



Invención y explicación: la comprensión científica en biología

Juan Ramón ÁLVAREZ



RESUMO

Muchas veces se ha considerado a las ciencias biológicas como ciencias “especiales” con relación a las físico-químicas, a las que algunos defienden que se reduzcan. Aquí se examina esta pretensión mostrando que en ellas la comprensión científica tiene lugar en el marco del circuito de la comprensión científica (CCC), característico de todas las ciencias. Este abarca dos cursos, a saber, el curso inventivo, correspondiente a las prácticas de descubrimiento, y el curso explicativo, propio de las actividades de justificación. Tres casos significativos en la historia de la biología lo ilustran: la teoría de la selección natural de Darwin, la teoría de la aptitud inclusiva de Hamilton y la teoría de la información posicional de Wolpert. Tras su examen se extraen las consecuencias más importantes. Las primeras, que la explicación es solo un componente, junto a la invención, de la comprensión científica que tiene lugar en el CCC. Las segundas, que dentro del CCC es necesario distinguir las bases de la formulación de las hipótesis, en el curso inventivo, de la bases de su aceptación en el curso explicativo, que determinan su conversión en principios. Las terceras, que las ciencias biológicas no son “especiales” y tienen las mismas credenciales respecto de la explicación y la comprensión científicas que las demás ciencias.

PALABRAS-CLAVE • Biología. Comprensión científica. Explicación científica. Invención. Leyes. Modelos.

Las preguntas centrales que la filosofía de la explicación intenta responder son estas: ¿Qué son las explicaciones? ¿Qué condiciones han de cumplirse para que entendamos algo? (Gijbers, 2011).

INTRODUCCIÓN: LAS PALABRAS Y LAS COSAS

“Entender” es un verbo que utilizamos con frecuencia en nuestro lenguaje cotidiano; no así el sustantivo “entendimiento” que del mismo se deriva y que en los diccionarios más autorizados (cf. Moliner, 1966, p. 1140) significa, principalmente y en el uso actual, “facultad con la que se entiende o se razona” o, en otro registro, “acuerdo”, “avenencia” entre dos agentes individuales y/o colectivos. No está disponible, por tanto, para referirse a la acción de entender y su resultado, como ocurre, en cambio, con “comprensión” para “comprender”, que podría servir aquí de sustituto adecuado. Pero de todos es bien sabido que “comprender” está *de facto* reservado, hace mucho tiempo en la filosofía y las humanidades, como versión española del alemán

“*verstehen*”, vertido a su vez al inglés en la misma tradición por “*understanding*”: en ambas versiones presuntamente referido a la actividad interpretativa, hermenéutica, característica de las ciencias humanas frente a las naturales, cuya actividad propia sería la de explicar (*erklären*). Esta antigua oposición entre explicación y comprensión no debería causar problemas si explicar y comprender fueran, en el vocabulario, dos formas de entender. Pero me veo obligado a optar entre usar “entendimiento” de forma inusitada y estipulativa como “acción y resultado de entender” o emplear “comprensión”, desligándola de la exclusiva tradición hermenéutica y ampliándola al mundo natural, para relacionar explicación científica y comprensión científica, como en la filosofía en lengua inglesa se hace con *scientific explanation* y *scientific understanding*. Opto, pues, por esta segunda alternativa, porque precisamente de eso mismo y de sus nociones afines tratan las reflexiones de este artículo.

Las cosas que me ocupan son la explicación científica y la comprensión científica en biología. Pero el uso del término “biología” tampoco está exento de problemas, porque aquello a lo que se refiere es un complejo que incluye una variedad numerosa de actividades cognoscitivas, transformadoras y reflexivas (acerca) de objetos diversos, en diferentes escalas de la realidad a que nos referimos con expresiones tan vagas como “la vida” o “el mundo de la vida”. En realidad, se produce conocimiento sobre cosas como los ácidos nucleicos, las extremidades de los tetrápodos, las poblaciones, las especies, los sistemas ecológicos y hasta de la evolución de ‘la vida’ en el planeta, por lo menos. Las transformaciones que tienen lugar en las técnicas y tecnologías afectan en concreto a los mismos niveles y se ejercitan sobre ejemplares determinados de aquéllos. Las reflexiones de biólogos y filósofos acerca de las ciencias y los objetos de ellas completan el complejo (*complexus*) racional biológico (cf. Álvarez, 2005/2006, p. 25 ss.). Las ciencias biológicas no estudian, y las tecnologías no transforman, “la vida”, sino determinados organismos, procesos, relaciones etc., sin que, por otra parte, esas ciencias y esas tecnologías vayan cada una por su lado, sino que se desarrollan entreveradas entre sí, puesto que en las ciencias hasta la observación está conformada por tecnologías muy avanzadas (cf. Álvarez, 1988, cap. 6) y las tecnologías no pueden ser lo que son sin las ciencias básicas que convierten las técnicas en tecnologías (cf. Sanmartín, 1987). A ello se añade la consideración de “la biología” unitariamente entendida – o considerada alternativamente como un conjunto de ellas – como una ciencia especial, junto a otras como la geología, la psicología y las ciencias médicas entre las naturales (la cuestión se extiende más allá hacia las ciencias humanas, como la historia; cf. Kaiser et al., 2014). Como aclara Tobin (2005, p. 1), la noción de ciencias especiales está ligada a la hipótesis de la diversidad (*disunity*) de la(s) ciencia(s), procedente de Fodor y Dupré, y basada en la negación de la posibilidad de reducirlas a las ciencias físico-químicas como básicas. Descarto, por vaga, la consideración de algo como la biología como ciencia especial y tengo en cuenta, pero no me ocupo aquí, de

cuáles y cuántas pueden ser las ciencias biológicas especiales, tema digno de tratarse en otra ocasión. Desde el punto de vista metodológico en que se desarrolla este estudio, atenderé a la explicación y la comprensión en las ciencias biológicas dentro del marco de la explicación y la comprensión en las ciencias sin más, recurriendo para ello a lo que en diversos lugares (cf. Álvarez, 2001/2002, 2010, 2013) he llamado el circuito de la explicación científica, que incorpora e integra la oposición entre los procesos de descubrimiento y justificación¹ como los cursos abductivo y explicativo del mismo. Como nunca es tarde para un cambio de nombres, lo que así he llamado pasará a denominarse aquí “el circuito de la comprensión científica”, y el curso abductivo, a partir de este punto, “curso inventivo”, con el fin de evitar equívocos y respetar la nueva terminología.

1 LEYES, MODELOS Y EXPLICACIONES

La narrativa acostumbrada sobre la consideración de la explicación científica desde mediados del siglo xx hasta el presente ha puesto el énfasis en algunos jalones de esa historia marcando como primera referencia la propuesta de Hempel y Oppenheim (1948) de la explicación científica como un argumento sólido y relevante, cuyas premisas constituyen el *explanans* y cuya conclusión es una descripción del *explanandum*. Coincide en el tiempo con el auge de la filosofía neopositivista de la ciencia y proporciona a esta su modelo explicativo en forma de estructura enunciativa, coexistente en esa filosofía con el concepto de teoría como conjunto de enunciados verdaderos relacionados entre sí por relaciones de inferencia lógica. Puesto que las explicaciones son conjuntos de enunciados verdaderos vinculados inferencialmente, existe una máxima homogeneidad entre teorías y explicaciones, en la medida en que estas son partes “formales” de aquéllas, porque conservan la forma del todo (cf. Bueno, 1972). En la explicación científica, unos enunciados privilegiados, las leyes – enunciados universales y necesarios – pueden incluso agotar el *explanans* en el caso de que se deduzca una ley de otras leyes más generales, sin recurso a información empírica. En la forma de entender que es la explicación científica, la clave está constituida por la existencia de leyes en las que se puedan subsumir los fenómenos según su tipo: de ahí las expresiones “cobertura legal” o “leyes subsuntoras” utilizadas para caracterizar el modelo hempeliano de explicación, tanto en su variante deductiva como en la inductiva. En Álvarez (1994) hice constar que la pretensión de que la actividad explicativa científica

¹ No me refiero aquí con estricta filología a la oposición tan citada de Reichenbach. Suárez (2012, p. 28) distingue claramente lo que se debe a Reichenbach y el uso general posterior: “[P]ara Reichenbach el término ‘descubrir’ no designa un tipo de razonamiento nuevo, como puede ser la abducción, o la inferencia a la mejor explicación; lo que designa es algo mucho más prosaico: un proceso subjetivo de aprendizaje que nos permita llegar a conocer relaciones objetivas, ya sean de tipo deductivo entre conceptos, o de tipo inductivo entre teorías y evidencia”.

fuera representada de esta manera ocultaba una doble subsunción. Por una parte, la subsunción lógica de los objetos sobre los cuales recaen las explicaciones, que es el aval para que les sean aplicables los conceptos de una teoría y, por la otra, la subsunción científica, ya avalada por la anterior, de los valores correspondientes en las variables del lenguaje – artificial o natural – de la teoría de referencia. En la subsunción científica ya no se trata de inferencias lógicas, sino de ensamblajes de formas – algebraicas, geométricas, narrativas etc. – que tienen lugar según las operaciones de los sistemas empleados. No puedo reproducir aquí aquellas consideraciones, pero volveré sobre el tema en la sección 3 sobre la aptitud inclusiva de Hamilton.

Los problemas que planteó a las ciencias biológicas este modelo explicativo fue precisamente el de la existencia de leyes en estas ciencias “especiales” y su carácter causal (Caponi, 2014). Se convirtió en norma la condición fáctica y desiderativa siguiente: “Nuestra caracterización de la explicación científica se basa hasta aquí en un estudio de casos tomados de las ciencias físicas. Pero los principios generales así obtenidos se aplican también fuera de esta área” (Hempel & Oppenheim, 1948, p. 140). Entre otras, en la biológica.

Según esta narrativa al uso se continuaría con la conversión del modelo hempeliano en parte de la “concepción heredada”, puesta en entredicho en los 1970 por las ascendentes concepciones semánticas de las teorías, tachando a la concepción enunciativa de sintáctica, como si no tuviera en sus propias condiciones de adecuación lógicas y empíricas contenido semántico. Posteriormente se pasaría a las versiones pragmáticas siguiendo un orden más aparente que real, porque, por ejemplo, la teoría de la explicación del “semántico” van Fraassen (1980, cap. 6) es pragmática.² Aquí me desvíe de ese recorrido. Me fijaré, en cambio, en que en 1970 – año indicativo del comienzo de la revisión del neopositivismo – Kauffman (1970) propuso, en un artículo ya clásico, un modelo de explicación atribuido a las ciencias biológicas, en el cual se proporciona la explicación de las propiedades o procesos de un todo por la articulación de las partes del mismo. Dos aspectos son destacables en su planteamiento. Por un lado, que la explicación por articulación de las partes no es exclusiva de, ni la única en, las ciencias biológicas, “pero sí la predominante en ellas” (Kauffman, 1970, p. 257). Por el otro, se apunta a que las bases de la formulación de una hipótesis (descubrimiento) no deben ser tratadas separadamente de las bases de su aceptación (justificación).

Respecto del primer aspecto, se introduce explícitamente el organismo individual como referencia del análisis o descomposición en partes, partiendo esta de una descripción inicial (entre las posibles) de uno de los funcionamientos de aquél, que debe conducir al establecimiento de un modelo simbólico del sistema, que a su vez debe dar paso a un modelo causal representativo del mecanismo que hace funcionar

² Al respecto, véase la distinción de Kitcher (1987) entre una teoría de la pragmática de la explicación y una teoría pragmática de la explicación.

el sistema del modo descrito inicialmente. La síntesis o reconstrucción del funcionamiento descrito concluye el proceso y tiene valor de control. La tesis 10 es una cláusula preventiva frente al reduccionismo: “no es necesario que haya una descomposición ‘última’, tal que todas la demás se deduzcan de ella, aunque pueda haber tal descomposición ‘última.’” (Kauffman, 1970, p. 259).

El predominio de este tipo de explicación en las ciencias biológicas introduce en ellas una distinción que evocaba, sin mencionarla, la ya establecida anteriormente por Mayr (1961) entre biología evolucionista y biología del funcionamiento (*functional biology*).³ En Álvarez (1988), llamé a estas ciencias biológicas “ciencias de la composición orgánica”, en cuanto ciencias que analizan los organismos en sus partes para reconstruir sus funcionamientos en la síntesis. Posteriormente, Winther, en su tesis doctoral (2003) y en trabajos posteriores (2006), ha distinguido entre biología formal y biología composicional, incluyendo la genética de poblaciones y la ecología de poblaciones en la primera, y la biología molecular, la biología del desarrollo, la morfología comparada, etc. en la segunda. Recientemente Caponi (2012) ha distinguido entre una biología de sistemas y una biología de linajes, para sustituir respectivamente la biología funcional y la biología evolucionista. Más adelante se verá cómo acoge el circuito de la comprensión científica (CCC) esta diversidad.

Respecto del segundo aspecto, hizo bien en señalar Kauffman (1970) que una teoría de la explicación científica, aun distinguiendo las bases de la formulación de una hipótesis de las bases de su aceptación, no debe separar la una de la otra, como se verá a continuación.

2 LOS DOS CURSOS DE CCC Y EL EXTENSO ARGUMENTO DE DARWIN

El CCC sobre el que se basan las reflexiones de este estudio se compone de dos cursos que recogen las actividades de descubrimiento y de justificación – invención y explicación, respectivamente – que conducen a la comprensión científica de determinados cuerpos de información a los que se llama morfologías observadas (MO) de los que se parte como *explananda*, y para cuya explicación se consideran hipótesis alternativas entre las que se elige una en virtud de una inferencia a la mejor explicación. En esto consiste básicamente el curso inventivo de CCC. Dicha hipótesis debe servir – junto a otras condiciones – si procede leyes – para la construcción – y, en su caso, para la presentación – de un modelo o morfología básica (MB), respecto de la cual ha de reconstruirse – basándose en leyes y/o factores – la MO como una desviación de la MB. Esa reconstrucción – morfología reconstruida (MR) – ha de aproximarse a la MO, dentro de márgenes aceptables que han de ser fijados en cada caso. Este segundo trayecto es

3 Prefiero esta traducción a la de “biología funcional”, para evitar confusiones.

el curso explicativo de CCC y el modelo de explicación científica que ejercita es lo que he llamado modelo “reconstructivo-naturalista” de explicación científica (Álvarez, 1994).

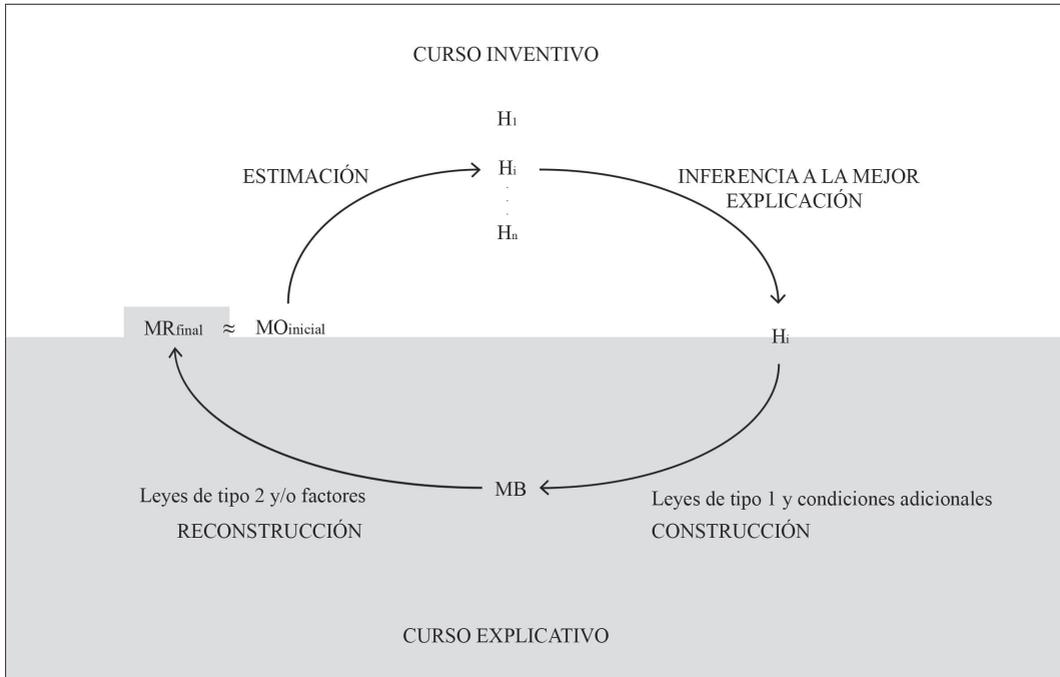


Figura 1. EL CIRCUITO DE LA COMPRENSIÓN CIENTÍFICA (CCC). El curso inventivo parte de información ordenada ($MO_{inicial}$), cuya estimación conduce a la contemplación de las hipótesis disponibles o “inventables” para el caso, entre las cuales se elige, tras las reflexiones oportunas, una de ellas (H_i) por una inferencia a la mejor explicación. El curso explicativo parte de la hipótesis inferida H_i hacia la construcción, por medio de leyes de tipo 1 y condiciones adicionales, de una morfología básica (MB) o modelo, a partir del cual se pueda reconstruir, mediante leyes de tipo 2 y/o factores de corrección, una morfología MR_{final} contrastable con relación a $MO_{inicial}$, tal que $MR_{final} \approx MO_{inicial}$. (Elaboración de Adrián Álvarez Lafuente).

En Álvarez (2010, p. 107-14) he esquematizado el “extenso argumento” de *El origen de las especies* (Darwin, 1859) de acuerdo con CCC. En una versión reducida resumo la “comprensión científica” de Darwin. Un pasaje inicial de la “Introducción” nos fija el punto de partida:

Cuando iba como naturalista a bordo del Beagle (...) me sorprendieron mucho ciertos hechos en la distribución de los seres orgánicos que viven América del Sur, y las relaciones geológicas entre los habitantes actuales y los pasados de aquel continente. Estos hechos (...) parecían arrojar alguna luz sobre el origen de las especies (...) A mi regreso a casa se me ocurrió, en 1837, que acaso podría aclararse algo de esta cuestión acumulando y reflexionando pacientemente sobre

toda clase de hechos que pudiesen tal vez tener alguna relación con ella. Después de cinco años de trabajo, me permití discurrir especulativamente sobre el asunto y redacté unas breves notas (...) (Darwin, 1859, p. 1).

La paciente acumulación de hechos relacionados, y la reflexión sobre ellos, le permitió discurrir especulativamente sobre el asunto. En CCC, a partir de hechos ‘sorprendentes’ (MO) relacionados con el origen de las especies, a los que se agregan muchos más que se relacionan con el asunto y se reflexiona pacientemente – la estimación de CCC – sobre ellos, hasta discurrir especulativamente, “libremente” sobre el asunto. El resultado de esa especulación discursiva es la elección de una hipótesis H_i entre otras $H_1, H_2, \dots H_i, \dots H_n$ que sirva para conducir a una explicación de la cuestión mejor que las de las hipótesis alternativas.

En las investigaciones científicas está permitido inventar cualquier hipótesis, y si esta explica diversas clases grandes e independientes de hechos, se eleva al rango de una teoría bien fundada. (...) El principio de selección natural puede considerarse como una mera hipótesis, pero que se convierte en probable en cierto grado por lo que sabemos positivamente de la variabilidad de los seres orgánicos en estado de naturaleza (...). Ahora bien, esta hipótesis puede ser contrastada (...) intentando ver si explica varias clases grandes e independientes de hechos (...). Si el principio de selección natural explica realmente (...) grandes cuerpos de hechos, ha de ser aceptado (Darwin, 1868, p. 8-9).

Los años de acumulación de hechos y reflexiones le sirvieron para construir su MO, a la que denominó “descendencia con modificación”, basada en un conjunto de conjeturas que, según Gayon (2009, p. 325) se agrupan en los capítulos 4 (selección natural) y 13 (14 de la sexta edición, 1876) dedicado a la clasificación. Darwin ofreció un diagrama arborescente que sintetiza esas conjeturas en el capítulo 4: la $MO_{inicial}$ tiene su representación gráfica. Tras “discurrir especulativamente”, “inventó” (*ars inveniendi*) la hipótesis de la selección natural como alternativa a la de la creación especial – la selección sobrenatural – de la teología natural. Este es el curso “inventivo” de CCC de la selección natural en su forma de hipótesis “inventada”. Como ha escrito el más conocido expositor de la inferencia hacia la mejor explicación: “Darwin infirió la hipótesis de la selección natural porque, aunque no era consecuencia de su evidencia biológica, la selección natural podría suministrar la mejor explicación de esa evidencia” (Lipton, 2006, p. 1). Pero el destino de la hipótesis de la selección natural es convertirse en principio explicativo que, de confirmarse, debe ser aceptado. La conversión de la hipótesis en principio es una transformación metodológica, no ontológica: forma parte del tránsito del curso inventivo al explicativo, con cambio de base, porque la base para aceptar el principio es diferente de la base que sirvió para formularlo como hipótesis, es decir, para inventarlo.

La transición del curso inventivo al explicativo corresponde al trayecto hipótesis » MB, a saber, el trayecto en que se construye un modelo, una MB, mediante leyes – a las que se llama de tipo 1 no por su contenido, sino por su función – y condiciones adicionales en cada caso. La explicación consiste en la reconstrucción de la MO como desviación de la MB en la forma de una MR_{final}. La contrastación se lleva a cabo respecto de esta; no respecto de la MB o modelo, evitando así la confusión de los que exigen que se contraste el modelo con la MO. Elegida la hipótesis, se pone en marcha el desarrollo de la teoría causal de la selección natural en el curso explicativo MB → MR_{final}. La MB tiene el diagrama general de un árbol.⁴ También la MO_{inicial}, en cuanto ligada a la idea de la descendencia con modificación, solidaria de ancestros comunes, tiene muchas representaciones implícitas, dependiendo de qué grupos de organismos se trate. El diagrama genérico de Darwin (1859, cap. 4) es el “árbol de los árboles” y como tal MB no ha de compararse con la MO_{inicial}, sino que ha de servir de base para la MR_{final}, lo más próxima posible a la MO_{inicial}. Para ello hay que introducir leyes de tipo 2 o factores de corrección que hoy, cuando se sabe bastante más que entonces, son los acompañantes necesarios de la selección natural en el curso de la evolución biológica. El principio de la selección natural es una ley de tipo 1 que sirve para construir la MB, mientras que los otros principios y las llamadas contingencias son, respectivamente, leyes de tipo 2 o factores de corrección que sirven para reconstruir una MR_{final}. Un ejemplo claro y sencillo del curso explicativo, en términos de una explicación reconstructiva, lo proporciona la primera ley o axioma de Newton. El principio de inercia es,⁵ en el modelo de explicación reconstructivo-naturalista, una ley de tipo 1 que “presenta” la MB del movimiento rectilíneo y uniforme, respecto del cual puede reconstruirse un movimiento circular por la acción de una fuerza de atracción formulada por la ley de la gravitación, una ley de tipo 2 (Álvarez, 1994, p. 299).

Por tanto, la teoría darwiniana de la evolución se ajusta razonablemente bien al circuito de la comprensión científica e, inversamente, dicho circuito recoge bien el método darwiniano en el que se unen descubrimiento y justificación.

3 CUANDO LA TEORÍA SE DA DE BRUCES CON LOS HECHOS

La metáfora del gen “egoísta” (Dawkins, 1976), aparte de tener éxito en el gran público, acusó recibo y trasladó el nivel de referencia de la evolución biológica desde los organismos, considerados vehículos de genes, hasta estos últimos como verdaderos

⁴ El diagrama del árbol no es tan preciso como, en geografía humana o economía regional, la red hexagonal de Christaller (cf. Álvarez, 1991, 1994, 2013).

⁵ Nada hay nada incompatible en este caso con la caracterización del principio de inercia como una ley de fuerza cero – como la ley o principio de Hardy-Weinberg – tal como hace Caponi (2014). Ser ley de tipo 1 es una cuestión de función, no de naturaleza o de contenido. En otro contexto podría ser ley de tipo 2 sin menoscabo de ello.

actores del proceso. Casi cien años transcurrieron entre la publicación de *El origen de las especies* (Darwin, 1859) y el breve artículo de Watson y Crick (1953) sobre las implicaciones genéticas de la estructura del ADN. A partir de este último y del posterior desarrollo de la genética molecular se convierte en dominante el “punto de vista del gen”, que difundió como nadie Dawkins. En un período similar, también con Darwin como origen, pero con un destino y un destinatario diferentes, tuvo lugar “una odisea de cien años desde las ideas originales de Darwin hasta los modernos modelos matemáticos del altruismo y el parentesco” (Dugatkin, 2006, p. 10), relacionados con el nombre de W. D. Hamilton y el concepto de aptitud inclusiva (inclusive fitness), que hubiera sido imposible sin el punto de vista del gen.

En CCC, en la partida de su curso inventivo hay dos situaciones, entre otras, especialmente destacables. El punto de partida es la convicción de que el corpus informativo hace pensar, “positivamente”, en la existencia de regularidades o estructuras en que dichas informaciones se ordenan. Las descripciones adecuadas de Kauffman (1970), por ejemplo, hacen pensar en un orden que conduce a la construcción del modelo simbólico; la disposición registrable de centros urbanos y territorios circundantes hacen pensar en que deben existir leyes que gobiernan el número, el tamaño y la distribución de los lugares centrales, convicción que conduce a construcción de la MB de la red hexagonal regular (cf. Christaller, 1933 [1980]; Álvarez, 1991). Otras veces, en cambio, desarrollada la teoría, determinadas MOs entran en conflicto con las presuntas consecuencias de la teoría en una especie *modus tollens*, al que nos acostumbró la tradición popperiana simplificada. Numerosos ejemplos pueden ponerse, pero iré al grano con el inicio en el propio Darwin, a saber, con el problema que le planteó el comportamiento de los llamados insectos sociales, que se comportan no en su beneficio, sino en el de otros de su especie.⁶ Estos comportamientos deberían haber desaparecido por efecto de la selección natural, que conserva las variaciones favorables y elimina las desfavorables, pero contra ello se han conservado. Darwin (1859, p. 236) califica el “hecho” como “una dificultad especial, que al principio me pareció insuperable, y realmente fatal para toda mi teoría”. En un caso como este se presenta la “tenacidad” del científico que tan bien nos han enseñado los historiadores de la ciencia. Reconoce que “se pensará, en efecto, que tengo una confianza desmedida en el principio de la selección natural, cuando no admito que hechos tan maravillosos y bien establecidos aniquilen al instante mi teoría” (p. 239). Desde luego, hay que pensárselo, nada de “al instante”. La solución del conflicto consiste en desplazar la recepción del beneficio a los parientes. “Esta dificultad, aunque aparentemente insuperable, se aminora o, como creo, desaparece, cuando se recuerda que la selección puede aplicarse a la familia, tanto como al individuo, y puede así alcanzar el fin deseado” (p. 237).

⁶ Aquí simplifico en exceso evadiendo el prolijo desarrollo de Darwin, incluyendo de las diferencias morfológicas, pero para mi propósito es suficiente.

Así quedó en Darwin el tema y, aunque se ha afirmado que en estos pasajes está indicada la selección de parentesco – e incluso la aptitud inclusiva –, restaba que tuviera lugar la odisea centenaria, tan bien expuesta por Dugatkin (2006, 2007), hasta que aparece el anuncio, en forma de carta a los directores, *The evolution of altruistic behavior* (Hamilton, 1963). El curso inventivo del CCC correspondiente al comportamiento altruista abarca precisamente esa odisea centenaria; no se reduce a las experiencias individuales de los científicos, que puedan ser estudiadas sin residuos por la psicología. Desde Darwin no solo ha pasado un siglo, se ha desarrollado la genética de poblaciones con su aparato matemático y la genética molecular con su teoría estructural del gen; en este contexto presentó Hamilton su teoría de la aptitud inclusiva. Aún así, reconoce Hamilton (1963), la teoría matemática clásica de la selección natural ha sido poco eficaz en el abordaje de los comportamientos, especialmente “donde un animal se comporta de tal manera que promueve las ventajas de otros miembros de la especie que no son sus descendientes directos a expensas de las suyas propias” (Hamilton, 1963, p. 354). No obstante, y ese es su propósito:

existe, sin embargo, una extensión de la teoría clásica que generaliza lo que sirve para abarcar el cuidado parental, y que sigue teniendo a la generación como unidad temporal del progreso, que admite, en un grado limitado, la evolución de las formas de altruismo que no están conectadas con el cuidado parental (p. 354).

A continuación, se presenta “un modelo sencillo, aunque tosco” (p. 354) donde se establecen los límites dentro de los cuales es admisible la evolución del comportamiento altruista. La clave está en el cambio del nivel de resolución de la teoría, desde los individuos y las familias darwinianas, a los genes (“el punto de vista del gen”). En el modelo sencillo, se consideran dos genes g y G , tal que G sea causa del comportamiento altruista y g sea nulo. Las palabras de Hamilton no tienen desperdicio: son un clásico del género.

Pese al principio de la “supervivencia del más apto”, el criterio último que determina que G se difunda no es que el comportamiento beneficie al agente (behave), sino que beneficie al gen G . Y este será el caso si el resultado neto medio del comportamiento consiste en añadir a la reserva génica un puñado de genes que contengan G en una concentración superior a la que ofrece la propia reserva génica. En el altruismo esto ocurrirá solo si el individuo afectado es un pariente del altruista, y que tiene, por tanto, una probabilidad más elevada de portar el gen, y si la ventaja otorgada es suficientemente elevada en comparación a la desventaja personal para compensar la regresión, o “dilución”, del genotipo del altruista en el pariente en cuestión. El coeficiente de regresión adecuado debe estar muy

cerca del coeficiente de parentesco⁷ r de Sewall Wright, supuesto que la selección sea lenta. Si la ganancia de un pariente de grado r es k veces la pérdida del altruista, el criterio de la selección positiva del gen causal es $k > 1/r$ (Hamilton, 1963, p. 354-5).

El “modelo toscó” ha logrado, en la carta de 1963, su objetivo. Redactado en 1963 y publicado en 1964 en dos partes (Hamilton, 1964a, 1964b), *The genetical evolution of social behaviour* (I y II) completa el panorama con la elaboración de un modelo “fino”, en la primera parte, en donde se introduce la noción de “aptitud inclusiva” (*inclusive fitness*)⁸ y se formula la archiconocida “regla de Hamilton”, en la cual la aptitud inclusiva es la suma de la aptitud individual más la que corresponde, según grados de consanguineidad, al número de parientes beneficiados por el comportamiento altruista. La regla, en su formulación habitual en términos de coste-beneficio, es $rb > c$, donde r es el grado de parentesco, b el beneficio reproductivo del (los) pariente(s) y c el coste o perjuicio reproductivo del agente altruista. En la sección 7 de la segunda parte del artículo (Hamilton, 1964b, p. 48), titulada “Anomalías”, Hamilton comienza afirmando: “Aquí y allá se encuentran en la literatura registros de comportamiento en los que el parentesco es conspicuamente ignorado o perjuicios y beneficios son atribuidos violando aparentemente nuestros principios”. Pero, como buen científico tenaz, a vuelta de página se cubre en salud con esta prevención: “Sin embargo, en todos los casos que conozco es posible afirmar que o la situación ha sido malinterpretada o que la observación tiene que ver con un error biológico; es decir, un caso raro en una situación inusitada o algo semejante” (p. 49).

Hamilton, tras la odisea centenaria, y en vista de su estimación de la información disponible, formuló la hipótesis de la aptitud inclusiva frente a otras, entre ellas la de la aptitud exclusiva (mente individual), y sobre esa hipótesis y la condición restrictiva de la fórmula que lleva su nombre (ley de tipo 1), construyó (Hamilton, 1964a) su MB, su modelo matemático en el cual el maximizando es la magnitud llamada “aptitud inclusiva” en la evolución del comportamiento altruista. Hamilton reformula el principio como sigue:

El comportamiento social de una especie evoluciona de tal manera que, en cada situación que da lugar a comportamiento, el individuo parecerá valorar la aptitud de sus vecinos frente a la suya de acuerdo con los coeficientes de parentesco propios de la situación (Hamilton, 1964b, p. 19).

⁷ *Coefficient of relationship*, llamado también “de consanguineidad”. Padre-hijo, $1/2$, hermanos de padre y madre $1/2$, gemelos idénticos, 1 etc. Con esos datos se puede hacer un análisis de coste beneficio. “Para expresar la cuestión con más viveza, un animal que actúe según este principio sacrificaría su vida si con ello pudiera salvar más de dos hermanos, pero no por menos” (Hamilton, 1963, p. 455).

⁸ En Hamilton (1963, p. 455) aparece la palabra “inclusiva” en este pasaje: “supuesto que la aptitud sea estimada en términos de reproducción ‘inclusiva’ del genotipo” – otra vez el punto de vista del gen.

Aquí parece que ocurre algo semejante a Darwin cuando la hipótesis se convierte en principio. Cuando lo hace sirve para construir una MB, que se usa de base para reconstruir las diferentes MOs como desviaciones de la MB. Una buena casuística con pocos formalismos puede seguirse en Hamilton (1964b).

El caso que nos ocupa ofrece también buena muestra de que el modelo inferencial de Hempel no es el más adecuado para representar el procedimiento seguido por Hamilton, porque en este encontramos no argumentaciones lógicas, sino ensamblajes matemáticos constructivos que conducen a la MB y reconstrucciones histórico-naturales a partir del modelo. El curso explicativo se adapta bien al modelo reconstructivo-naturalista y el inventivo recoge bien la estimación y la inferencia a la mejor explicación.

Otro caso convincente, que he tratado en detalle en otro lugar (Álvarez, 2001/2002, p. 242-51), es del equilibrio puntuado defendido por Eldredge y Gould, en cual se enfrenta la teoría de la evolución por selección natural al hecho de la “estasis” que los paleontólogos han puesto de relieve. Como recuerda en su libro reciente Eldredge:

los equilibrios puntuados (mi expresión preferida – como se publicó originalmente...) combina el patrón cuasi-universal de la estasis con la idea del origen de las especies por el aislamiento geográfico (...) la mayoría de las especies conocidas parecen no cambiar mucho cuando viven sus vidas, a menudo durante millones de años. Eso es la estasis (2015, p. 14).

Gould recalca que la estasis es “un dato” (2002, p. 759). Más valdría decir un corpus empírico, pero la cuestión está clara, parece existir un conflicto entre la teoría y los hechos, saber, entre la teoría de la evolución por selección natural y la estasis. Ese conflicto solo existe si, como hizo Darwin, se hace profesión de continuismo bajo el principio de que *natura non facit saltum* y frente a esto se “interpreta” el registro fósil como deficiente: “(...) no se puede dudar de que el registro geológico, visto como un todo, es extremadamente imperfecto” (Darwin, 1859, p. 293). Esta “interpretación” encierra a Darwin en un callejón sin salida, del que solo se puede salir mediante otra interpretación en la cual se considere significativo el registro geológico, aunando largas fases de estabilidad de las especies y rápidas (en términos de tiempo geológico) fases de especiación. Esta la interpretación del (o los, según la cita anterior de Eldredge) equilibrio(s) puntuado(s).

Resumo en cinco puntos mi análisis del tema en Álvarez (2001/2002). Primero, el gradualismo darwiniano está formulado en el nivel de resolución variedades/especies; por tanto, no existe ninguna garantía de la validez de su extrapolación a niveles más elevados. Segundo, la distinción de niveles o jerárquica en que tanto han insistido Gould y Eldredge, es decir los ámbitos de la microevolución y la macroevolución,

este último en que las especies son consideradas como individuos, puede no admitir la extrapolación. Tercero, Darwin adoptó una retirada estratégica con el alegato de la “imperfección del archivo geológico”, un verdadero blindaje ante la refutación que, de rebote, devalúa la propia teoría. Cuarto, la estimación de la estasis conduce a la hipótesis del equilibrio puntuado que incluye también la especiación por aislamiento (alopátrica o simpátrica). Quinto, la hipótesis del equilibrio puntuado es, por consiguiente, en este caso el intento de conciliar teoría y hechos, al coste del gradualismo continuista.

4 LOS MODELOS A LA BÚSQUEDA DE SUS MECANISMOS

El CCC tiene que acoger no solamente grandes marcos teóricos como el darwiniano o más restringidos como la teoría de la evolución del altruismo, este último asimilable a la biología formal de Winther (2003), sino también a las ciencias de la composición orgánica (incluidas en la biología composicional de Winther (2003)). Esta sección contempla la teoría de la formación de patrones por información posicional como propia de una de dichas ciencias: la biología del desarrollo. En ella es muy conocida la teoría de la información posicional en la formación de patrones en la diferenciación celular. El escrito clásico de esta tesis – *Positional information and the spatial pattern of cellular differentiation* (Wolpert, 1969) – inauguró toda una tradición de investigación que, no exenta de críticas y polémica, se mantiene viva al día de hoy. Para Wolpert, sin embargo, esta tradición nació en los trabajos de la mecánica del desarrollo (*Entwicklungsmechanik*) o morfología causal (Rocek, 1998), es decir, en la embriología experimental alemana de la vuelta del siglo XIX al XX. Como en Hamilton el retrovisor reflejaba a Darwin, el de Wolpert nos devuelve a Driesch y a sus conocidos experimentos de 1900 con embriones de erizo de mar, donde las células hijas separadas en la etapa bicelular daban como resultado dos embriones normales más pequeños. Según la narrativa habitual, Driesch interpretó los experimentos postulando un principio vital trascendente llamado entelequia y abandonó con ello el ámbito propio de la mecánica del desarrollo.⁹ Aun así en esta línea y con relación al curso inventivo de CCC – en concreto respecto de la actividad de estimación – las siguientes palabras de Wolpert aclaran retrospectivamente su posición.

Yo estaba convencido de que tendría que haber mecanismos generales de la formación de patrones en el desarrollo y la regeneración: que existía un conjunto general de principios subyacentes a la traducción de la información genética en patrones y formas. También estaba seguro de que primero habría que entender

⁹ Sin embargo, Mocek (1998) ve en Driesch el precursor del sistemismo de von Bertalanffy.

los procesos en el nivel celular antes de poder formular las preguntas estrictamente moleculares. Para perfilar mis ideas, formulé el problema de la bandera francesa (...)° ¿Qué mecanismo aseguraría que una línea de células totipotentes, tan larga como se quiera, tuviera el patrón de la bandera francesa – un tercio azul, un tercio blanca y un tercio roja? La información posicional suministraba una solución general. (...) Uno de los efectos de pensar en términos de información posicional era que se nos conducía a ser más mecanicistas y cuantitativos (1996, p. 360).¹¹

Varias ideas deben ser destacadas. Una convicción inicial ante el *status quaestionis* disciplinar: la existencia de principios generales de la formación de patrones que gobiernan el desarrollo y la regeneración. El establecimiento del nivel de resolución moléculas/células, este último extremo fijado como objeto de análisis. La construcción de un modelo – simbólico o cibernético, según Kauffman (1970) – que debería conducir a la postre a un modelo causal cuantificable. Esto son jalones en el curso inventivo de CCC, que acoge las consideraciones de Wolpert. Más precisamente puede formularse como sigue. Ante el corpus empírico existente (MO) desde los experimentos de Driesch, Wolpert, “estimando” la existencia de principios generales de la formación de patrones, formula o “inventa” (Darwin *dixit*) la hipótesis de la información posicional (IP) y la mantiene “entre otras” como conducente a la mejor explicación de dichos patrones. Sobre esa hipótesis “construye” una MB, es decir, un modelo que ejemplifica con, pero que no se agota en, el de la bandera francesa, que funciona más bien como “semilla”. Dicho modelo vincula la formación de patrones a la existencia de determinados morfógenos cuya difusión en la lámina tisular, desde la fuente hasta su extinción, contiene determinados umbrales de activación de los mecanismos celulares que producen la diferenciación celular.

En el trabajo fundacional (Wolpert, 1969, p. 7-8) señala cinco puntos constitutivos de la hipótesis de IP convertida en principio. (1) Existen mecanismos por los que las posiciones de las células son especificadas con relación a uno o más puntos del sistema en desarrollo. Existe un campo cuando la IP está especificada respecto del mismo conjunto de puntos.¹² (2) La IP especifica en gran medida, respecto del genoma y de la historia del desarrollo, la naturaleza de la diferenciación de la célula. Se llama interpretación de la IP al proceso general por el cual la IP conduce a una actividad celu-

10 En beneficio de la continuidad expositiva no reproduzco y comento aquí el modelo de la bandera francesa, que apareció en Wolpert (1968 [1976]). Una presentación sencilla puede consultarse, por ejemplo, en Wolpert (2002, p. 19-20; ver también <<https://embryo.asu.edu/pages/french-flag-model>> o <<https://cuentos-cuanticos.com/2014/11/03/los-problemas-con-las-banderas/>>; consultados 10/04/2016).

11 Reproduzco este texto retrospectivo por su brevedad y sencillez, aunque las convicciones estaban marcadas en el texto fundacional de manera más extensa y taxativa: Wolpert (1969, p. 3-4).

12 Como hicieron bien en señalar Jaeger y Reinitz (2006, p. 1102) el concepto de IP permite definir claramente el de campo morfogenético, estableciendo una jerarquía entre el concepto de IP (concepto elemental) y el de campo morfogenético (concepto derivado o definido).

lar o una diferenciación molecular particulares. La especificación de la IP, en general, precede a y es independiente de la diferenciación molecular. (3) La polaridad puede definirse con relación a los puntos respecto de los cuales está especificada la posición de una célula: es la dirección en la que se especifica o se mide la IP respecto de los diferentes ejes. (4) La IP puede ser universal: los mismos mecanismos que especifican la IP pueden operar en tanto en distintos campos en el mismo organismo, como en organismos distintos de diferentes géneros o filos. (5) La regulación de patrones en el desarrollo y la regeneración – la capacidad del sistema para formar el patrón cuando se quitan o añaden partes y la invariancia del patrón respecto de la escala – dependen en gran medida de la capacidad de las células para cambiar su IP de forma adecuada y para interpretar ese cambio.¹³

Ahora bien, el concepto de información posicional es puramente abstracto y puede realizarse mediante diferentes mecanismos físico-químicos, pero en el marco de la tradición disciplinar Wolpert se inclinó por la propuesta de los gradientes de un morfógeno. El concepto de morfógeno de Wolpert se caracteriza por dos restricciones sobre el más general de Turing (1952):

un morfógeno no solo ha de distribuirse según un gradiente en el desarrollo, también tiene que difundirse y actuar a larga distancia (comparada con los sucesos inductivos locales), y tiene que ser responsable directa y exclusivamente de la inducción sujeta a umbrales de al menos dos estados diferentes de la expresión génica en sus células diana. No se deben exigir morfógenos adicionales o interacciones dentro o entre las células diana. Llamamos esta definición restringida de ‘morfógeno’ el concepto moderno de morfógeno para distinguirlo de la definición original y más general de Turing (Jaeger & Reinitz, 2006, p. 1103).

El modelo informacional se completa con la introducción de los morfógenos, cuya concentración escalonada en umbrales determina la actividad de las células. Con ello se alcanza el nivel molecular y se obtiene un modelo causal. Pero hasta que esta transformación fuera firme tuvieron que transcurrir unos treinta años, para que se identificara la base molecular de la formación de patrones.¹⁴ En el curso explicativo, por tanto, se integran factores causales identificables por el análisis molecular y el paso de modelos informacionales a modelos causales depende de la progresiva adquisición de conocimientos y aquí también, como en el curso inventivo, no cabe una

¹³ El lenguaje está lleno de abundante léxico adoptado de las teorías de la información y la comunicación. De hecho, la idea de comunicación como proceso de transmisión de información prefigura la posterior construcción de modelos causales y se ajusta a la concepción de la causalidad propuesta por Collier: “los procesos causales involucran la transferencia de una cantidad no nula conservada (...) la causación es la transferencia de una ocurrencia particular de una cantidad de información de un estado de un sistema a otro” (1999, p. 215).

¹⁴ “Entretanto, treinta años más tarde, los estudios moleculares han identificado las señales posicionales de Wolpert. Genes de la familia Hox especifican los valores posicionales y así dan lugar a la emergencia de los patrones” (Wehner, 2001, p. 91).

presentación “instantánea”, sino una consideración “histórica” de la práctica explicativa. Si ahora se vuelve al planteamiento de Kauffman (1970) de que una teoría de la explicación científica, aun distinguiendo las bases de la formulación de una hipótesis de las bases de su aceptación, no debe separar la una de la otra, se observa que en CCC las bases de la formulación se encuentran en el curso inventivo, mientras que las de la aceptación lo están en el curso explicativo. También ocurría esto en el caso de la selección natural darwiniana con la transformación de la hipótesis (del curso inventivo) en principio (en el curso explicativo).

A mayor abundamiento, la teoría de la información posicional es un buen ejemplo del CCC en una ciencia de la composición orgánica, biología composicional (Winter, 2003) o biología de sistemas (Caponi, 2012) como la biología del desarrollo, donde se formulan “imputaciones causales” no formuladas en términos nómicos (Caponi, 2014). Como en la teoría de la aptitud inclusiva, encontramos más bien ensamblajes conceptuales, en este caso de tipo informacional y molecular, por lo cual el modelo inferencial de Hempel no parece el modelo de explicación idóneo (al margen de que dicho modelo carece de curso inventivo). Dada la condición experimental de la biología del desarrollo desde sus inicios “mecánicos”, las imputaciones causales, aunque no se revistan de forma nómica, sí que involucran “principios” (como los imaginados por Wolpert) no formulados como leyes y vinculados a los procedimientos propios de estas ciencias “especiales”. Están del lado de la teoría de la causalidad experimental intervencionista que ‘hace que las cosas ocurran’ de Woodward (2003). No debe olvidarse que la historia de la biología del desarrollo está encarnada (nunca mejor dicho) en los animales modelo característicos (erizo de mar, *Drosophila* etc.) y a sus partes (alas, alones, etc.) en las cuales se ‘interviene’, produciendo efectos de forma que se puedan formular generalizaciones invariantes que no son leyes (Woodward, 2003, p. 285 ss.). Diría más aún, que no tienen naturaleza enunciativa, precisamente porque son ensamblajes propios de la subsunción científica: matemáticos, informacionales, bioquímicos, genéticos etc., que se ajustan bien al curso explicativo de CCC en el modelo reconstructivo-naturalista de explicación científica (cf. Álvarez, 1994). Y también que las “ficciones” científicas no se reducen a los experimentos mentales y a los tipos ideales, sino también a las ficciones experimentales que señala Rouse (2008), que no son estructuras enunciativas (teorías o partes suyas), sino montajes materiales: “sistemas de objetos construidos bajo circunstancias conocidas y aislados de otras influencias ajenas, de forma que puedan ser manipulados y seguidos, [para] franquear la complejidad [del mundo], construyendo ‘mundos’ artificialmente simplificados” (Rouse, 2008, p. 2). Las instalaciones de los animales modelo constituyen sistemas experimentales – sistemas cerrados (Bhaskar, 1975) – en los cuales se opera en desconexión material de influencias ajenas (ajenas desde la desconexión, no antes ni en el mundo) en este mundo artificial del experimento que tiene lugar, no obstante, en el mundo.

Ensamblajes conceptuales y ensamblajes materiales abundan, por tanto, en el curso explicativo de CCC. Las consideraciones de CCC en las ciencias de la composición orgánica merecen y requieren más desarrollo, pero es necesario recapitular y concluir.

CONCLUSIÓN

Primeras consecuencias. Invención y explicación son los dos cursos que componen CCC y no pueden separarse en una teoría de la comprensión científica: la explicación científica, por ello mismo, no proporciona la comprensión científica. Como hemos podido señalar en los casos considerados, los “recuerdos” de Darwin, Hamilton y Wolpert son transmitidos para que el lector “comprenda” cuál era el problema planteado y cuáles fueron los pasos procedimentales seguidos. Primero, que la estimación de la información disponible (MO) sugiere una orientación para la formulación o invención de una hipótesis, entre y frente a otras, conducente a la mejor explicación de aquélla. Segundo, que la hipótesis elegida, junto a determinadas condiciones – a veces leyes – permiten y facilitan la construcción de un modelo (MB), que no se encamina a representar la MO, sino a servir de base, en una segunda fase, para reconstruirla como una desviación de la MB, por medio de leyes o factores que justifican esa desviación. La reconstrucción final (MR_{final}) sí que ha de ser comparada con la MO, según criterios adecuados en la tradición de investigación. Si la reconstrucción es adecuada – $MR_{\text{final}} \approx MO$ –, entonces la hipótesis se confirma y, en cuanto tal, debe ser aceptada y se convierte explícitamente en principio: la selección natural a escala global, la aptitud inclusiva dentro de dicho proceso a escala de los comportamientos, la información posicional en la diferenciación celular en el desarrollo embrionario. Por tanto, que CCC se da en diferentes tipos de procesos – evolución general, evolución del comportamiento, desarrollo – en sus distintos niveles y que, por ello, es prácticamente ubicuo. Dicho esto, la comprensión científica se alcanza con el conocimiento de ambos cursos – inventivo y explicativo – lo cual tiene mucha importancia para la comunicación y enseñanza científicas. Es necesario un mínimo conocimiento del curso inventivo para comprender científicamente; no basta con la explicación y la aplicación de fórmulas aprendidas sin conocer el problema que se ha resuelto en la invención y la explicación. De ahí que los manuales científicos den muestra de ello incluyendo al principio un capítulo introductorio del tipo “Historia y conceptos básicos” (cf., por ejemplo, Wolpert *et al.*, 2002, p. 1-25) y que sea necesario intercalar en la enseñanza los contextos históricos de la formación de los conceptos. En resumen, con explicar no basta para comprender. Desde Friedman (1974) se ha intentado repetidas veces presentar nuevos modelos de explicación científica que ofreciesen comprensión científica – en ese caso el modelo unificacionista –, a mi juicio con poco éxito. La comprensión científica es una condi-

ción de cultura disciplinar, que se adquiere progresivamente a medida en que se va más allá de los recursos puramente instrumentales, sin los cuales, por otra parte, esa cultura sería, a lo más, retórica. Quedan aquí cuestiones debatibles frente a concepciones pragmático-contextuales como las defendidas por De Regt y Dieks (2005) que desbordan este trabajo, pero que pueden ser discutidas con esta misma pauta.

Segundas consecuencias. Con Kauffman, hay que distinguir las bases de la formulación de la hipótesis de las de su aceptación y conversión en principio. Primero, tiene que existir cierta independencia de las segundas respecto de las primeras, pues de lo contrario estaríamos en una especie de tautología y CCC sería vicioso. Por muy cargados de teoría que estén los hechos con que se cuenta para contrastar las reconstrucciones, no pueden estar cargados de la misma teoría. Esto se manifiesta claramente cuando la MO – como en el caso del altruismo – parece contradecir una teoría existente que debería explicarla. Que a la postre pueda esa teoría absorber los hechos que presuntamente la refutan, involucra muchas veces una reinterpretación de los hechos que solo es posible a la luz de una transformación del nivel de resolución de la teoría: el gen sustituye al organismo individual. Segundo, la conversión de la hipótesis en principio, basada en la adecuación de la MR_{final} a la MO_{inicial} , hace que, una vez producida esta, se presente la teoría partiendo del principio como si este estuviera disponible de antemano, entorpeciendo la comprensión científica. Tercero, y sumamente importante, esa diferencia de bases, recuerda la señalada por Gould y Lewontin (cf. Álvarez, 1986), entre las causas de las formas y las razones de su conservación, en su crítica al programa adaptacionista. Las causas que en el desarrollo provocaron el sobrecrecimiento del sesamoide radial que, mediado un proceso de exaptación, terminó convirtiéndose en un pulgar funcional (no anatómico) del panda, han de separarse de las razones de su conservación como rasgo favorable (otro sentido de “adaptación”) que favorece la supervivencia y reproducción (aptitud) de sus portadores. Las bases de la formulación de la hipótesis no son las bases de su aceptación y conversión en principio, so pena de un “adaptacionismo” epistemológico improcedente. La hipótesis se convierte en principio si es mejor que otras (que no han sido elegidas en el curso inventivo de referencia) para la reconstrucción (MR_{final}) de la MO a partir de la MB: una hipótesis se convierte, a resultas, en principio por su función metodológica. Este carácter “a resultas” evita la tautología.

Terceras consecuencias. Las ciencias biológicas, en la medida en que se ajustan, como las demás a CCC, no son ‘especiales’ y mucho menos ‘excepcionales’ – término que acuñó Schaefer (1971) para una geografía tradicional que no proporcionaba explicaciones nomológicas, es decir, que no satisfacía el modelo de Hempel. Semejante requisito es, por una parte, excesivo y, por otra, deficiente. Primero, las ciencias de la composición orgánica, tales como la biología del desarrollo, tienen principios, aunque estos no estén formulados necesariamente como leyes en el sentido de las ciencias

formales: biología formal (Winther, 2003), geografía general (Álvarez, 1981). Aunque sean más afines a las explicaciones mediante mecanismos subyacentes a procesos que tienen lugar en sistemas, también están permeadas de imputaciones causales en términos de invariantes bajo intervenciones (Caponi, 2014). Segundo, en el modelo re-constructivo-naturalista de explicación (curso explicativo de CCC) las leyes juegan un papel diferente, según su función: como leyes de tipo 1 en la construcción de la MB y como leyes de tipo 2 en la reconstrucción conducente a la MR_{final}. ☞

AGRADECIMIENTOS. Agradezco a Amaya Álvarez Lafuente su lectura del borrador y sus comentarios.

Juan Ramón ÁLVAREZ
Instituto de Humanismo y Tradición Clásica,
Universidad de León, España.
jralvarezb@gmail.com

Invention and explanation: scientific understanding in biology

ABSTRACT

Biological sciences have often been deemed “special” sciences that follow a *sui generis* approach in relation to the physiochemical sciences, to which some think they should be reduced. In this article, this claim is addressed showing that scientific understanding takes place within the circuit of scientific understanding (CSU) - proper to all sciences and comprising two paths - the inventive path, related to practices of discovery and the explanatory path, associated with the actions of justification. Three very significant cases in the history of biology illustrate this contention: Darwin’s theory of natural selection, Hamilton’s theory of inclusive fitness, and Wolpert’s theory of positional information. After this inspection, three main consequences are drawn. First: scientific explanation is just one element, in addition to invention, of scientific understanding that takes place in CSU. Second: within CSU one should distinguish the basis for the formulation of hypotheses, in the inventive path, from the basis for their acceptance in the explanatory path that rules their conversion into principles. Third: biological sciences are not ‘special: they exhibit the same credentials, as regards scientific explanation and understanding, like all the other sciences.

KEYWORDS • Biology. Invention. Laws. Models. Scientific explanation. Scientific understanding.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, J. R. Reduccionismo clasificatorio y tipologías históricas en el pensamiento geográfico. *El Basilisco*, 12, p. 59-68, 1981.

- _____. Formas, causas y razones: perspectivas materialistas en el pensamiento biológico actual. In: ÁLVAREZ, S.; BRONCANO, F. & QUINTANILLA, M. A. (Ed.). *Actas del I Simposio Hispano-Mexicano de Filosofía*. Salamanca: Universidad de Salamanca, 1986. v. 1, p. 270-95.
- _____. *Ensayos metodológicos*. León: Universidad de León, 1988.
- _____. *La racionalidad hexagonal. La identidad científica de la teoría normativa de los lugares centrales*. León: Universidad de León, 1991.
- _____. Dos modelos de explicación científica: inferencias y reconstrucciones. *Contextos*, 12, 23-24, p. 287-311, 1994.
- _____. Thom, Gould y la tradición morfológica en la ciencia. *Contextos*, 19/20, 37-40, p. 227-62, 2001/2002.
- _____. La filosofía y las terceras culturas. *Contextos*, 23-24, 45-48, p. 7-38, 2005/2006.
- _____. La selección natural: lenguaje, método y filosofía. *Éndoxa*, 24, p. 91-122, 2010.
- _____. Freedom of actions and their necessary outcomes: fractal networks in geographic space. *Peruvian Journal of Epistemology: Social sciences and natural sciences: monographic issue on freedom and determinism*, 1, p. 53-79, 2012.
- BHASKAR, R. *A Realist Theory of Science*, Brighton, Sussex: Harvester Press, 1975.
- BUENO, G. *Ensayos materialistas*, Madrid: Taurus, 1972.
- CAPONI, G. Linajes y sistemas: dos tipos de individuos biológicos. *Scientiae Studia*, 10, 2, p. 243-68, 2012.
- _____. *Leyes sin causa y causas sin ley en la explicación biológica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- CHRISTALLER, W. *Die zentrale Orte in Süddeutschland. Eine ökonomische Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtische Funktionen*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft: Darmstadt, 1933 [1980].
- COLLIER, J. Causation is the transfer of information. In: SANKEY, H. (Ed.). *Causation, natural laws and explanation*. Dordrecht: Kluwer, 1999. p. 215-45.
- DARWIN, C. R. *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray, 1859.
- _____. *The variation of animals and plants under domestication*. London: John Murray, v. 2, 1868.
- _____. *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. 6 ed. London: John Murray, 1876.
- DAWKINS, R. *The selfish gene*, Oxford: Oxford University Press, 1976.
- DE REGT, H. W. & DIEKS, D. A contextual approach to scientific understanding. *Synthese*, 144, p. 137-70, 2005.
- DUGATKIN, L. A. *The altruism equation. Seven scientists search for the origins of goodness*. Princeton: Princeton University Press, 2006.
- _____. Inclusive fitness theory from Darwin to Hamilton. *Genetics*, 176, p. 1375-80, 2007.
- ELDRIDGE, N. *Eternal ephemera. Adaptation and the origin of species from the nineteenth century through punctuated equilibria and beyond*. New York: Columbia University Press, 2015.
- FRIEDMAN, M. Explanation and scientific understanding. *The Journal of Philosophy*, 71, 1, p. 5-19, 1974.
- GAYON, J. Mort ou persistance du darwinisme? Regard d'un épistémologue. *C.R. Palevol*, 8, p. 321-40, 2009.
- GIJSBERS, V. A. *Explanation and determination*. Doctoral Thesis. Leiden: Leiden University, 2011. Disponible en: <<https://openaccess.leidenuniv.nl/bitstream/handle/1887/17879/Gijsbers-proefschrift.pdf?sequence=1>>. Acceso: 13 mar. 2016.
- GOULD, S. J. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge: Harvard University Press, 2002.

- HAMILTON, W. D. The evolution of altruistic behavior. *The American Naturalist*, 97, 896, p. 354-6, 1963.
- _____. The genetical evolution of social behavior, I. *Journal of Theoretical Biology*, 7, p. 1-16, 1964a.
- _____. The genetical evolution of social behavior, II. *Journal of Theoretical Biology*, 7, p. 17-52, 1964b.
- HEMPEL, C. G. *Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science*. New York: The Free Press, 1965.
- HEMPEL, C. G. & OPPENHEIM, P. Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, 15, 2, p. 135-75, 1948.
- JAEGER, J. & REINITZ, J. On the dynamic nature of positional information. *BioEssays*, 28, p. 1102-11, 2006.
- KAISER, M. I. et al. (Ed.). *Explanation in the special sciences. The case of biology and history*. Dordrecht: Springer, 2014.
- KAUFFMAN, S. A. Articulation of parts explanation in biology and the rational search for them. PSA: *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, p. 257-72, 1970.
- KITCHER, P. Van Fraassen on explanation. *Journal of Philosophy*, 84, 6, p. 315-30, 1987.
- LIPTON, P. Abduction. In: Sarkar, S. & PFEIFER, J. (Ed.). *The philosophy of science*. London: Routledge, 2006. v. 1, p. 1-3.
- MAYR, E. Cause and effect in biology. *Science*, 134, p. 1501-6, 1961.
- MOCEK, R. *Die werdende Form. Eine Geschichte der Kausalen Morphologie*. Marburg: Basilisken-Press, 1998.
- MOLINER, M. *Diccionario de uso del español*, Madrid: Gredos, 1966. 2v.
- ROUSE, J. Laboratory fictions. *Selected works*. Wesleyan University WesScholar, 2008. Disponible en: <<http://wescholar.wesleyan.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=divifacpbs>>. Acceso: 12 abr. 2016.
- SANKEY, H. (Ed.). *Causation, natural laws and explanation*. Dordrecht: Kluwer, 1999.
- SANMARTÍN, J. *Los nuevos redentores: reflexiones sobre la ingeniería genética, la sociobiología y el mundo feliz que nos prometen*. Barcelona: Anthropos, 1987.
- SARKAR, S. & PFEIFER, J. (Ed.). *The philosophy of science*. London: Routledge, 2006. v. 1.
- SCHAEFER, F. K. *Excepcionalismo en geografía*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1971.
- SUÁREZ, M. Contextos de descubrimiento causal. *Revista de filosofía*, 37, 1, p. 27-36, 2012.
- TOBIN, E. What makes the special sciences special? Exploring methodology of science in the special sciences. In: Renzi, B. G. & Rainey, S. (Ed.). *Noesis: Essays in the history and philosophy of science, philosophy of language, epistemology and political philosophy*. Newcastle: Cambridge Scholars Press, 2005. p. 1-22.
- TURING, A. M. The chemical basis of morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 237, 641, p. 37-72, 1952. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/92463?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acceso: 16 abr. 2016.
- VAN FRAASSEN, B. C. *The scientific image*. Oxford: Clarendon Press, 1980.
- WADDINGTON, C. H. et al. (Ed.). *Hacia una biología teórica*. Madrid: Alianza Editorial, 1976.
- WATSON, J. B. & Crick, F. H. C. Genetical implications of the structure of the deoxoribonucleic acid. *Nature*, 171, p. 964-7, 1953.
- WEHNER, R. Designing the French flag. Introduction to Wolpert Biology of Belief (Ernst Mayr Lecture on 6th November 2001), 2006. Disponible en: <<https://edoc.bbaw.de/frontdoor/index/index/docId/88>>. Acceso en: 09 abr. 2016.
- WINTHER, R. G. *Formal biology and compositional biology as two kinds of biological theorizing*, 2003, PhD Dissertation. Disponible en: <<http://philpapers.org/archive/WINFBA.pdf>>. Acceso: 24 mar. 2016.
- _____. Parts and theories in compositional biology. *Biology and Philosophy*, 21, p. 471-99, 2006.

- WOLPERT, L. Positional information and the spatial pattern of cellular differentiation. *Journal of Theoretical Biology*, 25, p. 1-47, 1969.
- _____. El problema de la bandera francesa: Una contribución al estudio sobre desarrollo y regulación de un patrón. In: WADDINGTON, C. H. et al. (Ed.). *Hacia una biología teórica*. Madrid: Alianza Editorial, 1976. p.145-56.
- _____. One hundred years of positional information. *Trends in Genetics*, v. 12, n. 9, p. 359-64, 1996.
- WOLPERT, L.; TICKLE, C. & MARTINEZ ARIAS, A. *Principles of Development*, 2. ed. New York: Oxford University Press, 2002.
- WOODWARD, J. *Making things happen. A theory of causal explanation*. Oxford: Oxford University Press, 2003.

