*, otras especies de mamíferos gigantes extintos parecían mostrar un fenómeno equivalente.

*Es imposible reflejar sin la más profunda sorpresa el estado de cambio de este continente. En algún momento debió haber estado repleto de grandes monstruos, como los hay en algunas regiones del sur de Africa, pero ahora solo encontramos tapires, guanacos, armadillos y capibaras, verdaderos pigmeos en comparación a las razas que los antecedieron.*⁹⁶

Especialmente notoria fue la similitud en el plan anatómico entre los extintos Glyptodontes y los pequeños armadillos que habitaban las pampas argentinas. La observación de Darwin, aunque no completamente original⁹⁷, es *claramente una observación sorprendente*, una disrupción no esperada en el plan estable de la naturaleza, que requería de una hipótesis explicativa.

*¿Podemos creer que el capibara haya monopolizado los alimentos del toxodon, el guanaco los de Macrauchinia, los pequeños desdentados actuales a los de sus numerosos prototipos gigantescos? No hay de seguro, en la larga historia del mundo, fenómeno más extraño que las inmensas exterminaciones, tan a menudo repetidas de sus habitantes.*⁹⁸

Estas preguntas se acrecentaron una vez recibida la identificación efectuada por el anatomista y paleontólogo Richard Owen en Enero de 1837, quien consignó nuevas especies y géneros de *Toxodon*, *Megatherium* y *Glyptodon*, y tal vez más

⁹⁶ *Ibidem*, p. 164.

⁹⁷ Casi 100 años antes el misionero jesuita inglés Thomas Faulkner ya había registrado el fenómeno, Eiseley 1958.

⁹⁸ *Ibidem*, p. 165.

importante clarificó que *Macrauchenia* no pertenecía al grupo de los paquidermos como pensaba Darwin sino al de los camélidos, lo que permitió reunir en un mismo grupo taxonómico a *Macrauchenia* y los guanacos actuales. Las evidencias obtenidas eran *sorprendentes* y no encajaban en la idea de Paley de perfecta armonía con el medio, ni tampoco con el concepto de extinción Lyelliana que apelaba a cambios en las circunstancias físicas del ambiente. Las especies no parecían transformarse gradualmente como planteaba Lamarck sino que el reemplazo parecía ocurrir de manera drástica.

Si bien la sección anterior ya sugiere un posible razonamiento abductivo en la creación de la hipótesis, es necesario indagar con algo de mayor detalle el razonamiento de Darwin. En la primavera de 1837, un vez recibida la noticia de Gould, es cuando Darwin vincula la relación entre el reemplazo geográfico entre ñandúes con la secuencia temporal entre *Macrauchenia* y los guanacos actuales mediante una analogía espacio-tiempo. En *Red*, Darwin señala,

*El mismo tipo de relación que el ñandú común establece con (Petisse, & diferentes tipos de Fourmillier): el guanaco extinto lo establece con el reciente. En el primer caso la relación es la posición, en el último, la relación es el tiempo.*⁹⁹

Así, el ñandú común (*Rhea americana*) se relaciona con el ñandú pequeño (*Rhea darwini*) como el guanaco extinto (*Macrauchenia patachonica*) se relaciona con el guanaco actual (*Lama guanicoe*). La primera razón, entre los Rheas se basó en una sucesión espacial, con los rangos geográficos contiguos entre las especies. La segunda razón, entre los guanacos, involucra una sucesión temporal. El elemento que conecta ambas razones es el hecho que en ambos casos hay un reemplazo de una especie por otra. Visto en contexto, este reemplazo se refiere a la transmutación. Para Darwin era muy claro que las especies no se fusionaban unas con otras sino que una debía haber *inosculado* o generado la otra.

⁹⁹ Notebook B, CD 130

Macrauchenia habría entonces *inosculado* a los guanacos actuales tal como un *Rhea* habría *inosculado* a la otra especie (Herbert 1980). La estructura de la analogía es registrada nítidamente en la libreta B,

*Si especulamos sobre la duración de las sucesiones de especies y la cantidad de cambios que pueden ocurrir, creo que podemos considerar un mundo tan antiguo como lo conciben los geólogos, lo que concuerda gruesamente con el número de especies formadas.*¹⁰⁰

Y más tarde en El Origen de las Especies,

*Si admitimos que el registro fósil es imperfecto en grado extremo, entonces los hechos que otorga el registro, corroboran la teoría de descendencia con modificación. Nuevas especies aparecen lentamente y a sucesivos intervalos, y la cantidad de cambio a iguales intervalos de tiempo, es muy distinta entre los distintos grupos. La extinción de especies, que ha sido tan importante en la historia del mundo orgánico, casi inevitablemente se sigue del principio de selección natural, ya que las formas antiguas serán reemplazadas por formas mejoradas más recientes. Ninguna especie o grupo de especies reaparece cuando la cadena normal de generaciones se rompe.*¹⁰¹

La analogía consta de la siguiente estructura:

1. Lo que caracteriza la observación de los ñandúes es su posición, el espacio geográfico.
2. Lo que caracteriza la observación de los camélidos es el tiempo.
3. Si consideramos que una especie de ñandú surgió por saltación a partir de otro en el territorio neutral (de sobreposición geográfica), entonces podemos aceptar que los guanacos modernos pudieron surgir en algún momento a partir de *Macrauchenia*.

¹⁰⁰ *Ibidem*, CD 225

¹⁰¹ Darwin 1859, p. 475 en Wilson, E.O. (Ed.), 2006.

Según Kohn (1980) es en este momento cuando Darwin logra dar con la idea de transmutación. Mas que el hecho que una especie A se transforme repentinamente en una especie A', Darwin concibe la posibilidad que A y A' se relacionen mediante un ancestro común A°, en lo que es la primera idea claramente documentada de ramificación filogenética con ancestro común. Es muy evidente que esta analogía se efectuó a partir de observaciones sorprendentes por lo que la nueva concepción de transmutación fué enteramente gatillada por problemas biológicos específicos. La idea se corroboraba por lo observado en otros megamamíferos que presentaban un patrón similar a *Macrauchenia*, Glyptodontes habrían *producido* armadillos de menor tamaño pero similar diseño, y Megatherios habrían *producido* perezosos. La idea central ya está concebida. Sin embargo, Darwin vió un inconveniente en su hipótesis. Si hay continuidad entre ancestros y descendientes, ¿Por qué razón no aparecen estados intermedios que atestiguen el fenómeno de evolución en el registro fósil?¹⁰². Una posibilidad es que el proceso sea extremadamente lento y gradual y que la preservación de las especies sea muy improbable y accidental. Si los perfiles geológicos visibles eran el resultado de una lenta acumulación de pequeños eventos, era esperable que las especies actuales fueran el resultado de imperceptibles cambios que ocurrían a lo largo de millones de años. Darwin escribe a Lyell en 1838,

*He estado impresionado al constatar como a partir de los registros geológicos aparecen nuevas especies de animales, que son clasificadas y agrupadas por sus afinidades e instintos.*¹⁰³

¹⁰² Darwin en sus inicios fue un geólogo formado en la escuela gradualista de Charles Lyell, con quien mantuvo siempre una cercana amistad y a quien leyó asiduamente a bordo del Beagle. Gracias a su formación geológica pudo interpretar minuciosamente la geología del sur de Sudamérica, y situar los eventos tectónicos observados en el sur de Chile en un marco que implicaba procesos de cambios en una escala de millones de años

¹⁰³ Burkhardt *et al.* 2009. Carta a Lyell, Vol 2, p. 107.

Así, un nuevo razonamiento analógico permite a Darwin, entender que los lentos cambios geológicos podían también ser aplicables a los ritmos de transformación de la especies. Convencido por sus propias observaciones en la Patagonia Argentina de la validez del uniformitarismo geológico popularizado por Lyell¹⁰⁴, Darwin abandona definitivamente el pensamiento fijista para plantear su idea de cambio evolutivo lento y gradual. Oldroyd (1984) sostiene que las sugerencias que Darwin encuentra en los *Principios de Geología* de Lyell (1832) son trasladadas por analogía a la evolución para concebir cambios igualmente lentos y graduales en las especies.

En síntesis, a partir de sus propias observaciones hechas en el viaje del Beagle y reveladas por la crucial información proporcionada por los zoólogos Owen y Gould en Londres, es que Darwin llega abductivamente a la transmutación, entendida como un proceso lento y gradual que se manifiesta en descendencia con modificación. Pareciera ser claro que Darwin no adhirió a la transmutación de golpe ni tampoco tuvo un destello repetino de creación abductiva a bordo del Beagle, ni tampoco luego de su regreso a Inglaterra, sino que fue un proceso gradual de articulación d las ideas. Al respecto Gruber señala,

*...una antigua generación de estudiosos de Darwin puede haber pensado que el naturalista inglés tuvo un momento repentino de "eureka" en, o justo después de visitar las Galápagos. Sin embargo, ahora es ampliamente aceptado que durante el viaje del Beagle no hubo un gran "ajá" sobre la idea de la evolución y tampoco del mecanismo de selección natural.*¹⁰⁵

¹⁰⁴ El uniformitarismo de Lyell presupone que los cambios geológicos son extremadamente lentos y que la Tierra existe en un estado estable producto de efectos compensatorios, en que cualquier cambio geológico ocurrido en un lugar se compensaba con un cambio equivalente en otro lugar. Esta noción de gradualismo y equilibrio estable tiene su base en los Meteorológicos de Aristóteles, "todo cambio en la naturaleza de la tierra se produce gradualmente y en lapsos de tiempo desmesurados en relación con nuestra vida" (Meteorológicos, Libro 1, 351b). Un ejemplo de ello es la teoría de la mutua transformación de los elementos, la existencia de ciclos hídricos y la mantención de un equilibrio hídrico global en el planeta

¹⁰⁵ Gruber 1985, p. 18.

Aún cuando en la segunda edición del *Journal of Researches* (1845), Darwin señala que sus sospechas iniciales de transmutación ocurrieron a partir de sus observaciones de los pinzones de las Galápagos, esta fue solo una intuición razonable, que no puede ser considerada una observación anómala ni sorprendente,

*Al ver esta gradación y diversidad de estructura en un grupo pequeño e íntimamente relacionado de aves, uno podría realmente especular que a partir de una ausencia de aves en este archipiélago, una especie pudo haber llegado y modificarse con diferentes fines.*¹⁰⁶

Mas bien, si hubo un momento crucial en el desarrollo de la hipótesis de transmutación, éste se puede remitir a la recepción del trabajo de John Gould, el 14 de Marzo de 1837. Fue la confirmación que los ñandúes eran dos especies diferentes el evento que gatilló la analogía espacio-tiempo¹⁰⁷. Una vez reportada en la libreta *Red*, Darwin perfecciona su idea de transmutación en las libretas B y C, hasta plantear la idea más definitiva en D, entre Julio y Octubre de 1838, donde señala que *por fin tiene una teoría sobre la cual trabajar*. Esta teoría, sin embargo, tal como Darwin señala en carta a Baden Powell, no es enteramente original, sino una modificación de de otras previamente concebidas por otros naturalistas

Ninguna persona educada y ciertamente tampoco el más ignorante podría suponer que yo intento atribuirme el origen de la doctrina que las especies no han sido creadas independientemente. La única

¹⁰⁶ Darwin 1845, p. 380 en Wilson, E.O (Ed.) 2006.

¹⁰⁷ Un punto de vista diferente es el de Gavin de Beer (1962), quien señala que la la idea de evolución se concibió a bordo del Beagle. Según de Beer, el hallazgo de los mamíferos gigantes extintos, la variación de los ñandúes, y la similitud de la avifauna de las Galápagos con la del continente además de la variación de las aves entre las islas fueron observaciones suficientes para que Darwin concibiera la evolución antes de llegar a Inglaterra. Esta interpretación se sostendría, en principio, a partir de las Notas Ornitológicas escritas al final del viaje en el Beagle

novedad de mi trabajo es el intento por explicar la manera en que las especies se han modificado, y en alguna medida cómo la teoría de descendencia con modificación explica algunas amplias clases de hechos. En este sentido no he recibido asistencia de mis antecesores.

108

Así, sin atribuirse sustancial originalidad, Darwin admite no ser el primero en invocar un naturalismo explicativo, sino que se concibe a sí mismo como un continuador de una tradición que busca comprender el mundo natural sin apelar a entidades sobrenaturales¹⁰⁹.

*Lamarck fue el primero cuyas conclusiones sobre esto llamaron la atención...Él sostuvo la doctrina que todas las especies, incluido el hombre, son descendientes de otras especies. Fue el primero en hacer el eminente servicio de llamar la atención a la probabilidad que todo cambio en el mundo orgánico e inorgánico fuera el resultado de una ley y no de una acción milagrosa.*¹¹⁰

3.6. La segunda hipótesis: selección natural

La idea que las especies se adaptan a su medio es central en para la idea de selección natural. Sin embargo, el concepto de adaptación no fue una creación de Darwin. Ya Buffon, su discípulo Lamarck y Lyell tenían conceptualizaciones protocientíficas relacionadas con la adaptación de los organismos al ambiente, lo que también había sido reconocido en parte por Cuvier en su doctrina de las condiciones de existencia¹¹¹. En la concepción de Lamarck, los caracteres o

¹⁰⁸ Burkhardt et al. 2009. Carta a Baden Powell, Vol. 8, p. 39.

¹⁰⁹ En este sentido, el descubrimiento de la transformación (evolución) por Darwin es un claro ejemplo de lo que ha sido llamado una *abducción basada en modelos* por Magnani & Casadio (2016), una de cuyas características es actuar de mediador en la transformación del conocimiento desde una forma tácita a una explícita *sensu* Polanyi (1966).

¹¹⁰ Darwin 1859., p. xiv en Wilson, E.O (Ed.) 2006.

¹¹¹ Para Cuvier la indagación de las condiciones de existencia, o la causa final, debía ser el principio rector en historia natural. "Como nada puede existir que no satisfaga las condiciones que hacen posible su existencia, las distintas partes de cada ser deben estar coordinadas de tal manera de hacer posible la existencia del ser como un todo, no solo en si mismo, sino

rasgos que proporcionan beneficios en el acceso a los recursos eran *retenidos y amplificados* mientras que los que no prestaban utilidad en el nuevo ambiente podían ser *reducidos y eliminados* en las futuras generaciones. Así, los organismos, en el proceso de adaptación al medio y mediante la repetición consistente de su conducta, eran capaces de modificar también su forma y organización, transmitiendo estos rasgos adquiridos a lo largo de la vida, a las siguientes generaciones. Siguiendo a Saint-Hilaire, Lamarck concibe el ambiente como un agente inductor de cambios, por lo que nuevas circunstancias obligarían a los organismos a cambiar *para* sobrevivir. El ambiente es así concebido por primera vez como una fuerza natural responsable del fenómeno de transmutación. Por otra parte, consideraciones teístas desarrolladas por William Paley en su Teología Natural (1802) señalaban que las adaptaciones de las especies habían sido originadas por un ser superior capaz de diseñar los organismos y sus partes de acuerdo a las características singulares de los ambientes. Este tipo de explicación asigna propósito a los rasgos y órganos en tanto beneficia a los organismos, otorgando sentido a la existencia de las partes. Para la Teología Natural, el principio rector de toda naturaleza orgánica es la voluntad divina que se despliega teleológicamente hacia las causas finales, siendo la investigación de la adaptación orgánica una manera de glorificar al Creador (Amundson 1996). Así, hasta antes de Darwin, la mayor parte de los naturalistas aceptaban que tanto el diseño como adaptación eran el resultado de una concepción y elaboración por una mente superior capaz de visualizar los beneficios finales de tal construcción.

Si bien esta narrativa proveía una explicación satisfactoria desde la perspectiva de la fé, no era suficiente para Darwin, quien requería de una hipótesis naturalista que diera cuenta de las sorprendentes adaptaciones mostradas por los organismos, y que también fuera coherente con el concepto de transmutación. Al igual que la propia idea de transmutación, la hipótesis de selección natural comienza a gestarse de manera muy temprana durante el viaje del Beagle. En las

también en relación a los otros seres, y el análisis de esas condiciones a menudo lleva a leyes generales".

Notas Ornitológicas, Darwin se percata de la diferenciación de las variedades de mímidos y tortugas entre las islas y apunta la notable reflexión que ya anticipa su futuro abandono de la Teología Natural,

*El único caso parecido que conozco es la diferencia que existe entre el zorro oriental y el zorro occidental de las islas Falkland. Si hubiera algún fundamento para este fenómeno, la zoología de los archipiélagos sería interesante de estudiar ya que socavaría la estabilidad de las especies.*¹¹²

Y refiriéndose a los pinzones anota,

*...las aves siendo levemente diferentes en estructura entre las islas parecen ocupar el mismo lugar en la naturaleza, lo que me hace sospechar que se trata sólo de variedades.*¹¹³

Una vez de vuelta en Londres, Darwin consigna en *The Voyage of the Beagle*, el reemplazo de especies de animales y plantas entre las distintas islas del archipiélago, siendo las aves y tortugas ejemplos de ello.

*Pero lo que sobre todo llamó mi atención, fue la comparación de los muchos ejemplares de tencas muertas por mí o por los oficiales del buque. Con gran sorpresa observé que todas las que procedían de la isla Carlos pertenecían a la especie *Mimus trifasciatus*; las de la isla Albermarle a la especie *Mimus parvulus*; todas las de James y Chatham, entre las cuales hay otras dos islas que forman como un lazo de unión, pertenecían a la especie *Mimus melanotis*. Estas dos últimas especies son muy aproximadas y algunos ornitólogos no las consideran sino como razas o variedades bien determinadas; pero la especie *Mimus trifasciatus* es por completo distinta.*¹¹⁴

¹¹² Barlow 1963, p. 262.

¹¹³ *Ibidem*, p. 262.

¹¹⁴ Darwin 1845, p. 342 en Wilson, E.O. (Ed.) 2006.

Sin embargo, Darwin no advirtió una tendencia similar en los pinzones del Archipiélago de las Galápagos sino hasta después que sus muestras recolectadas fueran analizadas en Londres¹¹⁵. La noticia sorprendente ocurre en Marzo de 1837, cinco meses después del regreso de Darwin a Inglaterra, que es cuando recibe las noticias del ornitólogo John Gould, que le informa que los pinzones de las Galápagos no eran simples variedades de una misma especie como Darwin había supuesto, sino 13 especies distintas, cada una con sus propias características. Esta noticia inesperada apuntaba a un hecho fundamental: tanto aves, tortugas y pinzones tenían sus propias especies en cada isla, lo que cuestionaba la estabilidad o inmutabilidad de las especies. La noticia de Gould confrontó definitivamente la preconcepción de Darwin, obligándolo a conceptualizar una hipótesis explicativa de estas observaciones sorprendentes. En el diario de viaje escrito en Londres, Darwin señala,

Al ver esta gradación y diversidad de estructura en un pequeño e íntimamente relacionado grupo de aves [los pinzones] uno puede imaginarse que a partir de una escasez inicial de aves en el archipiélago, una especie se ha modificado para diferentes propósitos.¹¹⁶

Y en la libreta B de 1837, escribe,

De acuerdo a esta visión, los animales de las distintas islas deberían diferenciarse si se dejan allí por un largo tiempo bajo distintas circunstancias. Las tortugas de las Galápagos, los pinzones, el zorro de Falkland con el de Chiloé, la liebre inglesa con la irlandesa.¹¹⁷

Esta idea de adaptación, registrada no mucho tiempo después de haber vuelto de

¹¹⁵ Los pinzones de las Galápagos no son siquiera mencionados en la libreta Red, escrita en gran parte a bordo del Beagle.

¹¹⁶ Darwin 1845, p. 330 en Wilson, E.O. (Ed.) 2006.

¹¹⁷ Notebook B, CD 7.

su viaje de 5 años, emerge entonces de una observación sorprendente, que no es consistente con la idea de adaptación teológica prevalente de la época. Sin embargo, aún cuando la observación de Gould es muy importante e indudablemente contribuye a la creación de la hipótesis de selección natural, no pareciera ser la observación última que gatilla la creación de la hipótesis abductiva. El papel que la observación de Gould desempeña en el razonamiento de Darwin es más claro al consignar que Darwin aborda la pregunta de adaptación mediante una reducción a la reproducción individual. La descendencia de una pareja de reproductores suele tener características más variables que la que muestran sus progenitores, lo que se verifica al constatar que a menudo algunos hijos tienen rasgos que no están presente en sus padres. Darwin concibe el fenómeno de la reproducción como un proceso fisiológico que, si bien desconocido en su mecanismo íntimo, actúa como una fuente creadora de variación orgánica. Inicialmente, Darwin atribuye valor adaptativo a la propia variación originada por la reproducción sexual. Es decir, los hijos producidos podían ser funcionalmente adaptativos a los ambientes que eventualmente encontrarían en los nuevos sitios que colonizarían, resultando la transmutación tanto de la variación heredable transmitida de padres a hijos como del efecto inductor de las condiciones variables del ambiente,

La condición de todo animal es en parte debida a adaptación directa y en parte a una traza hereditaria; por eso el parecido y diferencias entre los pinzones de Europa y América.¹¹⁸

Y continúa más adelante,

Los individuos mueren y perpetúan ciertas características, se adaptan y obliteran variaciones accidentales acomodándose al cambio. Este argumento también se aplica a las especies. Si los individuos no pueden procrear no hay nada que hacer, así también

¹¹⁸ Ibidem, CD 46-47

*ocurre con las especies.*¹¹⁹

Un hecho llamó su atención y que puede considerarse la observación sorprendente definitiva que lleva a la selección natural. La variación producida por reproducción sexual en la naturaleza era relativamente baja en comparación a la variación producida por cruzamientos preferenciales bajo selección artificial. La sorprendente homogeneidad que presentaban las especies en la naturaleza a lo largo de su rango de distribución geográfica le sugirió la idea que algo debía estar limitando la variación. ¿Por qué a pesar de existir una máquina productora de variación (como lo hace la reproducción sexual) no hay variación ilimitada en la naturaleza?. Cómo se genera la sorprendente *constancia aparente* de las especies a lo largo de su rango de distribución?.

*Con esta tendencia a variar en cada generación, ¿por qué las especies son constantes en el país entero?*¹²⁰

Este breve apunte de Darwin es fundamental ya que pone de relieve el requerimiento de contar con un mecanismo entonces desconocido que fuera capaz de contener la variación producida. Concordando con Kohn (1980, p. 89), es muy probable que esta reflexión fuera lo que canalizó definitivamente las preguntas de Darwin hacia el descubrimiento de la selección natural. A partir de este momento, Darwin evalúa evidencias que orienten el camino hacia su descubrimiento. Contrario a lo que es usualmente aceptado por los no especialistas, fueron las tencas y no los pinzones lo que gatilló la abducción de Darwin¹²¹. Al constatar que las diferencias morfológicas observadas entre las

¹¹⁹ Ibidem, CD 64

¹²⁰ Ibidem, CD 5.

¹²¹ La razón histórica del por qué los pinzones de las Galápagos fueron posteriormente sindicados como la observación crucial que permitió a Darwin dar con la selección natural ha sido analizada convincentemente por Sulloway (1982), quien señala que el error puede ser atribuible a ornitólogos ingleses de la primera mitad del sXX que sobre enfatizaron el rol de los

especies de tencas que habitaban en cuatro islas del archipiélago era mayor que las diferencias que observaba entre las especies que habitaban en Sudamérica, se hizo necesario plantear una posible explicación para esta observación sorprendente. Su hipótesis abductiva fue que las especies podían modificarse y adaptarse a sus circunstancias locales una vez aisladas unas de otras. Si una pareja logra acceder a una isla con un ambiente y recursos diferentes, esa pareja, aislada reproductivamente del resto de los organismos, podría comenzar a adaptarse a las nuevas condiciones locales acelerando la evolución desde el grupo inicial. Sin embargo, al mismo tiempo que ocurre el aislamiento, el ambiente geográficamente acotado generará altos niveles de endogamia, en que el éxito reproductivo de los organismos se verá reducido como producto del cruzamiento entre parientes, conteniéndose de esta manera la variación producida. El mecanismo concebido por Darwin, si bien aún inmaduro, desempeñó dos roles importantes en la ruta hacia la selección natural. Por una parte, proporcionó un escenario en que la adaptación podía ser acelerada y por otra otorgó un argumento plausible para contener la amplia variabilidad producida por reproducción sexual. Su idea fué coherente con la hipótesis de transmutación y estipuló un escenario plausible de aislamiento geográfico para la formación de nuevas especies por acumulación de diferencias a lo largo del tiempo¹²².

Así, las observaciones sorprendentes que gatillan en Darwin la búsqueda de un mecanismo plausible que explicara los fenómenos observados parecieran haber sido: a) la menor variación existente en la naturaleza que la producida en los criaderos artificiales, y b) la mayor variación de las tencas entre islas cercanas de las Galápagos respecto a lo observado en el continente. Sin embargo, para

pinzones en el descubrimiento de la selección natural. Sin embargo, fue el pensamiento evolutivo desarrollado por Darwin una vez concebido los elementos de su teoría en 1837-1838 lo que le permitió comprender el complejo caso de los pinzones y no al revés como es usualmente señalado. Darwin no otorgó mayor importancia al este grupo de aves, tal como consta en su completa omisión en el Origen de las Especies.

¹²² Según Oldroyd (1984) es en este estado de cosas que Darwin esquematiza sus ideas en los populares árboles en Notebook B, CD 26 y Notebook B, CD 36.

Darwin no era del todo evidente cuál era el agente responsable de que algunos variantes y no otros fueran capaces de reproducirse y experimentar transmutación. En la selección efectuada por los criadores era el ser humano el que escogía, pero no era claro de qué manera podía actuar una fuerza seleccionadora en la naturaleza, si es que la había.

En la libreta B de 1837, Darwin ya contaba con dos mecanismos posibles para la generación de nuevas especies. Uno que obedecía a cambios acumulativos graduales, observable en rangos geográficos continuos en el continente, y otro que producía cambios rápidos y especiación en ambientes insulares. Sin embargo, esto no era coherente con la observación efectuada algunos años atrás en los ñandúes de Argentina donde las dos especies de ñandúes no presentaban una gradación entre ellos, sino un abrupto cambio en tamaño (y otros rasgos) en un sector bien definido de la geografía. Si lo que había ocurrido era que las especies habían competido entre sí, expulsando una a la otra de los territorios comunes eso significaba que la especie perdedora estaba menos adaptada que la ganadora a ese ambiente. En esta etapa, ya muy cercana a la idea de selección natural, Darwin aún concibe la adaptación como un estado absoluto afín a una idea Paleyana, mas que como una adaptación relativa e imperfecta al ambiente, que es el concepto definitivo de adaptación presente en el Origen de las Especies. En esta etapa de confusión la libreta B, contiene una serie de elucubraciones relacionadas con posibles resultados de la reproducción entre especies y razas. Sin embargo, todo ese conjunto desarticulado de notas cobra sentido y decanta rotundamente luego que Darwin efectúa la transferencia de conceptos desde la producción de razas de animales domésticos mediante selección artificial a la reproducción de las especies en la naturaleza. Darwin vió el éxito de los criadores que lograban formas nuevas seleccionando partes de una variación en los animales domésticos y razonó analógicamente que algo similar podía suceder en la naturaleza donde ciertos organismos era seleccionados naturalmente, es decir, eran capaces de sobrevivir y reproducirse gracias a la posesión de características que no poseían aquellos que fallaban en sobrevivir y

reproducirse. Esta analogía, está en el centro de su hipótesis de selección natural¹²³. Según Ghiselin,

*Darwin no fue realmente original en darse cuenta que la selección artificial podía producir cambios en las propiedades de los organismos...Eso era claramente posible para los criadores, que escogiendo individuos con ciertos atributos se podía formar un grupo caracterizado por la combinación de rasgos que se deseara.*¹²⁴

Llega entonces el momento de la lectura del trabajo *Ensayo sobre el Principio de la Población* de Malthus el 28 de Septiembre de 1838 y Darwin encuentra la idea de lucha y competencia que le permite hacer la última analogía que necesitaba para moverse desde selección artificial a selección en la naturaleza¹²⁵. La superfecundidad de las especies estaría siempre contribuyendo a la adaptación a largo plazo de las estructuras frente al cambio ambiental y estas adaptaciones serían transmitidas hereditariamente por los organismos reproductivos de una generación a otra. Las especies harían espacio adaptativo a las nuevas estructuras introduciendo una fuerza en la economía de la naturaleza siendo las estructuras adaptadas el efecto final del proceso. Es preciso notar que aunque el trabajo de Malthus no hace referencia a algún proceso de selección, permitió a Darwin desplazar la noción de presión poblacional debido a competencia a una idea de adaptación diferencial intrapoblacional expresada como variación en sobrevivencia y reproducción entre los individuos¹²⁶.

¹²³ Limoges (1977) señala que la analogía con selección artificial no fue fundamental para la elaboración de la hipótesis de selección natural, sino que tuvo un papel mas bien retórico y pedagógico.

¹²⁴ Ghiselin 1969, p. 56.

¹²⁵ Según Malthus (1798), la población humana tiende a aumentar en número. Sin embargo, la producción de alimentos no permite mantener la población. Sin embargo, existe un equilibrio donde el número de individuos se mantiene estable debido a limitaciones naturales tales como la muerte por hambre, enfermedades, guerras, abstención sexual y prácticas de infanticidio. Estas muertes, sostenía Malthus, son una parte consustancial a la existencia humana y afecta principalmente a los miembros más débiles de la sociedad, los enfermos y los pobres.

¹²⁶ ver Manier (1978) para una discusión más extensa sobre este punto.

Darwin efectúa la primera mención a Malthus en el cuaderno N el 4 y 7 de octubre de 1838 y posteriormente, el 4 y 5 de Diciembre expresa la analogía entre selección artificial y selección natural en la libreta E, señalando que algunas líneas de cruzamientos entre razas de perros podrían ser entendidas como un proceso de adaptación, analogando el estado final de cada raza a un producto adaptado (Evans 1984).

Las patas de los perros de aguas podrían ser más espatuladas que las de otros perros. Aún cuando el hombre pudiera haber creado esta variedad, si la naturaleza los hubiera escogido lo habría hecho más eficientemente que el hombre.¹²⁷

Finalmente, los elementos centrales y elaborados de su teoría iniciada en Septiembre son expresados mediante tres escuetos enunciados en la página 58 de la libreta E, entre el 27 Noviembre y 2 Diciembre de 1838.

Tres principios dan cuenta de todo

(1) Los nietos se parecen a sus abuelos.

(2) Los cambios suelen ser pequeños y en relación al ambiente físico.

(3) La fertilidad ocurre en relación al soporte de los parentales.¹²⁸

Estos enunciados señalan que aquello que es transmitido de padres a hijo suele transmitirse más allá de una única generación.; las alteraciones que son transmitidas como efecto de cambios en el ambiente suelen ser pequeñas; y que hay un exceso de descendencia producida relativa a la disponibilidad de alimento y otros recursos del ambiente. Así, lo que Darwin extrae de Malthus es básicamente el tercer punto, siendo la alta fecundidad de las especies lo que contribuye a su adaptación producto de la alta producción de variantes a un amplio rango de condiciones. La adaptación de las estructuras, sin embargo, se

¹²⁷ Notebook E, CD 63.

¹²⁸ *Ibidem*, CD 58

encuentra limitada por una fuerza que acumula y comprime las especies a usar los recursos libres en la economía de la naturaleza forzando, debido a la alta presión generada, la eliminación de los variantes más débiles, es decir menos ajustados a las condiciones ambientales¹²⁹. Es hacia el final de la serie de libretas de transmutación, específicamente a partir de la página 118 de la libreta E, el 16 de Marzo de 1839, que Darwin da el siguiente paso y comienza a interpretar la evolución como consecuencia de la selección natural.

Las variedades son hechas de dos maneras: mediante variedades locales, cuando la totalidad de la especie está sujeta a alguna influencia, pudiendo esto ocurrir al cambiar el ambiente, y también mediante un proceso similar a la producción de perros Greyhound y palomas pouter, es decir mediante entrenamiento, cruzamientos y mantención de líneas puras. También la descendencia de plantas puede ser escogida e impedida de cruzarse con otras variedades. Si la naturaleza actúa de manera análoga, también ella puede producir estados finales grandiosos. Esto es lo que señala mi teoría, una teoría maravillosamente verdadera.¹³⁰

Esta última línea de argumentación reivindica la visión de Lyell, para quien la competencia entre especies es lo que genera los cambios geográficos abruptos en abundancia y también el reemplazo de especies de un linaje a lo largo del tiempo. Aquí, Darwin ya ha reemplazado la orientación Lyelliana de cambio saltacionista que dominaba su pensamiento en 1837 por uno de cambio lento y gradual, producido por los finos ajustes generados por selección natural. De esta manera tanto Malthus como Lyell participan en la conversión efectuada por Darwin desde una fuerza consistente en la *competencia interespecífica*, por una que sin excluir la anterior, pone el énfasis en la *competencia intraespecífica*, es decir entre los

¹²⁹ Limoges (1970) señala que antes de leer a Malthus, Darwin no contaba con una adecuada comprensión de cómo se generaba la adaptación. Si bien desde la primera libreta de evolución B Darwin adhería al transformismo, el único mecanismo que concebía para el fenómeno de adaptación era el aislamiento geográfico.

¹³⁰ Notebook E, CD 118.

miembros que forman parte de una misma especie. Esta última es la que permite instanciar las diferencias estructurales entre los organismos en una sobrevivencia y reproducción diferencial entre los individuos, haciéndolos más o menos adaptados al ambiente que habitan.

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 interrogativas que Darwin efectuó en un breve período de ocho meses, entre Septiembre de 1838 y Marzo de 1839. Hodge & 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 Malthus¹³¹. Sin embargo, es un hecho que 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

¹³¹ 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 conceptual, un modelo analógico de referencia desde el cual Darwin toma inspiración y no como el argumento definitivo para una proposición empírica.

continuo iniciado en 1837, en la libreta B. 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 observaciones sorprendentes. En el proceso, Darwin avanza y retrocede, incorporando nuevas reflexiones sobre reproducción, clima, paleontología, sistemática, economía, geología, geografía, y formación de nuevas especies. A diferencia de la hipótesis de transmutación, en que sus observaciones particulares registradas a bordo del Beagle constituyeron la base de su elaboración, en este caso, la creación abductiva de la hipótesis, ocurrió a partir de las observaciones sorprendentes relacionadas con (1) la noticia de John Gould, (2) la variación contenida en la naturaleza y (3) la alta variación de aves mímicas en Galápagos en comparación al continente. La hipótesis de selección natural permitió entender aquellas observaciones sorprendentes, consolidándose este mecanismo como el concepto central de los diversos programas de investigación que Darwin desarrolló desde 1839 hasta *El Origen de las Especies* (Ghiselin 1969).

3.7. La tercera hipótesis: el principio de divergencia

El patrón de relación por descendencia común entre las especies (la transmutación), y el mecanismo mediante el cual las especies adquieren adaptaciones al medio (la selección natural) fueron las dos primeras hipótesis de Darwin. Sin embargo, en el gran esquema de sus descubrimientos, ninguna de ellas por sí sola ni en combinación podía dar cuenta de la manera en que se originan nuevas especies. A diferencia de su posición en 1844, cuando escribe *Essay* y no otorga mayor importancia a mecanismos de divergencia, en 1847 Darwin ya considera que es un problema abierto de su teoría (Ospovat 1981). A diferencia de las dos primeras hipótesis, que fueron concebidas entre 1837-1839, el *Principio de Divergencia* aparece tardíamente en las reflexiones del naturalista, entre 1854-1857. La creación de esta hipótesis fue crucial ya que hasta ese

momento Darwin carecía de un mecanismo que pudiera explicar de qué manera sus ideas de evolución y selección natural podían generar ramificaciones y nuevas especies en el árbol de la vida. De hecho, el *Principio* fue la única alteración sustancial hecha a la teoría original de transmutación por selección natural que había formulado años atrás. El *Principio* 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 (1985) señala que la línea de pensamiento que desemboca en el *Principio de Divergencia* es inaugurada en este momento, aunque elementos de la hipótesis ya estaban presentes al menos desde 1847, y probablemente antes, a partir de sus lecturas de Adam Smith.

Ospovat (1981) y posteriormente Browne (1983) señalan que uno de los elementos importantes para la teoría de Darwin fue su trabajo sobre la biología de cirripedios (picorocos). Concordando con los autores, sostengo que es muy probable que a partir de ese trabajo taxonómico de ocho años de duración, iniciado en 1846 a partir de las muestras recolectadas a bordo del Beagle, se destaquen al menos dos observaciones cruciales que pudieron haber desencadenado un razonamiento hacia el *Principio de Divergencia*. Siguiendo las propuestas del zoólogo Henri Milne-Edwards, que señalaban que en una misma rama del reino animal, el desarrollo embrionario de los animales ilustraba una creciente divergencia a partir estructuras básicas compartidas por todos los miembros de un grupo, Darwin adoptó el estudio de la embriología comparada como una herramienta útil para revelar las relaciones sistemáticas entre las especies de cirripedios. Así, conjuntamente con sus constantes reflexiones de fondo sobre transmutación y selección natural, Darwin estudia minuciosamente diversas características del grupo, incluyendo aspectos anatómicos, embriológicos, sexuales, taxonómicos, fósiles, ecológicos y zoogeográficos que resultó en una serie de cuatro autorizados volúmenes relacionados con historia

natural y principalmente con la sistemática del grupo¹³². Ayala (2009) sostiene la idea que el estudio de los cirripedios durante ocho años permitió a Darwin evaluar la hipótesis de selección natural mediante observaciones que pudieran contradecir su teoría. Sin embargo, tal afirmación no encuentra soporte en la literatura primaria. Mas bien, sostengo que trabajando en este sistema fue que Darwin efectuó dos observaciones sorprendentes.

La primera observación, ocurrió cuando nota una amplia variación de formas dentro de los géneros, lo que dificultaba una nítida separación entre especies distintas. En su monografía sobre los Balanidae, Darwin nota,

*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.*¹³³

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, entendiendo la variación observada como el resultado de circunstancias o errores ambientales. En los dos manuscritos escritos en la década de 1940, justo antes de comenzar a trabajar con los cirripedios, Darwin creía que las especies en la naturaleza eran mucho menos variables que las camadas generadas por selección artificial, donde siempre aparecía variación indeseada. Esto ya podía ser considerado un conocimiento de fondo descubierto por él mismo algunos años atrás. Sin embargo, esta noción era ahora desafiada por sus observaciones personales en cirripedios, donde encontró una enorme variación natural, fenómeno que no había detectado en otros organismos. La dificultad para establecer claras delimitaciones entre diferentes

¹³² ver por ejemplo las contribuciones Darwin 1849, 1851, 1854, 1856.

¹³³ Darwin 1854, p. 3.

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.*¹³⁴

La segunda observación sorprendente es registrada a partir de una serie de análisis anatómicos comparativos entre distintas especies de cirripedios. Darwin observó que cambios graduales e incompletos de formas antiguas por nuevas habían ocurrido 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].*¹³⁵

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 los límites morfológicos entre las posibles 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 especies¹³⁶.

¹³⁴ Darwin 1871, p. 905 en Wilson, E.O. (Ed.) 2006.

¹³⁵ Darwin 1854, p. 172

¹³⁶ Ghiselin (1969) efectúa la importante observación que antes de hacer observaciones en el

Hay dos elementos que según Limoges (1979), Browne (1980) y Kohn (1985) contribuyeron de manera importante en la elaboración del *Principio de Divergencia* por Darwin, a) los cálculos efectuados mediante *Aritmética Botánica* y b) la idea de división de labor. En primer lugar, para indagar sobre la existencia de reglas generales que pudieran explicar, al menos en parte, 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 sXIX 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 como se distribuía el poder creativo de la naturaleza a lo largo y ancho de la geografía¹³⁷. 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 responder sus propias preguntas derivadas de su observación en los cirripedios. Luego de algunos cálculos

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).

¹³⁷ 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).

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.*¹³⁸

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

¹³⁸ Potafolio Dar 205.5, Febrero 1855

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 1852, que hacía referencia al hecho que organismos con órganos más especializados eran superiores en la escala de organización de la vida¹³⁹. 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 elaboración 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 divergencia¹⁴⁰.

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. La historiadora Janet 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, estos individuos se podían diferenciar del grupo parental mediante la adquisición de rasgos cada vez

¹³⁹ 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.

¹⁴⁰ Aunque existe algún grado de discrepancia entre Limoges 1979, 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.

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 adquirida por las especies incipientes en los nuevos ambientes era precisamente lo que les otorgaba ventajas competitivas respecto a sus parentales, *acelerando* de este modo el proceso de divergencia mediante selección natural¹⁴¹. Así, 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.

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 valores¹⁴². Browne (1980) sostiene la tesis que el elemento que gatilla la creación

¹⁴¹ 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.

¹⁴² 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

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 habría 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. El razonamiento de Darwin en esta etapa puede ser resumido como sigue: *en comparación a los géneros empobrecidos de especies, los géneros numerosos en especies poseen amplios rangos de distribución, sus especies son más abundantes y generan más variedades capaces de adaptarse a los nuevos tipos de ambientes que encuentran a lo largo de su distribución geográfica.*

Mientras antes Darwin se había referido a los géneros grandes como responsables de la producción de formas mejor adaptadas, ahora podía referirse a tales géneros como poseedores de ventajas *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.

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 esperable para el tamaño del género, sugiriendo que ese grupo tenía una menor producción de especies. Había que recalcular todo, para lo cual Darwin contrató un maestro de escuela como calculista. Globalmente, los resultados obtenidos fueron en la misma dirección que el 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.

El Principio de Divergencia aparece por primera vez mencionado 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. 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.¹⁴³

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 carta a Gray, 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.¹⁴⁴

Así, a mediados de 1858, Darwin ya había desarrollado plenamente el concepto y comunica a Joseph Hooker que, junto al mecanismo de selección natural, el

¹⁴³ Burkhardt et al. 2009, Vol 6, p. 443.

¹⁴⁴ Ibidem, p. 448.

Principio de Divergencia era la clave de su libro *Selección Natural*¹⁴⁵,

*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.*¹⁴⁶

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 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.*¹⁴⁷

El *Principio* se entiende en su forma definitiva como un proceso que a través de promover la reproducción y sobrevivencia de las formas extremas amplifica los

¹⁴⁵ El Gran Libro de las Especies, la 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 publicara en 1859 con el título *El Origen de las Especies*.

¹⁴⁶ Burkhardt et al. 2009. Vol. 7, p. 102.

¹⁴⁷ Stauffer 1975, p. 238.

efectos de la selección natural, reforzando la adaptación a los ambientes nuevos. Básicamente, el enunciado puede ser resumido de la siguiente manera:

1. Una localidad puede sostener más vida si es usada por formas distintas que se reparten los recursos que la localidad ofrece. Esto se denomina la división ecológica del trabajo, siendo la especialización una ventaja adaptativa para los organismos. Así, la selección natural, favorece la evolución de nuevas variedades especializadas.
2. La creación de una nueva variedad ocurre en simpatria, es decir, con progenitores y descendencia compartiendo el mismo lugar. De este modo, las nuevas variedades, que Darwin concibió como especies incipientes, recibirían una intensa selección hacia la especialización, excediendo el efecto amortiguador de los estados intermedios creados por la reproducción.
3. A partir de este punto, fenómenos de reiteración y selección consistente ocasionan una creciente divergencia y ramificación en las filogenias.

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.¹⁴⁸

Así, la creación de la tercera hipótesis de Darwin se origina, al igual que las de transmutación y selección natural, a partir de observaciones sorprendentes, en este caso, la excesiva variación en el grupo de los cirripedios. Sin embargo, tal como se ha mencionado previamente, hay otras micro abducciones en el complejo proceso. Por una parte, los datos que indicaban la pertenencia de las especies más abundantes a los géneros de mayor tamaño, lo que facilitó la triangulación entre: tamaño de género - abundancia de especies - número de variantes. Por otra parte, el recálculo de la botánica aritmética, que permitió reemplazar una noción puramente descriptiva de la especiación por una que otorgaba *potencial* a las especies acorde a su nivel de especialización y dominancia competitiva.

El *Principio de Divergencia* fue así una hipótesis necesaria para explicar de qué manera se formaban las nuevas especies, un aspecto que ni la hipótesis de evolución 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 sorprendentes particulares fuera coherente con los descubrimientos previos adquiridos entre 1837-1839. 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.

3.8. El razonamiento abductivo de Darwin

A lo largo de este capítulo se ha presentado una narrativa histórica relacionada

¹⁴⁸ Darwin 1859, p. 532 en Wilson, E.O. (Ed.). 2006.

con la manera en que Darwin dió con sus hipótesis centrales y la manera en que éstas se fueron articulando para constituir su teoría integrada presentada en el *Origen de las Especies*. El examen de los hechos que desembocan en la gestación de las tres hipótesis de Darwin revela que más allá de las singularidades propias en que se desarrollan cada una de las ideas, existen elementos que proporcionan un marco al razonamiento global de Darwin en el proceso de descubrimiento de su teoría. Es posible aproximarse al problema a través de entender la metodología aceptable para la época. Darwin estudió fenómenos muy disímiles, que sin embargo fueron conectados mediante puentes conceptuales, ajustándose así a los *desiderata* predominantes de la época y respondiendo al concepto de consiliencia de inducciones propiciado por Whewell¹⁴⁹.

En primer lugar, y como es bien sabido, Darwin durante sus estudios en Cambridge (1828-1831), tuvo acceso a través de John Henslow a un selecto grupo de intelectuales, entre los cuales destacaba el reverendo polímata William Whewell, quien en aquel momento elaboraba su teoría general del conocimiento, que sería publicada posteriormente en sus dos obras principales *Historia de las Ciencias Inductivas* (1837) y *Filosofía de las Ciencias Inductivas* (1840), precisamente en la época en que Darwin formulaba sus hipótesis. Darwin ya estaba familiarizado con la metodología de Whewell, que propiciaba la idea que la ruta al descubrimiento científico consistía en seguir, en parte, el inductivismo de Bacon, recolectar hechos crudos, reflexionar sobre ellos, visualizar las ideas que los conectan y articularlos para revelar de este modo la coligazón de los hechos del mundo. Una buena teoría según Whewell debía contar con consiliencia de inducciones, es decir, con múltiples fuentes de evidencia independientes que apuntaran en la misma dirección. Según Whewell, mientras mayor el grado de consiliencia, mayor es la confianza que podemos depositar en una conclusión, aún

¹⁴⁹ En Julio de 1838, al cerrar el cuaderno C, el segundo de la serie evolución, Darwin lista los libros, leídos o no, que hacen referencia al concepto de especie. Entre ellos figuran como leídos la *Historia de las Ciencias Inductivas* de Whewell y el *Discurso Preliminar sobre el Estudio de la Filosofía Natural* de Herschel, las dos principales obras que moldearon la metodología de Darwin (Ruse 1975, Eldredge 2005b).

cuando ninguna de las fuentes de evidencia fuera suficiente por sí sola para dar cuenta del fenómeno.

En segundo lugar, John Herschel, siendo uno de los científicos británicos más importantes de la primera mitad del siglo XIX, desempeñó un importante papel en la concepción científica temprana de Darwin. El método científico propiciado por Herschel era similar al hipotético-deductivo de Popper, mediante el cual era posible acceder a leyes de crecientes niveles de generalidad. La ciencia debía preocuparse principalmente de la identificación de las causas verdaderas subyacentes a los fenómenos y no sólo limitarse a encontrar buenas correlaciones entre los fenómenos observados. Una buena teoría debía explicar los fenómenos priorizando generalidades por sobre singularidades.¹⁵⁰

A pesar de los cánones normativos señalados por Whewell/Herschel y de la admiración que Darwin sentía por ellos, sus libretas de notas no revelan nada parecido a esa manera de hacer ciencia, lo que algunos interpretan como el reflejo del escaso interés de Darwin por preguntas filosóficas profundas y por asuntos de metodología científica. Gruber (1974) señala

El pandemonio de los cuadernos de Darwin y su forma de trabajar, en que muchos distintos procesos se montan unos sobre otros sin ninguna secuencia: teorizar, experimentar, observar casualmente, preguntarse con cautela, leer, etc., nunca habrían sido aprobados por una comisión metodológica entre los científicos contemporáneos de Darwin. Darwin otorgó a su trabajo el tiempo y energía necesarios para permitir esta confusión y al mismo tiempo persistentemente

¹⁵⁰ Hacia el final del viaje del Beagle, en Junio de 1836, Darwin visita a Herschel en Sudáfrica, lugar donde el astrónomo inglés residió entre 1834-1838 estudiando los cielos desde el hemisferio sur. Aunque no hay registro historiográfico que lo asegure, es muy probable que en ese encuentro hayan discutido sobre el "*misterio de los misterios*", como Herschel llamaba al problema del origen de las especies, y también sobre tópicos de geología y metodología de la ciencia. En su discurso presidencial de 1845 para la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, Herschel adopta una posición intermedia entre el *a priori* de Whewell y el empirismo de Mill, enfatizando la necesidad de mantener los principios últimos de la fe y combinar el trabajo desde abajo en dirección a los principios superiores de la fe para luego descender desde ellos a los hechos del mundo.

*ordenarla, encontrando el mejor ordenamiento posible. Una parte esencial de su "método" fue trabajar en todo momento dentro del marco de un punto de vista que daba sentido y coherencia a hechos aparentemente no relacionados.*¹⁵¹

No obstante lo anterior, Darwin se esmeró en presentarse a sí mismo ante la comunidad científica como un fiel practicante del método inductivo Baconiano, lo que sin embargo, no concuerda con las notas de sus libretas. En el Origen de las Especies, Darwin señala respecto a la evolución,

*se me ocurrió, en 1837, que algo podía tal vez emerger sobre este tema si me dedicaba a acumular y registrar todo tipo de hechos relacionados con la pregunta. Solo después de cinco años de trabajo me permití especular sobre el asunto.*¹⁵²

Asimismo, en la *Expresión de las Emociones en el Hombre y los Animales* (1872), Darwin se describe a sí mismo como un científico ajustado a los cánones de la ciencia inductiva, evitando todo juicio hasta estar completamente justificado por las observaciones: "*Llegué, sin embargo, a estos tres principios solo al final de mis observaciones*". Siguiendo la misma idea, Darwin señala en su Autobiografía

*Mi mente parece haber llegado a ser una máquina de extracción de leyes generales a partir de grandes colecciones de datos, pero no entiendo por qué razón esto pudo haber atrofiado la parte del cerebro relacionada con los gustos superiores.*¹⁵³

También en la Autobiografía,

Mi primera libreta fué abierta en Julio de 1837. Trabajé sobre verdaderos principios Baconianos, y sin ninguna teoría recolecté todo

¹⁵¹ Gruber 1974, p. 122.

¹⁵² Darwin 1859, p. 449 en Wilson, E.O (Ed.), 2006.

¹⁵³ Darwin, Autobiography, 1958, p. 139.

*tipo de hechos.*¹⁵⁴

Gruber (1974) interpreta esta evidente discordancia con las fuentes primarias de información como el resultado del intento de Darwin por blindar sus conclusiones de eventuales críticas metodológicas. Al sugerir a los lectores que había llegado a tales conclusiones luego de recolectar una gran cantidad de información empírica, sus ideas podían ser más fácilmente aceptadas que si mencionaba que algunas de sus evidencias habían sido ensambladas solo después de haber desarrollado sus ideas. Sin embargo, y discrepando con Gruber, tampoco es posible adscribir las ideas y mucho menos las conclusiones de Darwin exclusivamente a pasos inductivos o deductivos ya que sus descubrimientos más importantes fueron en general el resultado de sendas observaciones sorprendentes como se ha indicado previamente.

Si aceptamos que la creación de las hipótesis centrales de Darwin es asimilable a razonamientos abductivos, como he intentado demostrar en este capítulo, esto no significa que la complejidad de su razonamiento se pueda reducir a este esquema. Por el contrario, pareciera ser claro que combinaciones complejas de razonamiento inductivo, deductivo y abductivo, caracterizan la mayor parte de su razonamiento. En este sentido, no pareciera ser legítimo *limitar* el razonamiento de Darwin a un único esquema de razonamiento ni método de indagación, en tanto las fuentes históricas nos presentan una situación mucho más compleja, constituida por avances, retrocesos, reconceptualizaciones, y períodos de estasis con decantación gradual de ideas, intercalados por períodos de intensa actividad. Paavola (2004) siguiendo la idea de Hintikka (1989), señala que la teoría de Darwin (*sensu lato*) se habría construido dentro de un marco de restricciones, y su elaboración habría contemplado una anticipación a futuras críticas. Al examinar en detalle la evidencia histórica, sin embargo, y exceptuando el *Principio de Divergencia*, no es claro que Darwin haya articulado la idea de

¹⁵⁴ *Ibidem*, p. 119

transmutación ni selección natural como parte de una estrategia anticipatoria, en parte debido a que la *concepción* de ambas ideas ocurrió en un período relativamente breve de tiempo (1837-1839) y de manera casi sincrónica, donde no hubo una ventana de tiempo suficiente para montar un *estrategia de descubrimiento* en el sentido de Hintikka. En este sentido pareciera ser importante enfatizar la diferencia entre lo que es la *concepción genuina* de las hipótesis, objetivo de este trabajo, y su *presentación* a la comunidad. Los veinte años transcurridos desde la concepción y la presentación de las hipótesis en el *Origen de las Especies*, es lo que probablemente Paavola interpreta como el período en el cual Darwin despliega una estrategia abductiva, lo que evidentemente es incorrecto para efectos puntuales de creación de hipótesis y abducción.

Una observación importante destacada por Paavola en el concepto de estrategia, es la idea que no es suficiente que la hipótesis abductiva de cuenta de las observaciones sorprendentes, sino que además la respuesta proporcionada por la hipótesis a la demanda del segundo jugador, se debe ajustar a las restricciones que se imponen en su construcción.

No es suficiente que la hipótesis de cuenta de algún fenómeno anómalo...Casi pareciera que la base para la experiencia "ajá" es una situación donde, primero, varias restricciones y pistas caracterizan la situación y luego alguna solución aparece ajustada a las restricciones. Y este esquema de restricciones y pistas está, considero, estrechamente relacionado a un pensamiento estratégico, al menos en el sentido que "estrategia" es usado aquí. Una buena comprensión intuitiva también es estratégicamente buena.¹⁵⁵

Si bien la creación de las tres hipótesis de Darwin satisfacen los criterios de la abducción, es decir, la observación sorprendente y consecuente elaboración de una hipótesis explicativa, menos claro es que sus ideas hayan ocurrido de forma súbita. Al respecto, Gruber señala,

¹⁵⁵ Paavola 2004, p. 209.

El caso de Darwin es un fuerte argumento en contra de la noción de "un gran destello súbito". [...] Independientemente de como se hayan generado, lo cierto es que las ideas nuevas fueron articuladas lentamente en una teoría coherente, expresando de esta manera su compleja estructura interna.¹⁵⁶

Gruber señala que Darwin tuvo tantos destellos, que bien se podrían calcular fácilmente entre 300-500 por año, aunque claramente no todos ellos fueron de gran alcance¹⁵⁷. Sin embargo, no hay evidencias históricas que indiquen que Darwin haya tenido una comprensión intuitiva que le haya permitido visualizar el alcance de sus observaciones a bordo del Beagle. Por el contrario, en el viaje, incluso al visitar las Islas Galápagos, Darwin estaba más preocupado de preguntas geológicas y no biológicas¹⁵⁸. Las observaciones de Darwin, lejos de gatillar destellos súbitos de creatividad, parecieran haber tenido el efecto de inaugurar avenidas amplias de razonamiento donde consideraciones conceptuales, principalmente de índole analógico, en combinación con repetidas actualizaciones del conocimiento de fondo del naturalista facilitaron la creación de las hipótesis abductivas de una manera *concatenada*¹⁵⁹.

Si bien los hallazgos de Darwin fueron de procesamiento lento y responden a una noción de articulación organizada, para efectos de la abducción como descurimiento en este trabajo se han identificado claramente las observaciones críticas que dieron lugar a la creación de hipótesis explicativas. A modo de resumen:

1. En primer lugar, la hipótesis de transmutación, desarrollada durante un año y

¹⁵⁶ Gruber 1981, p. 43.

¹⁵⁷ Una tarea pendiente es identificar en qué medida microabducciones contribuyeron a la generación de las abducciones principales asociadas a la creación de sus hipótesis principales.

¹⁵⁸ La libreta *Red* escrita en parte durante el viaje no revela nada que sugiera algún pensamiento sobre evolución orgánica.

¹⁵⁹ Volveremos sobre esto más adelante

medio, entre Abril 1837 y Octubre 1838, fue el resultado de dos piezas de evidencias empírica. En primer lugar, información relacionada con la identidad de los ñandúes proporcionada por John Gould entre Enero y Marzo de 1837. En segundo lugar, información sobre la identidad de mamíferos extintos proporcionada por Richard Owen a comienzos de 1837. Ambas noticias fueron claramente sorprendentes y consideradas en su conjunto facilitaron la creación de la analogía de reemplazo espacio-tiempo entre Marzo y Mayo de 1837. Esta idea fue fortalecida por la información de las aves de las Galápagos recibida de Gould. Esta última evidencia, si bien no fue el factor gatillante de la hipótesis de transmutación, tuvo el importante efecto de fortalecer la legitimidad de la analogía espacio-tiempo ya que una diferenciación y adaptación en islas no concordaba con el fijismo y estabilidad de las especies según la doctrina de Paley.

2. En segundo lugar, y tomando la transmutación en la naturaleza como información de fondo, la creación de la hipótesis de selección natural tuvo su origen en la información proporcionada por el ornitólogo John Gould a Darwin entre Enero-Marzo de 1837. A partir de ese momento, se suceden un conjunto de eventos bien diferenciados en el razonamiento de Darwin entre los que destaca un elemento principal, un crucial razonamiento que identifica observaciones sorprendentes relacionadas con variación contenida en la naturaleza. Esta observación sorprendente, más que cualquier otro hecho es lo que permite avanzar en la creación de la hipótesis de selección natural.
3. Por último, el *Principio de Divergencia*, presentado tardíamente por Darwin entre 1854-1858, aparece como el elemento que faltaba a la teoría, la que si bien ya contaba con un desarrollo importante, carecía de poder para explicar el origen de las especies. La génesis del *Principio* es de mayor complejidad que las hipótesis de transmutación y selección natural, en parte porque Darwin incorpora información adicional a la compilada en su viaje en el Beagle y

además porque en el desarrollo de la hipótesis Darwin ya ha asimilado sus hallazgos previos de transmutación y selección natural no solo como conocimiento de fondo actualizado, sino como condiciones necesarias para la hipótesis faltante. Vemos entonces que la generación de la tercera hipótesis, si bien generada por una observación sorprendente en Cirripedios, ya está intuitivamente presente de alguna manera en Darwin en tanto el naturalista sabía que faltaba una parte importante de los hechos de la naturaleza por explicar e integrar a su teoría.

Por consiguiente, de haber una estrategia abductiva *sensu* Hintikka en la elaboración de la teoría de Darwin, no pareciera ser en relación a las dos primeras hipótesis de su teoría como señala Paavola (2004), sino en relación a la elaboración del *Principio de Divergencia*. Entonces, discrepando de Paavola (2004), que interpreta el razonamiento *global* de Darwin como un caso de abducción que sigue el concepto de estrategia de indagación de Hintikka (1998, 1999a,b), pareciera ser más adecuado representar el razonamiento del naturalista como uno de mayor complejidad que resiste una descripción simplificada del proceso.

Si bien no es posible caracterizar la creación de la teoría integrada de evolución de Darwin como el resultado de un único razonamiento abductivo, en este capítulo y el anterior se han presentado evidencias históricas que permiten identificar señales claras de razonamiento abductivo en la elaboración de las tres hipótesis que forman su teoría integrada. Cada una de las hipótesis persigue coherencia con un conocimiento de fondo. Sin embargo, tales hipótesis no se crearon desarticuladas entre sí, sino que fueron vinculadas de manera tal que la corroboración empírica de cada una agregó conocimiento de fondo para la elaboración de la siguiente. Así, cada hipótesis abductiva cumplió un papel dual ya que no sólo contribuyó a resolver la demanda explicativa de sus propias observaciones sorprendentes sino que además, de ser verdadera, proveyó el sustrato de conocimiento para el siguiente evento abductivo. En el proceso, los

nuevos conceptos creados (e.g., adaptación, selección natural, divergencia), fueron integrados al naciente marco de referencia, facilitando el giro epistémico en una teoría de mayor envergadura.

3.9. Un breve *addendum* Bayesiano

Una lectura superficial de la obra de Darwin puede originar confusión respecto a la construcción de las hipótesis y su alcance en la elaboración de una teoría integrada. En parte, esto puede ocurrir porque el tipo de razonamiento seguido por el naturalista en el desarrollo de sus hipótesis es evidentemente de mayor complejidad que lo contemplado en las concepciones unitarias de Peirce-Hanson e Hintikka. Sin embargo, es posible identificar ambos modelos de racionalidad en el razonamiento del naturalista.

En primer lugar, en la elaboración abductiva de las hipótesis individuales, Darwin utiliza frecuentemente unidades de razonamiento analógico (e.g., la doble analogía en la transmutación, la analogía de la selección artificial, la analogía de Malthus, la analogía de la división del trabajo). Varios autores han señalado que la formación de conceptos nuevos en ciencia muchas veces requiere de analogías y transferencia de contenido conceptual entre distintos dominios (e.g., Hesse 1966, Thagard 1984, Holyoak & Thagard 1996, Magnani 2001). Thagard propuso la idea de unidades conceptuales, que al ser transferidas, recombinadas y desarrolladas en un nuevo dominio facilitan la creación de nuevos conceptos,

Muchos filósofos e historiadores de la ciencia han enfatizado el importante papel jugado por la analogía en el desarrollo de ideas en un nuevo dominio mediante el transporte y modificación de las ideas ya bien comprendidas en el primer dominio. Sin embargo, ellos no se han referido a los mecanismos particulares que producen los nuevos conceptos. El proceso de combinación conceptual debería ser visto como parte de un proceso más general de desarrollo de teorías por analogía, donde la emergencia de nuevos conceptos surge de la combinación de conceptos provenientes del viejo dominio con

*conceptos relevantes al nuevo dominio.*¹⁶⁰

En este contexto, Schurz (2017) ha recientemente propuesto una clasificación de abducciones, distinguiendo entre *abducciones selectivas*, relacionadas con IME, y *abducciones creativas*, propias de la introducción de nuevos modelos teóricos y conceptos. En esta última categoría, Schurz identifica la *abducción por analogía*, que juega un papel preponderante en la creación de nuevas teorías y descubrimientos. Para Schurz, el descubrimiento por abducción analógica consiste en dar con las propiedades teóricas esenciales de la estructura de un concepto en un primer dominio desde el cual ellas pueden ser generalizables a otros dominios, donde pueden formar un concepto nuevo que junto a nuevos fenómenos pueden explicar hechos anómalos en el nuevo dominio. La creación abductiva de las hipótesis de Darwin, sin duda hacen uso extensivo de este tipo de abducción.

En segundo lugar, es posible interpretar la creación de la teoría de Darwin como la elaboración de un sistema de creencias de mayor envergadura que resulta de una secuencia de eventos abductivos. Esta conceptualización del proceso de indagación facilita, en principio, el poder operacionalizar el concepto de estrategia de Hintikka como un proceso que se concatena de principio a fin. Sin embargo, aún cuando una secuencia de eventos abductivos otorga algún grado de continuidad a la ruta de indagación, de no mediar conexiones explícitas entre las abducciones sucesivas, la empresa como un todo, si bien localmente coherente puede carecer de unificación o integración global. Mackonis (2013) resuelve en parte este inconveniente al señalar que la coherencia global o unificación de una teoría se puede alcanzar cuando distintas abducciones ofrecen relaciones explicativas mutuas, es decir, cuando cada hipótesis contribuye en su rol explicativo a la coherencia de otros procesos abductivos. En mi opinión, esto efectivamente es lo que ocurre en la construcción de la teoría integrada de Darwin, con el ingrediente adicional de un incremento en complejidad de las hipótesis a lo

¹⁶⁰ Thagard 1984, p. 10

largo del tiempo. Es precisamente gracias a este aumento en complejidad, donde cada evento abductivo contiene a los conceptos creados por abducciones previas lo que permite conceptualizar el razonamiento global del naturalista en un contexto Bayesiano general¹⁶¹.

La interpretación Bayesiana al razonamiento abductivo es una aproximación que se fundamenta en el hecho que la abducción es una clase de inferencia no demostrativa que pretende asociarse a teorías epistémicamente verdaderas. Esto significa que, siendo la abducción una inferencia de carácter ampliativo, cualquier propuesta relacionada con acceso epistémico a la verdad (ya sea correspondentista o coherentista) debe privilegiar ciertos criterios que garanticen el tránsito hacia la construcción de *sistemas* de hipótesis verdaderas o teorías integradas de mayor alcance. En este contexto, Niiniluoto (2018) distingue tres posibles avenidas: (a) una ruta basada en confirmación cualitativa, que se relaciona con las condiciones lógicas bajo las cuales es esperable que una hipótesis sea confirmada por la evidencia empírica, (b) una ruta basada en probabilidades frecuentistas, que otorgan confirmación a una hipótesis de acuerdo a los enunciados de la estadística de frecuencias, y (c) una ruta basada en probabilidades epistémicas Bayesianas, donde la abducción es interpretable a partir de la probabilidad exacta de hipótesis *a posteriori* de acuerdo a los *desiderata* del Teorema de Bayes.

La mayor parte de las reflexiones relacionadas con vinculación entre abducción y razonamiento Bayesiano adoptan la perspectiva de la abducción interpretada como IME, donde el mecanismo Bayesiano se implementa en la estrategia de búsqueda en el espacio de posibles hipótesis (e.g., Okasha 2000, Lipton 2004, Psillos 2000, 2002, 2004, Mackonis 2013). La implementación del Teorema de Bayes en la perspectiva de abducción como descubrimiento ha sido mucho menos explorada. Schurz (2008, 2016) sostiene que esto ocurre debido a que la estructura del descubrimiento carece de reglas y estrategias que faciliten la

¹⁶¹ Para una revisión de la relación entre el Teorema de Bayes, confirmación y grados de creencia ver páginas 627-674 en Curd & Cover, 1998.

creación de hipótesis y conceptos nuevos. El único mecanismo apropiado para ello sería la abducción analógica, la que si bien importante, no pareciera ser suficiente para dar cuenta de la mayor parte de los descubrimientos y creación de conceptos en la historia de la ciencia². En este sentido, Schurz sostiene que una abducción que de cuenta del proceso creativo debiera contar con tres virtudes epistémicas. (a) Debe proveer unificación, (b) debe ofrecer explicaciones a partir de una causa común, y (c) debe generar predicciones nuevas evaluables de manera independiente. En principio estos requerimientos serían satisfechos en la creación de la teoría Darwiniana ya que las entidades postuladas y conceptos creados por Darwin proveen unificación y son evaluables independientemente unos de otros. Queda por interpretar, sin embargo, la vinculación entre ellos a partir de una causa común. Una avenida posible de indagación consiste en conectar los eventos de abducción creativa siguiendo las reglas de probabilidades condicionales.

De acuerdo a la versión canónica del Teorema de Bayes, en presencia de una evidencia (E), la probabilidad de una hipótesis (H) de ser verdadera puede ser expresada como,

$$P(H/E) = \frac{P(H)P(E/H)}{P(E)} \quad (1)$$

donde $P(H)$ es una probabilidad *a priori*, es decir representada por la probabilidad que la hipótesis (H) sea verdadera sin consideración a ningún tipo de evidencia, $P(E/H)$ es la probabilidad que la evidencia otorgue soporte a la hipótesis H , y $P(E)$ refleja la probabilidad que la evidencia E exista, independientemente de la presencia de la hipótesis H . La expresión (1), es formalmente equivalente a (2), ya que solo incorpora un conocimiento de base (B) que transforma todas las probabilidades en probabilidades condicionales,

$$P(H/EB) = \frac{P(H/B)P(E/HB)}{P(E/B)} \quad (2)$$

Esta ecuación nos indica que la probabilidad de tener una hipótesis verdadera H dados una pieza de evidencia E y un conocimiento de base B depende de los siguientes términos:

- i. La probabilidad condicional de que la hipótesis sea verdadera solo con conocimiento de base (*i.e.*, en ausencia de evidencia), $P(H/B)$.
- ii. La probabilidad condicional de tener evidencia que confirma la hipótesis H y que ésta es coherente con el conocimiento de base B , $P(E/BH)$.
- iii. La probabilidad condicional de contar con evidencia coherente con el conocimiento de base (*i.e.*, en ausencia de hipótesis), $P(E/B)$.

Sobre esta expresión es necesario imponer un criterio de relevancia abductiva, de manera que la hipótesis H sea una hipótesis creada por abducción y no de otra manera. Si imponemos los criterios cualitativos,

1. La hipótesis H será abductiva si y solo si $P(H/EB) > P(H/B)$
2. La hipótesis H no será abductiva si y solo si $P(H/EB) < P(H/B)$

podemos definir los requisitos formales para que la hipótesis sea abductiva o no abductiva. De acuerdo al criterio 1, la hipótesis será abductiva solamente si la probabilidad de ser verdadera es mayor cuando se crea a partir de una evidencia u observación sorprendente (E) y un conocimiento de fondo (B), que cuando se crea solamente a partir de conocimiento de fondo (B). Este criterio satisface la concepción genuina de abducción de Peirce-Hanson. Por el contrario, la hipótesis no será abductiva (2), cuando la probabilidad de ser verdadera es mayor en ausencia de evidencia u observación que en su presencia. Este último caso ocurre

cuando la evidencia es perfectamente explicada por el conocimiento de fondo existente, siendo la evidencia E no solo inconducente sino un obstáculo para el acceso a la verdad de la hipótesis H . Estos criterios no especifican la manera en que la relevancia abductiva es medida, sino que solo proporcionan un conjunto de condiciones necesarias y suficientes para la ocurrencia de abducción en un contexto Bayesiano.

Ahora bien, la vinculación de los eventos abductivos, queda representado en la propia operatoria Bayesiana de actualización de creencias. Siendo conocida la probabilidad de la hipótesis creada abductivamente, $P(H/EB)$, ésta toma el lugar de la probabilidad *a priori* $P(H/B)$ en la nueva hipótesis abductiva, lo que no solo actualiza el sistema Bayesiano indefinidamente sino que permite concatenar hipótesis abductivas hasta alcanzar una hipótesis, usualmente de mayor cobertura, que incluye todos los estados de creencia previos. En otras palabras, en cada iteración se debe descartar la antigua probabilidad *a priori*, $P(H/B)$ y reemplazarla por $P(H/EB)$. De esta manera, la probabilidad *a posteriori* de la antigua hipótesis llega a ser el nuevo *a priori*,

$$P(H/B)_{nueva} = P(H/EB) \quad (3)$$

creando una secuencia concatenada de probabilidades condicionales. Esta concatenación simple se puede examinar en un contexto más general, para evaluar si la ruta seleccionada hacia el objetivo final es la mejor entre alternativas posibles.

Si para cada hipótesis abductiva existe una hipótesis alternativa que determina una ruta concatenada diferente de eventos abductivos, es decir, que establece un tránsito distinto hacia el descubrimiento, el problema se reduce a uno de elección de hipótesis alternativas. La forma del teorema de Bayes propuesta por Salmon (2005) para dar cuenta de la elección de hipótesis alternativas es útil para este efecto. Cuando hay más de una hipótesis disponible,

$$P(H_i/EB) = \frac{P(H_i/B) P(E/BH_i)}{\sum_{j=1}^k [P(H_j/B) P(E/BH_j)]} \quad (4)$$

en que H_i y H_j son hipótesis abductivas alternativas excluyentes. En el desarrollo de Salmon, la probabilidad de cada hipótesis H_i de ser verdadera es estimada a partir de la evidencia u observación E ¹⁶². Este tipo de expresión se ejemplifica con el experimento mental si Darwin hubiera debido escoger entre transmutación o creación divina (como probablemente hubo de hacer). Se trata de dos opciones bien definidas, alternativas, y excluyentes. Si Darwin hubiera seguido la ruta de la creación divina, no habría podido continuar el encadenamiento abductivo hacia la selección natural y Principio de Divergencia, y por ende no habría podido desarrollar una teoría integrada de evolución. El proceso habría quedado interrumpido en su origen ya que $P(E/HB) = 0$, es decir, la probabilidad de contar con evidencia para una hipótesis de creación H en cualquier conocimiento de fondo B es nula, abortándose todo el proceso. Alternativamente, la probabilidad de contar con evidencias dadas la hipótesis de transmutación con un conocimiento B es mayor que cero, $P(E/HB) > 0$, pudiendo actualizarse sucesivamente el sistema de creencias de acuerdo a la Ecuación (2) mediante la incorporación de nuevas hipótesis abductivas. No obstante, como en cada planteamiento de hipótesis existe al menos una alternativa posible, la mejor estrategia debiera ser aquella que ofrece la mayor probabilidad de ser verdadera en el sistema Bayesiano completo representado en la Ecuación (4). Es posible entonces, sobre esta base, definir la estrategia global de Hintikka como el proceso que maximiza la probabilidad de que cada una de las hipótesis abductivas que participan en la secuencia sean verdaderas. El adoptar esta perspectiva, sin embargo, presupone al igual que la definición tardía de abducción de Peirce, que el indagador posee un conocimiento intuitivo que le permite visualizar de manera anticipada las probabilidades asociadas a cada una de las rutas abductivas en dirección al descubrimiento.

¹⁶² ver pags. 568-570 en Curd & Cover, 1998

REFERENCIAS

- Achinstein, P. 1987. Scientific discovery and Maxwell's kinetic theory. *Philosophy of Science* 54: 409-434.
- Aliseda, A. 2006. Abductive reasoning: logical investigations into discovery and explanation. *Studies in Epistemology, Logic, Methodology, and Philosophy of Science*, vol. 330. Springer, Dordrecht.
- Amundson, R. 1996. Historical development of the concept of adaptation. En: Rose, M.R. & G.V. Lauder (Eds.), *Adaptation*. Academic Press, San Diego.
- Armstrong, D.M, 1997. *A world of states of affairs*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ayala, F. 2009. Darwin and the scientific method. *PNAS* 106: 10033-10039.
- Bacon, F. 1620. *Novum organum*. Edición en español, 2011. Editorial Tecnos, Madrid.
- Barlow, N. 1963. Darwin's ornithological notes. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Historical Series* 2: 201-278.
- Barrett, P.H., P.J. Gautrey, S. Herbert, D. Kohn & S. Smith (Eds.). 1987. *Darwin's notebooks, 1836-1844: geology, transmutation of species, metaphysical enquiries*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bartelborth, T. 1999. Coherence and explanations. *Erkenntnis* 50: 209-224.
- BonJour, L. 1985. *The structure of empirical knowledge*. Harvard University Press, Cambridge.

- Bowler, P. 1996. Charles Darwin: the man and his influence, Cambridge University Press, Massachusetts.
- Bowler, P. 2009. Evolution: the history of an idea. Third edition. University of California Press, California.
- Bradie, M. 1974. Polanyi on the Meno paradox. *Philosophy of Science* 41: 203.
- Brandon, R.N. 1990. Adaptation and environment. Princeton University Press, Princeton.
- Browne, J. 1980. Darwin's botanical arithmetic and the "Principle of Divergence", 1854-1858. *Journal of the History of Biology* 13: 53-89.
- Browne, J. 1983. The secular ark: studies in the history of biogeography. Yale University Press, New Haven.
- Browne, J. 1995. Charles Darwin: voyaging. Vol. 1. Jonathan Cape, London.
- Browne, J. 2002. Charles Darwin: the power of place. Vol. 2. Jonathan Cape, London.
- Browne, J. 2006. Darwin's origin of species. Atlantic Books, London.
- Burkhardt, F., D. Porter, J. Browne & M. Richmond. 2009. The correspondence of Charles Darwin. Anniversary set 1821-1860. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cahan, D. 2003. From natural philosophy to the sciences: writing the history of nineteenth-century science. University of Chicago Press, Chicago.
- Campos, D. 2011. On the distinction between Peirce's abduction and Lipton's Inference to the best explanation. *Synthese* 180: 419-442.

- Chambers, R. 1844. Vestiges of the natural history of creation. John Churchill, London.
- Corsi, P. 1988. The age of Lamarck: evolutionary theories in France, 1790-1830. University of California Press, Berkeley.
- Cowles, T. 1937. Malthus, Darwin, and Bagehot: a study in the transference of a concept. *Isis* 26: 341-348.
- Curd, M. 1980. The logic of discovery: an analysis of three approaches. En: Nickles, T. (Ed.), *Scientific discovery, logic, and rationality*. Boston Studies in the Philosophy of Science. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Curd, M. & J.A. Cover. 1998. *Philosophy of science: the central issues*. Norton, New York.
- Darwin, C.R. 1839. *Journal of researches into the geology and natural history of the various countries visited by H.M.S. Beagle*. London: Henry Colburn.
http://darwin-online.org.uk/EditorialIntroductions/Freeman_JournalofResearches.html
- Darwin, C.R. 1845. The voyage of the Beagle. En: E.O. Wilson (Ed.), *From so simple a beginning: the four great books of Charles Darwin, 2006*. Norton, New York.
- Darwin, C.R. 1849. Notes on Cirripedia. En: Hancock, A. (Ed.), *On the occurrence on the British coast of a burrowing barnacle, being a type of a new order of the Class Cirripedia*. *Athenaeum. Journal of Literature, Science, and the Fine Arts* 1143: 966.
- Darwin, C.R. 1851. A monograph on the subclass Cirripedia with figures of all the

species. The Lepadidae; or pedunculated cirripedes. The Ray Society, London. Vol. 1.

Darwin, C.R. 1854. A monograph on the subclass Cirripedia, with figures of all the species. The Balanidae, (or sessile cirripedes); the Verrucidae. The Ray Society, London. Vol. 2.

Darwin, C.R. 1856. Typical list of Cirripedia. En: On typical objects in natural history. Report of the twenty-fifth meeting of the British Association for the Advancement of Science; held at Glasgow in September 1835. John Murray, London.

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, London.

Darwin, C.R. 1871. The descent of man, and selection in relation to sex. John Murray, London.

Darwin, C.R. 1872. The expression of the emotions in man and animals. John Murray, London.

Darwin, C.R. 1958. The autobiography of Charles Darwin 1809-1882. Barlow, N. (Ed). Collins, London.

Darwin, E. 1794. Zoonomia, or the laws of organic life. Vols I & II, Johnson, London.

Darwin, F. 1909. The foundations of the origin of species: two essays written in 1842 and 1844. Cambridge University Press, Cambridge.

de Beer, G. 1960. Darwin's notebooks on the transmutation of species. Bulletin of

the British Museum (Natural History) Historical Series 2: 23-183.

de Beer, G. 1962. The Wilkins lecture: the origins of Darwin's ideas on evolution and natural selection. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 155: 321-338.

De Beer, G. 1964. *Charles Darwin: evolution by natural selection*. Doubleday Anchor Books, New York.

Dennett, D.C. 1995. *Darwin's dangerous idea: evolution and the meanings of life*. Simon & Schuster, New York.

Desmond, A. & J. Moore. 1991. *Darwin: the life of a tormented evolutionist*. Norton & Company, New York.

Eiseley, L. 1958. *Darwin's century: evolution and the men who discovered it*. Doubleday Anchor Books, New York. Reimpreso en 2009 por Barnes and Noble.

Eldredge, N. 2005a. Darwin's other Books: "Red" and "Transmutation" Notebooks, "Sketch," "Essay," and "Natural Selection". *PloS Biology* 3: e382.

Eldredge, N. 2005b. *Darwin: discovering the tree of life*. Norton, New York.

Endler, J.A. 1986. *Natural selection in the wild*. Princeton University Press, Princeton.

Evans, L.T. 1984. Darwin's use of the analogy between artificial and natural selection. *Journal of the History of Biology* 17: 113-140.

Forber, P. & E. Griffith. 2011. Historical reconstruction: gaining epistemic access to the deep past. *Philosophical Theoretical Biologist* 3: e203.

- Frankfurt, H.G. 1958. Peirce's account of inquiry. *Journal of Philosophy* 55: 588-592.
- Gardiner, P.L. 1979. *The nature of historical explanation*. Oxford University Press, Oxford.
- Gayon, J. 1998. *Darwinism's struggle for survival: heredity and the hypothesis of natural selection*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ghiselin, M.T. 1969. *The triumph of the Darwinian method*. University of Chicago Press, Chicago.
- Ghiselin, M.T. 1995. Perspective: Darwin, progress, and economic principles. *Evolution* 49: 1029-1037.
- Gould, J. 1837. Remarks on a group of ground finches from Mr. Darwin's collection, with characters of the new species. *Proceedings of the Zoological Society of London* 5: 4-7.
- Gould, S.J. 2002. *The structure of evolutionary theory*. Harvard University Press, Cambridge.
- Grant, R. 1826. Observations on the nature and importance of geology. *Edinburgh New Philosophical Journal* 14: 270-284.
- Gruber, H.E. 1974. *Darwin on man: a psychological study of scientific creativity*. University of Chicago Press, Chicago.
- Gruber, H.E. 1981. On the relation between "aha experiences" and the construction of ideas. *History of Science* 19: 41-59.
- Gruber, H.E. 1985. Going the limit: toward the construction of Darwin's theory (1832-1839). In: Kohn, D. (Ed.), *The Darwinian heritage*. Princeton

University Press, Princeton.

Gruber, H.E. & K. Bödeker (Eds.). 2005. Creativity, psychology and the history of science. Boston Series in the Philosophy of Science. Dordrecht.

Gutting, G. 1980. The logic of invention. En: Nickles, T. (Ed.), Scientific discovery, logic, and rationality. Boston Studies in the Philosophy of Science. Reidel Publishing Company, Dordrecht.

Hacking, I. 2012. Introductory essay en Kuhn, T.H., The structure of scientific revolutions, 50th edition. University of Chicago Press, Chicago.

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, Cambridge.
Traducción al español en 1977 como Observación y explicación: guía de la filosofía de la ciencia. Patrones de descubrimiento: Investigación de las bases conceptuales de la ciencia. Versión española de Enrique García Camarero y Antonio Montesinos. Alianza Editorial, Madrid.

Hanson, N. R., 1965, Notes toward a logic of discovery. En Bernstein, R.J. (ed.), Perspectives on Peirce. Yale University Press, New Haven.

Hanson, N.R. 1971. Observation and explanation: a guide to philosophy of science. Harper & Row, New York. Traducción al español en 1977 como Observación y explicación: guía de la filosofía de la ciencia. Patrones de descubrimiento: Investigación de las bases conceptuales de la ciencia. Versión española de Enrique García Camarero y Antonio Montesinos. Alianza Editorial, Madrid.

Harman, G.H. 1965. The inference to the best explanation. Philosophical Review

74: 88-95.

Harman, G.H. 1968. Enumerative induction as inference to the best explanation. *Journal of Philosophy* 65: 529-533.

Hartl, D.L. & A.G. Clark. 2006. *Principles of population genetics*, 4th edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Hennig, W. 1950. *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*. Deutscher Zentralverlag, Berlin.

Herbert, S. 1980. The red notebook of Charles Darwin. Edited with an introduction and notes by Sandra Herbert. *Bulletin of the British Museum of Natural History* 7: 1-164.

Hesse, M. 1966. *Models and analogies in science*. University of Notre Dame Press, Notre Dame.

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, Dordrecht.

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, Dordrecht.

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, Princeton.

Hodge, M.J.S. & D. Kohn. 1985. The immediate origins of natural selection. En Kohn, D. (Ed.), *The Darwinian Heritage*. Princeton University Press, Princeton.

Holyoak, K.J. & P. Thagard. 1996. *Mental leaps: analogy in creative thought*. MIT Press, Cambridge.

Houser, N. & C. Kloesel (Eds.). 2012. *Charles Sanders Peirce: obra filosófica reunida (1867-1893)*. Fondo de Cultura Económica, México.

Hoyningen-Huene, P. 1987. Context of discovery and context of justification. *Studies in History and Philosophy of Science* 18: 501-515.

Jantzen, B.C. 2016. Discovery without a 'logic' would be a miracle. *Synthese* 193: 3209-3238.

Kapitan, T. 1997. Peirce and the structure of abductive inference. En: Houser, N., D.D. Roberts & J.V. Evra, *Studies in the logic of Charles Sanders Peirce*. Indiana University Press, Bloomington.

Keynes, J.M. 1926. The end of laissez-faire. En: Johnson, E. & D. Moggridge (2012), *The collected writings of John Maynard Keynes, Vol. 9. Essays in Persuasion*. Royal Economic Society.

Kiikeri, M. 2001. Abduction, IBE, and the discovery of Kepler's ellipse. En: Kiikeri, M. & P. Ylikoski (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. 1985 (Ed.). *The Darwinian heritage*. Princeton University Press, Princeton.
- Kohn, D. 1985. Darwin's principle of divergence as internal dialogue. En: Kohn, D. (Ed.), *The Darwinian Heritage*. Princeton University Press, Princeton.
- Kohn, D., G. Murrell, J. Parker & M. Whitehorn. 2005. What Henslow taught Darwin. *Nature* 436: 643-645.
- Kordig, C. 1978. Discovery and justification. *Philosophy of Science* 45: 110-117.
- Kuhn, T.S. 1962. *The structure of scientific revolutions*. 5th edition. University of Chicago Press.
- Lakatos, I. 1974. *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Simposio con la participación de Herbert Feigl, Richard J. Hall, Noretta Koertge y Thomas S. Kuhn. Edición en español por Editorial Tecnos, 1ª edición, Madrid.
- Lamarck, J.B. 1809. *Filosofía zoológica*. Edición en español por Sempere y Compañía Editores, Valencia, España.
- Limoges, C. 1970. *La sélection naturelle: etude sur la première constitution d'un concept (1837–1859)*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Limoges, C. 1977. *La sélection naturelle*. Vrin: Paris.
- Lipton, P. 1991. *Inference to the best explanation*. Routledge, London.
- Lipton, P. 2004. *Inference to the best explanation*. 2nd edition. International Library

of Philosophy. Routledge, London.

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, London.

Mcauliffe, W.H.B. 2015. How did abduction get confused with inference to the best explanation? *Transactions of the Charles S Peirce Society* 51: 300-319.

McGrath, A.E. 2011. *Darwinism and the divine: evolutionary thought and natural theology*. Wiley-Blackwell, West Sussex.

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, New York.

Magnani, L. 2009. *Abductive cognition: the epistemological and eco-cognitive dimensions of hypothetical reasoning*. Springer-Verlag, Berlin.

Magnani, L. & C. Casadio (Eds.). 2016. *Model-based reasoning in science and technology. Logical, epistemological, and cognitive issues*. Springer, Switzerland.

Malthus, T.R. 1798. *Primer ensayo sobre la población*. Edición en español, 2000. Alianza Editorial, Madrid.

Manier, E. 1978. *The young Darwin and his cultural circle: a study of influences which helped shape the language and logic of the first drafts of the theory of natural selection*. Dordrecht, Holland.

McMullin, E. 1992. *The inference that makes science*. Marquette University Press, Milwaukee.

Mill, J.S. 1882. *A system of logic, ratiocinative and inductive, being a connected view of the principles of evidence, and the methods of scientific investigation*. 8º edición. Harper & Brothers, New York.

Milne-Edwards, H. 1851. *Introduction à la Zoologie Générale*. Victor Masson, Paris.

Minnameier, G. 2004. Peirce-suit of truth: why inference to the best explanation and abduction ought not to be confused. *Erkenntnis* 60: 75-105.

Nickles, T. (Ed.) 1980a. *Scientific discovery, logic, and rationality*. Reidel Publishing Company, Dordrecht.

Nickles, T. 1980b. Introductory essay: scientific discovery and the future of philosophy of science. En: Nickles, T. (Ed.), *Scientific discovery, logic, and rationality*. Reidel Publishing Company, Dordrecht.

Nickles, T. 1996. Deflationary methodology and rationality of science. *Philosophica* 58: 9-50.

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, Switzerland.

Okasha, S. 2000. Van Fraassen's critique of inference to the best explanation. *Studies in History and Philosophy of Science* 31: 691-710.

Oldroyd, D.R. 1984. How did Darwin arrive at his theory? The secondary literature

to 1982. *History of Science* 22: 325-374.

Ospovat, D. 1981. *The development of Darwin's theory: natural history, natural theology, and natural selection, 1838-1859*. Cambridge University Press, Cambridge.

Paavola, S. 2004. Abduction as a logic of discovery: the importance of strategies. *Foundations of Science* 9: 267-283.

Paavola, S. 2005. Peircean abduction: instinct or inference? *Semiotica* 153: 131-154.

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, London.

Peacocke, C. 1992. *A study of concepts*. MIT Press, Cambridge.

Peirce Collected Papers (CP). 1994. 1-8, C. Hartshorne, C., P. Weiss y A.W. Burks (eds), Harvard University Press, Cambridge, 1931-1958. Edición electrónica de John Deely, versión Mac, Intelelex, Charlottesville, 1994.

Peirce, C.S. 1867. On the natural classification of arguments. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* 7: 261-287.

Peirce, C.S. 1878. Deducción, inducción e hipótesis. En: Peirce, Charles Sanders. *Obra filosófica reunida. Tomo I (1867-1893) (Spanish Edition)*. Fondo de Cultura Economica, México.

Peirce, C.S. 1882. Introductory lecture on the study of logic. *Johns Hopkins University Circulars* 2:19 (November 1882): 11-12. En: Christian J.W.

Kloesel (Ed.), *Writings of Charles S. Peirce: a chronological edition*.
Volume 4 (1879-1824). Peirce Edition Project 1989, Indiana University.

Peirce, C.S. 1901. On the logic of drawing history from ancient documents,
especially from testimonies. MS 690. Published in CP 7.164–231 and HP
2:705–62. *The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings*,
Volume 2 (1893–1913).

Peirce, C.S. 1903. Conferencias de Harvard sobre el pragmatismo. En: Peirce,
Charles Sanders. *Obra filosófica reunida*. Tomo II (1893-1913) (Spanish
Edition). Fondo de Cultura Economica, México.

Peirce, C.S. 2012. Deducción, inducción e hipótesis. En: Houser, N. & C. Kloesel
(Eds.), Peirce, C.S., *Obra filosófica reunida*. Tomo I (1867-1893). Fondo
de Cultura Economica, México D.F.

Peirce, C.S. 2012. Del razonamiento en general. En: Houser, N. & C. Kloesel
(Eds.), Peirce, C.S., *Obra filosófica reunida*. Tomo I (1867-1893). Fondo
de Cultura Economica, México D.F.

Peirce, C.S. 2012. *Obra filosófica reunida*. Tomo II (1893-1913). Houser, N. & C.
Kloesel (Eds.). Fondo de Cultura Economica, México D.F..

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.

Polanyi, M. 1966. *The tacit dimension*. Routledge & Kegan, London.

Popper, K. 1959. *The Logic of scientific discovery*. Harper, New York.

Psillos, S. 1999. *Scientific realism: how science tracks truth*. Royledge, London.

Psillos, S. 2000. *Abduction: between conceptual richness and computational*

Complexity. En: Kakas, A.K. & P. Flach (Eds.), *Abduction and induction: essays on their relation and integration*. Kluwer, Dordrecht.

Psillos, S. 2002. *Simply the best: a case for abduction*. En: Kakas, A.C. & F. Sadri (Eds.), *Computational logic*. Springer-Verlag, Berlin.

Psillos, S. 2004. *Inference to the best explanation and Bayesianism*. En: Stadler, F. (Ed.), *Induction and deduction in the sciences*. Kluwer, Dordrecht.

Rádl, E. 1930. *The history of biological theories*. Oxford University Press, Oxford.

Reichenbach, H. 1938. *Experience and prediction: an analysis of the foundations and the structure of knowledge*. University of Chicago Press, Chicago.

Reichenbach, H. 1951. *The rise of scientific philosophy*. University of California Press, Berkeley.

Ruse, M. 1975. *Darwin's debt to philosophy: an examination of the influence of the philosophical ideas of John F.W. Herschel and William Whewell on the development of Charles Darwin's theory of evolution*. *Studies in History and Philosophy of Science* 6: 159-181.

Ruse, M. 1979. *The Darwinian revolution*. University of Chicago Press, Chicago.

Ruse, M. 1986. *Taking Darwin seriously: a naturalistic approach to philosophy*. Basil Blackwell, Oxford.

Salmon, W.C. 2005. *Rationality and objectivity in science, or Tom Kuhn meets Tom Bayes*. En: Dowe, P. & M.H. Salmon, *Reality and rationality*. Oxford University Press, Oxford.

Sandow, A. 1938. *Social factors in the origin of Darwinism*. *Quarterly Review of Biology* 13: 315-326.

- Schickore, J. 2014. Scientific discovery. Stanford Encyclopedia of Philosophy.
<http://plato.stanford.edu/archives/spr2014/entries/scientific-discovery/>
- Schurz, G. 2008. Patterns of abduction. *Synthese* 164: 201-234.
- Schurz, G. 2016. Common cause abduction: the formation of theoretical concepts and models in science. *Logic Journal of IGPL* 24: 494-509.
- Schurz, G. 2017. Patterns of abductive inference. En: Magnani, L. & T. Bertolotti (Eds.), *Springer handbook of model-based science*. Springer, Dordrecht.
- Schweber, S.S. 1980. Darwin and the political economists: divergence of character. *Journal of the History of Biology* 13: 195-289.
- Simon, H.A. 1973. Does scientific discovery have a logic? *Philosophy of Science* 40: 471-480.
- Simon, H.A. 1976. Discussion: the Meno paradox. *Philosophy of Science* 43: 147-151.
- Smith, A. 1776. *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. Strahan & Cadell, London.
- Sober, E. 1984. *The nature of selection: evolutionary theory in philosophical focus*. Bradford/MIT Press, Massachusetts.
- Sober, E. 2004. The design argument. En: Mann, W.E. (Ed.), *The Blackwell guide to the philosophy of religion*. Blackwell, Malden.
- 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.

- Sulloway, F.J. 1982. Darwin and his finches: the evolution of a legend. *Journal of the History of Biology* 15: 1-53.
- Tammone, W. 1995. Competition, the division of labor, and Darwin's principle of divergence. *Journal of the History of Biology* 28: 109-131.
- Thagard, P.R. 1977. Darwin and Whewell. *Studies in History and Philosophy of Science* 8: 353-356.
- Thagard, P.R. 1978. Semiotics and hypothetic inference in Ch. S. Peirce. *Versus* 19-20: 163-172.
- Thagard, P.R. 1981. Peirce on hypothesis and abduction. En: Ketner, K.L. et al. (Eds.), *Proceedings of the C.S. Peirce Bicentennial International Congress*. Texas Tech Press, Lubbock.
- Thagard, P.R. 1984. Conceptual combination and scientific discovery. *Philosophy of Science* 1: 3-12.
- Thagard, P. 1988. *Computational philosophy of science*. MIT Press, Cambridge.
- Thagard, P. 1989. Explanatory coherence. *Behavioural and Brain Sciences* 12: 435-502.
- Van Valen, L.M. 1982. Why misunderstand the evolutionary half of biology? En: Saarinen E. (Ed.), *Conceptual issues in ecology*. Reidel Publishing Company.
- Whewell, W. 1837. *History of the inductive sciences, from the earliest to the present times*. John W. Parker, London.
- Whewell, W. 1840. *The philosophy of the inductive sciences founded upon their history*. John W. Parker, London.

Wilson, C. 1972. How did Kepler discover his first two laws? *Scientific American* 226: 92-106.

Zahar, E. 1983. Logic of discovery or psychology of invention? *British Journal for the Philosophy of Science* 34: 243-261.