

CDD: 501

EL PROBLEMA HEURISTICO EN LA EPISTEMOLOGÍA EVOLUCIONISTA

ALEJANDRO CASSINI

*Conselho Nacional de Investigações Científicas y Técnicas (CONICET),
Campos Salles 1853, Dto. 2,
1429 Buenos Aires,
Argentina*

ac584@columbia.edu

This paper assesses the research program of evolutionary epistemology for the context of discovery of scientific theories. It begins by stating the basic premises of this program, and it points out its Darwinist commitments. Then, it argues that a process of blind variation and selective retention is unable to account for scientific discovery. Epistemic variation is always directed to solve a well-defined problem, and this fact has no analogues in organic variation. The conception of heuristic rules as a sort of biological preadaptation is not sufficient to guarantee that discovery is not a random achievement. In fact, evolutionary epistemology rules out all heuristics that make use of trial and error strategies.

1. INTRODUCCIÓN

El problema de los métodos de descubrimiento científico ha sido durante mucho tiempo una especie de caja negra en el ámbito de la filosofía de la ciencia. La salida de esta caja eran las hipótesis científicas ya elaboradas y listas para la contrastación empírica. Se suponía que los mecanismos internos de esta caja negra, responsables de la invención de nuevas hipótesis, o

bien eran inescrutables porque escapaban a toda racionalidad, o en todo caso, estaban fuera de la competencia del epistemólogo porque eran objeto de la psicología o de la sociología del conocimiento. Actualmente la situación ha cambiado mucho y los procesos heurísticos que desembocan en la generación de novedades teóricas se consideran al menos parcialmente racionalizables. Diversas propuestas epistemológicas, que van desde el descubrimiento por computadora hasta los estudios sociales de la ciencia, incluyen modelos o programas acerca del contexto de descubrimiento. La caja negra se ha vuelto un poco más traslúcida, aunque todavía estamos muy lejos de haber develado los sutiles mecanismos que llevan a inventar una hipótesis. Nadie puede incluso descartar la posibilidad de que exista en este proceso algún residuo irracional que escape a toda regla. En cualquier caso, esta no es una hipótesis prometedora como punto de partida para un programa de investigación. Todo estudio sobre la heurística científica parte, de manera explícita o no, del supuesto de que el proceso de descubrimiento se puede comprender racionalmente, o, lo que es equivalente, que está sujeto a algún tipo de regla, aunque no sea de tipo estrictamente lógico.

Una de las posiciones epistemológicas que incluye un modelo acerca del descubrimiento científico es la llamada epistemología evolucionista. Sus partidarios sostienen que la dinámica del conocimiento científico es en lo esencial un proceso de generación de cambios o variaciones en el conocimiento existente (la elaboración de nuevas hipótesis y teorías), seguido de un proceso de selección de algunas de ellas según su grado de aptitud (en general, su adecuación empírica o resistencia a la contrastación experimental). De manera aproximada, cada uno de estos procesos corresponde, respectivamente,

al contexto de descubrimiento y al contexto de justificación de las hipótesis científicas.

La epistemología evolucionista resulta atractiva para muchos porque propone un programa naturalista para la teoría del conocimiento. Comenzaremos, entonces, por situar el programa evolucionista en el contexto del naturalismo. Luego, caracterizaremos con más detalle las tesis principales de la epistemología evolucionista y plantearemos algunas de las dificultades que debe enfrentar. Finalmente, analizaremos el problema de la heurística de la ciencia a la luz de la posición evolucionista. Concluiremos al respecto que esta posición no consigue elaborar una respuesta plausible al problema de la racionalidad del descubrimiento científico.

2. EPISTEMOLOGÍA NATURALIZADA Y EVOLUCIONISMO

P. Kitcher (1992) ha hablado de un retorno del naturalismo producido en los últimos años en diversas áreas de la filosofía. Una de las características definitorias del naturalismo es el empleo de teorías científicas como base o como instrumento de la actividad filosófica. El naturalismo en general busca inspiración en la ciencia tanto para el planteo como para los intentos de solución de los problemas filosóficos. Es frecuente, aunque no forzoso, que los adherentes a este enfoque se comprometan con posiciones fisicalistas y fuertemente reduccionistas, lo cual llevó a Putnam (1994) a decir que el naturalismo no es más que una nueva manera de llamar al materialismo.

La forma que adopta el naturalismo en la teoría del conocimiento es la epistemología naturalizada¹. De una manera

¹ La expresión proviene de Quine (1969), aunque el programa naturalista tiene antecedentes lejanos en los evolucionistas del siglo

muy general se la puede caracterizar como la tesis de que las teorías científicas tienen relevancia para la elaboración de una teoría del conocimiento. Podemos distinguir dos versiones de esta tesis. (i) La versión débil, que afirma que el conocimiento científico es útil para plantear y resolver problemas filosóficos acerca del conocimiento. Y (ii) la versión fuerte, que sostiene que la teoría del conocimiento es una rama de las ciencias naturales, ya sea de la psicología, de la neurofisiología o de la biología, o bien de una combinación de éstas.

La versión fuerte es la más característica del programa naturalista, y los epistemólogos evolucionistas tienden a adoptar esta posición. De acuerdo con ella, no hay problemas propiamente filosóficos acerca del conocimiento. Es necesario abandonar el intento de construir una epistemología filosófica, puesto que se sustenta en cuestiones mal planteadas y carentes de solución. El proyecto de la epistemología tradicional se inscribe en el ideal irrealizable de una filosofía primera, es decir, de un saber fundamental, carente de supuestos y condición de posibilidad de la construcción de cualquier ciencia. En oposición a esta idea, el naturalista considera que los problemas epistemológicos surgen desde dentro de la propia ciencia, por lo que deben resolverse en ese ámbito sin apelar a una supuesta base transc científica. Concebida de esta manera, la epistemología pierde el carácter fundamentalmente normativo, que ha tenido desde los tiempos de Aristóteles, y se torna esencialmente descriptiva.

La teoría de la evolución les parece a muchos naturalistas el ámbito apropiado para abordar los problemas epistemológicos. Argumentan que los humanos, en tanto seres vivos, caen

XIX, como Spencer y Huxley. Kitcher (1992) y Rosenberg (1996) presentan el estado del tema y reseñan una amplia bibliografía.

bajo el dominio de las leyes o regularidades biológicas. En principio al menos, las teorías biológicas permitirían explicar el desarrollo de todas las capacidades de los seres vivos, desde el movimiento y los instintos hasta la adquisición de las creencias más complejas. Generalmente, los partidarios del naturalismo epistemológico son más explícitos en sus compromisos científicos. Adhieren casi sin reservas al modelo neodarwinista, hasta tal punto que el darwinismo se considera a veces uno de los rasgos esenciales del naturalismo (Rosenberg (1996)). Consecuentemente, destacan el papel de la selección natural como mecanismo causal responsable de la evolución y el cambio orgánico. Casi siempre tienden a pasar por alto los disensos internos que enfrentan a los biólogos darwinistas, señalando, en cambio, el consenso existente acerca de la adaptación como producto de la selección natural. Olvidan en este punto, que incluso los neodarwinistas más ortodoxos admiten que la selección natural no es la única fuerza evolucionista, y que existen otras, como la presión de mutación y la deriva genética, que también son significativas².

El conocimiento humano, según los epistemólogos evolucionistas, debe tratarse en pie de igualdad con todas las capacidades de los seres vivos. El desarrollo del conocimiento es un resultado de la evolución por selección natural. Más precisamente, es una adaptación de los seres vivos a su entorno, tal como lo es la aparición gradual de un miembro nuevo o de un

² Sobre las causas de la evolución cfr. Hoffman (1989), pp. 28-35. Los neodarwinistas ortodoxos, como Mayr (1991), defienden el programa adaptacionista, según el cual la selección natural es la causa fundamental de la evolución de cualquier rasgo. Sober (1993), cap. 5, discute con detalle este programa. Las obras de Hoffman, Sober y Maynard Smith (1988) ofrecen presentaciones valiosas de los disensos dentro del paradigma neodarwinista.

patrón de conducta instintiva. Sólo hay una diferencia de grado entre estos hechos, pero no un cambio esencial o discontinuo. Todo conocimiento es una adaptación y, lo que es más importante, toda adaptación es una forma de conocimiento. Conocimiento y adaptación son equivalentes desde el punto de vista biológico. Por supuesto, aquí se trata de una noción muy amplia de conocimiento que puede caracterizarse como adecuación al entorno de la estructura interna de un organismo. El conocimiento humano (conocimiento proposicional que involucra creencias conscientes) es, así, una especie de adaptación en la cual se efectúa una adecuación entre ciertos estados mentales y el medio ambiente (Plotkin (1995)).

También podemos distinguir dos versiones de la epistemología evolucionista, las cuales son compatibles mientras no se confundan. (i) Una versión *literal*, que sostiene que la evolución biológica es la causa del desarrollo del conocimiento en tanto son los mecanismos de adquisición de conocimiento los que evolucionan por selección natural. Estos mecanismos innatos, como la percepción sensorial, dan cuenta de la adquisición de creencias. Y (ii) una versión *analógica*, aplicada no a los mecanismos generadores, sino a los productos del conocimiento. De acuerdo con ésta, las creencias en general se desarrollan por un proceso semejante a la evolución biológica que se ha denominado selección epistémica (más adelante lo estudiaremos con detalle). Los partidarios de este enfoque pueden tratar a la analogía evolutiva como una ficción útil, sin comprometerse con la verdad literal ni de la selección epistémica, ni de la selección natural. En cambio, muchos adeptos al enfoque literal suelen considerar a la teoría de la evolución neodarwinista como una verdad definitiva y no como una hipótesis falible y provisoria.

La versión literal de la epistemología evolucionista conduce a problemas que son exclusivamente empíricos y que sólo pueden responderse en el ámbito científico. Así, por ejemplo, el conocimiento de la evolución del ojo humano y de la capacidad cerebral para recibir y procesar la información visual puede tener relevancia epistemológica, pero como tal pertenece a la biología y no a la filosofía. En adelante sólo tomaremos en cuenta la versión analógica de la epistemología evolucionista aplicada al caso especial del conocimiento científico.

3. LA EPISTEMOLOGÍA EVOLUCIONISTA

La epistemología evolucionista es casi siempre de carácter analógico. Muchos filósofos y científicos, desde Karl Popper (1972) hasta Murray Gell-Mann (1994), se han sentido deslumbrados por la aparente analogía entre la selección natural de los organismos vivos y el proceso de selección experimental de las hipótesis científicas. Les ha parecido que entre las teorías científicas rivales se produce una suerte de lucha por la vida en la cual sobreviven las más aptas, es decir, aquellas que han resistido exitosamente la contrastación experimental. A partir de esta semejanza general, resulta tentador aventurar la hipótesis de que el conocimiento es un sistema evolutivo de tipo darwinista, que puede comprenderse tomando a la evolución orgánica como modelo analógico.

Para emplear la teoría de la evolución biológica como modelo de la dinámica de las teorías científicas es necesario abstraer previamente ciertos principios generales que caracterizan a todo sistema capaz de evolucionar. En general cualquier sistema vivo que evoluciona lo hace mediante la supervivencia diferencial de ciertas entidades autorreplicadoras. Pero se necesita un grado más de abstracción si el concepto de

evolución se quiere aplicar a sistemas no vivientes. Diversos teóricos lo han intentado. Un modelo de tres principios generales es el de G. Williams y R. Dawkins, basado en los conceptos de Replicadores, Interactores y Linajes (Dawkins (1989)). Otro modelo es el de R. Lewontin que adopta los principios de Variación Fenotípica, Aptitud Diferencial y Herencia de la Aptitud (Lewontin (1978)). Más general es el modelo de D. Campbell (1974a) que toma sólo los principios de Variación Ciega y Retención Selectiva de las variantes. Por su parte, H. Plotkin (1995) sintetiza los modelos de Lewontin-Campbell en uno que utiliza los principios de Generación de Variantes, Prueba o Selección y Reproducción de las variantes seleccionadas. Plotkin llama erróneamente “máquina darwinista” a todo sistema que evoluciona según estos principios, lo cual no es acertado porque un sistema lamarckiano también cumple con ellos. En efecto, los principios no especifican que las variaciones deben ser ciegas y no orientadas, ni que la selección deba hacerse en función del entorno de cada sistema y no de algún fin último.

En términos muy generales para que un sistema cualquiera evolucione deberá cumplir tres funciones abstractas: (i) generar variantes, (ii) seleccionar algunas variantes generadas, y (iii) transmitir las variantes seleccionadas. Estos principios son comunes a las teorías de Lamarck y Darwin. Para discriminar entre ellas es necesario agregar especificaciones a cada función. Por ejemplo, el darwinismo requiere que las variaciones sean espontáneas y aleatorias, y nunca surjan como una respuesta a las necesidades del sistema. No intentaré ahora determinar todas las condiciones necesarias y suficientes para definir un sistema darwinista. Lo que hemos ofrecido es una caracterización *funcional* de los sistemas evolutivos en general, que es independiente de la naturaleza del sistema. En particular es neutral respecto de los mecanismos materiales de la evo-

lución y puede aplicarse a cualquier objeto concreto o abstracto. Todo sistema que cumpla con estas tres funciones es un sistema evolutivo, ya sea un gene o una comunidad científica.

Si aplicamos estos principios generales a la dinámica del conocimiento científico es plausible suponer que la ciencia se desarrolla como un sistema evolutivo. Podemos pensar que las unidades de selección son hipótesis aisladas, sistemas de hipótesis o teorías completas. Para los fines de este trabajo no discriminaré entre estas unidades y hablaré simplemente de teorías. Las variaciones científicas se generan cuando se proponen nuevas teorías; la selección de variaciones se produce cuando se confirman o corroboran algunas de estas nuevas teorías y se descartan las restantes; y la transmisión de las variaciones cuando las teorías confirmadas pasan a formar parte del saber aceptado y se difunden en la enseñanza y los libros.

Este proceso general no tiene ningún compromiso con el darwinismo. Sin embargo, lo característico de la epistemología evolucionista ha sido la apelación a la evolución específicamente darwinista como modelo del desarrollo científico. De hecho, por epistemología evolucionista se entiende epistemología darwinista. El motivo de ello es seguramente la presunción de que el darwinismo describe de manera verosímil la evolución de los seres vivos. Pero aunque así fuera, si la evolución del conocimiento se concibe como una simple analogía, no hay necesidad de que tal evolución siga el modelo darwinista. Creo en verdad que la analogía del conocimiento con la evolución darwinista falla en dos aspectos cruciales: el problema del progreso y el problema del descubrimiento.

Del problema del progreso no me ocuparé aquí. Sólo haré una observación general. Se ha discutido mucho la cuestión de si existe alguna forma de progreso biológico en las diferentes etapas del cambio evolutivo (Castrodeza (1988)). La con-

clusión resultante es en amplia medida negativa. No se ha encontrado ningún criterio válido de progreso biológico general, e incluso hay varios criterios diferentes que pueden entrar en conflicto (por ejemplo, la capacidad de adquirir y procesar energía o información). Si se acepta la existencia de algún tipo de progreso epistemológico, lo cual me parece más que razonable, no se podrá dar cuenta de tal progreso en términos de evolución darwinista. La falta de analogía entre evolución biológica y desarrollo epistemológico es más profunda para el realista que concibe el progreso científico como aproximación a la verdad. Desde el punto de vista evolucionista no se puede dar sentido a esta idea, ya que la evolución darwinista no está por principio dirigida hacia ninguna meta o fin último. Tampoco tiene equivalente biológico la tendencia de la ciencia hacia la unificación de teorías, ya que la senda de la evolución muestra de hecho el camino inverso, una tendencia hacia la diversificación de las especies. En suma, la epistemología evolucionista resulta difícilmente compatible con el realismo científico y parece adecuarse mejor a una concepción instrumentalista o pragmatista de la ciencia³.

4. LA HEURISTICA EVOLUCIONISTA

La heurística del método científico presenta otro problema importante para la epistemología evolucionista en su enfoque darwinista. La primera función de un sistema evolutivo consiste en introducir variaciones en el sistema. De acuerdo con la ortodoxia darwinista las variaciones deben ser aleatorias

³ Campbell (1974a) pp. 450-451, ya había advertido esta dificultad, que se convirtió en recurrente para los evolucionistas. Cfr. Skagestad (1978).

o ciegas, similares a las que se producen en el nivel genético. Si la analogía con la evolución epistémica se lleva hasta sus últimas consecuencias, se deberá aceptar que las novedades científicas, las nuevas teorías, se introducen por un proceso de variación ciega. Tal proceso puede prescindir de cualquier clase de norma heurística o regla de descubrimiento. Así llegamos a la idea paradójica de que todo descubrimiento científico se produce por azar, tal como ocurre con cualquier variación genética favorable. Muy pocos epistemólogos evolucionistas están dispuestos a llevar la analogía darwinista hasta este punto, pues, como veremos, introducen cambios en el nivel heurístico que desembocan en un cuadro menos crudo.

Campbell (1974a), pp. 421, proporciona un análisis detallado del concepto de variación ciega. Según él, una variación es ciega si cumple las tres condiciones siguientes. (i) Debe ser independiente de las condiciones del medio ambiente en el momento en que se produce. (ii) Las variaciones exitosas no deben ser más probables que cualquier otra variación, incluyendo las no exitosas. (iii) La variación subsiguiente a una variación incorrecta nunca es una corrección de la anterior.

Estas condiciones son tan exigentes que sólo pueden cumplirlas los métodos de descubrimiento por azar o por fuerza bruta. En particular, ningún método de *ensayo y error* es posible sin violar la tercera condición. En todo método de esta clase el ensayo que sigue a un ensayo erróneo representa una corrección respecto de éste. Piénsese en un sistema de tiro automático: si el primer disparo cae a la izquierda del blanco, el sistema corregirá el próximo disparo girando el cañón hacia la derecha; y así hasta acertar. Sólo por fuerza bruta (disparando a todas las direcciones posibles) o por azar (disparando aleatoriamente en cualquier dirección) podría un sistema de tiro operar por medio de variaciones ciegas. Otro buen ejemplo es

el de la búsqueda de una palabra en un diccionario que no tenga índice marcado en los bordes. Generalmente procedemos por ensayo y error: buscamos la primera letra de la palabra abriendo el diccionario en un lugar que pensamos aproximadamente cercano (por ejemplo, cerca del comienzo si la palabra empieza con la letra B, o cerca del final si empieza con la letra V). Una vez que hallamos la primera letra, aplicamos el mismo procedimiento con la segunda letra de la palabra; y así sucesivamente hasta encontrarla. Cada paso del proceso representa una corrección del anterior, y en ello se encuentra la característica fundamental de cualquier proceso de ensayo y error. La búsqueda por azar consistiría en este caso en abrir y cerrar el diccionario hasta encontrar la página correcta, mientras que la búsqueda por fuerza bruta sería pasar una a una todas las páginas y en cada página revisar una a una todas las palabras.

La búsqueda por medio de variaciones ciegas sólo puede hacerse al azar o por métodos de fuerza bruta. Pero si el descubrimiento científico dependiera exclusivamente de estas dos formas, sería completamente improbable, ya que el campo de las variaciones posibles es infinito, o bien finito pero ilimitadamente amplio. Este es un punto que ya había sido advertido claramente por C.S Peirce (CP. V, 591). La improbabilidad de hallar una teoría científica por puro azar es tan grande como para desalentar cualquier emprendimiento de búsqueda por variación ciega. Ello no implica que no existan ocasionalmente descubrimientos por azar. Se los ha estudiado con bastante detalle (Taton (1955); Roberts (1989); Van Andel (1994)). De la multitud de casos históricos de descubrimiento accidental se desprenden dos regularidades o tendencias que quisiera señalar. La primera es que prácticamente no hay casos de descubrimiento de leyes o teorías por azar. En la gran mayoría de los

casos el descubrimiento accidental se refiere a un nuevo objeto o tipo de objeto (sea un cometa, una sustancia química, o los rayos X) o una nueva propiedad de un objeto conocido (por ejemplo, el carácter antibiótico de la penicilina). La segunda es que frecuentemente el descubrimiento por azar se produce en el contexto de un plan de investigación guiado por determinadas hipótesis heurísticas. Tales descubrimientos no son el producto de un proceso intencional de variación ciega, sino un subproducto inesperado (y a veces casual) de un cierto programa heurístico.

Campbell y otros epistemólogos evolucionistas reconocen la improbabilidad del descubrimiento de hipótesis por azar y admiten que las variaciones científicas se hallan limitadas por el conocimiento previamente adquirido (Campbell (1974a) p. 422; (1974b), p. 152). Este conocimiento previo se manifiesta bajo la forma de reglas heurísticas, una de cuyas funciones es precisamente limitar el número de hipótesis o teorías admisibles. Un buen ejemplo de tales reglas lo brindan los principios de conservación en la física. Frente a un fenómeno anómalo el físico siempre busca en primera instancia una explicación que no viole las leyes de conservación admitidas. Esto restringe de manera notable el ámbito de las hipótesis que se considera razonable proponer. No obstante, aunque admiten que las variaciones científicas no son infinitas, los evolucionistas sostienen que las reglas heurísticas que las limitan son ellas mismas el resultado de un proceso de variación ciega y selección retentiva.

Para explicar el papel de los principios heurísticos los evolucionistas apelan al concepto biológico de *preadaptación* (Stein y Lipton (1989), Stein (1992)). Dicho concepto se introdujo en la teoría de la evolución para dar cuenta de la formación de organismos o rasgos de alto grado de complejidad, para los cuales la probabilidad de formación a partir de varia-

ciones aleatorias es extremadamente baja. De esta manera, un órgano complejo se desarrolla a partir de otro órgano rudimentario que constituye una preadaptación. Un organismo que desarrolla una adaptación a un determinado ambiente, por ejemplo un cierto tipo de aletas para nadar mejor, puede luego emplearla para adaptarse a otro ambiente, en este caso como patas rudimentarias para desplazarse fuera del agua. Se dice, entonces, que las aletas constituyen una preadaptación para la locomoción terrestre. Las preadaptaciones restringen el ámbito de las posibles variaciones que puede admitir un órgano u organismo sin destruir su estructura o perecer. También se ha sostenido que guían a las ulteriores variaciones orgánicas, pero esta idea no se acepta sin reserva entre los biólogos darwinistas, ya que parece introducir algún ingrediente teleológico en el proceso evolutivo⁴.

En la epistemología evolucionista las reglas heurísticas se conciben como preadaptaciones epistémicas, análogas a las preadaptaciones biológicas. Tales reglas contienen, entre otros elementos, buena parte del saber vigente sobre un determinado tema en un momento dado. Este saber restringe el dominio de las posibles variaciones futuras a aquellas hipótesis que consisten en modificar el conocimiento heredado, o bien a aquellas que son compatibles con ese conocimiento (o a una combinación de ambas cosas). De este modo, las nuevas hipótesis científicas no se inventan por un proceso de variación ciega sobre un campo ilimitado de posibilidades, sino sobre un espacio restringido y más o menos delimitado por el saber preexistente.

Creo que considerar a las reglas heurísticas como preadaptaciones tiene al menos dos dificultades. La primera y más

⁴ Cfr. Dennett (1995), pp. 267-282, para una discusión de este punto.

evidente es que las mismas objeciones acerca de la improbabilidad de descubrir teorías científicas por variación ciega pueden aplicarse también al descubrimiento de reglas heurísticas. Una respuesta posible sería postular la existencia de reglas heurísticas de segundo nivel que restringen las posibilidades y permiten el descubrimiento de las reglas de primer nivel, pero con ello se recae en un regreso al infinito. Para evitar este regreso, los evolucionistas aceptan que existe una jerarquía finita de reglas heurísticas ($H_1, H_2 \dots, H_i$) que tiene un comienzo en un proceso de variación ciega (Stein y Lipton (1989), p. 42). Es difícil que la objeción resulte superada por este argumento, sobre todo si se tiene en cuenta la diferencia de escala temporal entre la evolución orgánica y la evolución epistémica. La evolución de la vida sobre la Tierra cubre un período de más de mil millones de años. El conocimiento, y en especial la ciencia, surgió y se desarrolló en un lapso de unos pocos miles de años, por lo que sigue pareciendo altamente improbable que haya sido originado por un proceso de variación ciega.

La segunda dificultad es que el descubrimiento científico es un proceso esencialmente dirigido, a diferencia de la evolución biológica. Suponer que el descubrimiento no está orientado equivale a decir que las nuevas hipótesis se proponen independientemente de los problemas que se quieren resolver o de los fenómenos que se intentan explicar. Parece obvio que esto es de hecho falso, ya que la investigación científica no procede de esta manera. Ninguna hipótesis resulta por azar explicativa de un fenómeno, puesto que generalmente surge como respuesta a un problema planteado en el contexto del conocimiento preexistente. La respuesta de los epistemólogos evolucionistas a esta dificultad es ambigua. El ya citado trabajo de Stein y Lipton (1989), que es el estudio más detallado de la cuestión, proporciona un buen ejemplo de esta actitud. Por

una parte, estos autores niegan que muchas variaciones epistémicas sean realmente guiadas o dirigidas conscientemente por un proceso de búsqueda racional. Más bien, son el resultado de lo que llaman, de manera algo pomposa, "caos oculto" (pp. 38-39), esto es, procesos de variación aleatoria que son inconscientes o voluntariamente ocultados por el sujeto. Los descubrimientos casuales se encuentran bajo esta categoría. Por otra parte, admiten que estos procesos no dirigidos son incapaces de producir hipótesis complejas como las que componen las teorías científicas. Aquí deben intervenir las reglas heurísticas como guía del proceso de búsqueda.

Creo que llevada hasta este punto la analogía entre preadaptaciones biológicas y reglas heurísticas ya no puede mantenerse. La manera en que puede decirse que unas y otra guían la generación de variaciones futuras es completamente diferente. Las variaciones orgánicas, aunque estén restringidas por preadaptaciones, nunca surgen como respuesta a los cambios del medio ambiente, ni a las necesidades del organismo. Tampoco se proponen mejorar la adaptación del organismo, puesto que no tienen finalidad alguna. Las hipótesis científicas, en cambio, son una respuesta directa a las necesidades específicas creadas por un problema o conjunto de problemas bien determinado. Toda búsqueda científica se dirige, por lo menos, a la meta que consiste en resolver problemas, y los cambios en la formulación del problema son reconocidamente una de las claves heurísticas que hacen posible el hallazgo de la solución. Independientemente de un problema dado, el mismo conjunto de reglas heurísticas generará muchas hipótesis, la mayoría de las cuales será irrelevante para el problema en cuestión. Ningún científico perdería su tiempo proponiendo hipótesis que no considere como un intento de solución a los problemas que quiere resolver. Pero de acuerdo con la posición evolucion-

nista se debería ensayar a ciegas todas las hipótesis que una determinada heurística permita producir, hasta que una de ellas, por puro azar, resulte la solución al problema.

La analogía darwinista no es capaz de dar sentido a la idea de que una hipótesis científica es siempre una respuesta a un problema determinado. Las reglas heurísticas, entendidas como preadaptaciones epistémicas, no proporcionan una guía para la solución de problemas, ya que ello presupone una respuesta a las necesidades planteadas por el entorno, así como una meta a alcanzar. Si el descubrimiento o la invención de hipótesis científicas quiere considerarse en términos evolucionistas, un modelo de tipo lamarckiano parece más adecuado que uno darwinista (Perkins (1994), p. 129). Los epistemólogos evolucionistas se niegan a tomar este camino, alegando que el lamarckismo es una teoría empíricamente refutada. Sin embargo, esta no es una razón aceptable para quien toma a la evolución epistémica como una mera analogía, que no lo compromete con la verdad literal de la teoría lamarckiana. Sospecho que detrás de esta actitud se encuentra la creencia de que la epistemología evolucionista tiene como fin último proporcionar una explicación literal del desarrollo del conocimiento en términos evolutivos. Si así fuera, los modelos analógicos de evolución epistémica serían meramente provisionarios, resultado de nuestra falta de conocimiento de los procesos biológicos que subyacen a los procesos cognitivos.

La crítica más frecuente a la epistemología evolucionista es la que señala el carácter dirigido de las variaciones científicas (Ruse (1986), Cap. 2). En respuesta a ella, los partidarios del darwinismo epistemológico sostienen que cuando se busca algo nuevo y verdaderamente desconocido no hay otra opción que proceder a ciegas. Los procesos de ensayo y error dirigidos

sólo son posibles cuando se conoce de antemano cuál es la meta a alcanzar. Así ocurre en los ejemplos del sistema de tiro automático o del diccionario, donde ya se conocen el blanco que se quiere destruir o la palabra que se busca. Pero éstos, agregan, no son procesos creativos, no introducen novedades ni permiten descubrir algo previamente desconocido. La creación de lo nuevo se alcanza explorando a ciegas el espacio de las posibilidades. Las reglas heurísticas pueden restringir ese espacio de posibilidades, pero son incapaces de orientar la investigación hacia una meta determinada, por la simple razón de que no se la conoce.

Me parece que la respuesta a este argumento se halla reconociendo el hecho de que en la ciencia nunca se busca aquello que es completamente desconocido. Siempre se tiene una idea previa de los rasgos generales que debe tener una teoría, y esta idea es la que guía la búsqueda. En general, es imposible buscar lo que es radicalmente desconocido; en primer lugar porque no se sabría qué cosa buscar (como dice el famoso dilema platónico del *Menón*, 80e); y en segundo lugar porque no se podría reconocer el hallazgo cuando se lo hiciera. Para poder buscar algo se deben conocer previamente algunas de las categorías generales que se aplican a la entidad buscada, en suma, saber qué tipo de cosa se busca.

En el caso del descubrimiento científico, las reglas heurísticas frecuentemente proporcionan el saber previo que guía la búsqueda de nuevas teorías e hipótesis. No sólo restringen el campo de las posibilidades, sino que dirigen u orientan hacia la teoría apropiada. La gran mayoría de las grandes leyes y teorías científicas, desde la ley de caída de los graves hasta la relatividad general y la mecánica cuántica, no surgieron de un proceso de variación ciega, sino que fueron el resultado de

aproximaciones sucesivas orientadas por reglas heurísticas de dos tipos. Reglas generales, que se aplican en diversos dominios, entre las cuales hay principios metafísicos, como el de causalidad, y requisitos formales lógicos o matemáticos. Y reglas específicas, que son enunciados empíricos de máxima generalidad dentro de un ámbito restringido, por ejemplo, los principios de conservación (energía, momento, carga eléctrica) en la física⁵.

5. EL DESCUBRIMIENTO DE LA RELATIVIDAD GENERAL

Un excelente ejemplo de búsqueda guiada por la formulación de un problema y el empleo de reglas heurísticas lo proporciona el descubrimiento de las ecuaciones de la relatividad general de Einstein. Aquí sólo podemos esbozar la manera en que Einstein planteó el problema y el uso heurístico que le dió a los principios de equivalencia y de covarianza general.⁶

La situación problemática en la que se encontraba Einstein después de haber elaborado su teoría de la relatividad especial era la siguiente. Su estudios mostraban que la teoría electromagnética de Maxwell era perfectamente compatible con la relatividad especial, pero no ocurría lo mismo con la física gravitacional de Newton. ¿Dónde estaba la incompatibilidad? El contenido esencial de la relatividad especial puede resumirse en la tesis que afirma que las ecuaciones que expresan las leyes de la naturaleza referidas a un sistema inercial son in-

⁵ Una presentación más detallada de las reglas heurísticas se encuentra en Cassini (1996).

⁶ La bibliografía sobre este tema es abundante y compleja. Zahar (1989) ofrece un estudio detallado de la relatividad desde el punto de vista heurístico. Cfr. También Pais (1982) y Sánchez Ron (1985).

variantes bajo el grupo de las Transformaciones de Lorentz. Las ecuaciones de Maxwell son efectivamente invariantes respecto de tales transformaciones, pero la ley de gravitación de Newton no lo es. Era necesario, pues, elaborar una teoría relativista de la gravitación. A comienzos de 1907 Einstein tenía clara conciencia de que esta situación constituía un problema conceptual tanto para la relatividad especial como para la gravitación newtoniana, y sabía que había dos caminos posibles de investigación. El primero consistía en modificar la teoría de Newton de modo que esta se hiciera compatible con la relatividad especial; el segundo involucraba la construcción de una nueva teoría de la gravitación en un marco conceptual relativista que superara a la relatividad especial. Einstein desechó el primer camino y adoptó el segundo. Las razones de esta decisión, que lo condujo finalmente a la creación de la teoría de la relatividad general, todavía esperan un esclarecimiento definitivo⁷. Pero una vez que se decidió a modificar la relatividad especial, Einstein tenía ante sí un problema bien definido y el comienzo de un programa de búsqueda.

Tanto el principio de covariancia general de las ecuaciones como el principio de equivalencia entre inercia y gravitación desempeñaron una importante función heurística en el pensamiento de Einstein. El principio de covariancia general, que es puramente formal, no determinaba cuáles eran las ecuaciones del campo gravitatorio, pero establecía un rasgo matemático de tipo general: que debían tener la misma forma en cualquier sistema de coordenadas. Como consecuencia de

⁷ Torretti (1993) contiene un estudio sugerente de este punto. Como señala el autor, la publicación de manuscritos inéditos de Einstein del período 1907-1915 podría cambiar notablemente el estado de la cuestión.

ello se restringían los posibles candidatos, pero además se daban indicios positivos acerca de cómo debían ser esas ecuaciones. Esos indicios surgían por comparación con las propiedades de otras ecuaciones generalmente covariantes. El principio de covariancia general se empleó, por consiguiente, como una regla heurística de tipo general.

El principio de equivalencia, que tiene un carácter empírico, afirma que la masa inercial de un cuerpo es idéntica a su masa gravitatoria. Este hecho era bien conocido en la física clásica y había sido corroborado experimentalmente por R. Von Eötvös en 1889, por medio de una prueba de muy alta precisión. Se hallaba comprobado, entonces, que todos los cuerpos que caen libremente en un campo gravitatorio dado experimentan la misma aceleración, cualquiera sea su masa y su composición interna. Einstein sacó de este hecho la consecuencia de que no es posible distinguir, mediante experimentos mecánicos, entre un laboratorio en movimiento uniformemente acelerado respecto de un referencial inercial y un laboratorio inmerso en un campo gravitatorio uniforme que se encuentre en reposo respecto del mismo referencial. Si la aceleración uniforme del primer laboratorio es igual y opuesta a la aceleración de la gravedad en el segundo, la equivalencia entre inercia y gravitación implica que ambos son indistinguibles. Así, pues, un referencial inercial en caída libre (y sin rotación) en un campo gravitatorio homogéneo no puede distinguirse localmente de un referencial inercial⁸. Igualmente se sigue del

⁸ Esta equivalencia sólo vale localmente, es decir, en pequeñas regiones del espacio-tiempo. A gran escala los referenciales en caída libre pueden distinguirse porque experimentan fuerzas de marea, de-

principio de equivalencia que un referencial en reposo en un campo gravitatorio no puede ser inercial, ya que es equivalente a un sistema acelerado.

Todas las conclusiones anteriores pueden obtenerse en el marco de la física clásica; sin embargo, Einstein las empleó para llegar a las ideas centrales de la relatividad general. Su primer resultado fue que los sistemas inerciales sólo existen localmente, en regiones lo suficientemente pequeñas como para considerar que el campo gravitatorio es allí uniforme. Esto se sigue del principio de equivalencia junto con la constatación empírica de que el campo gravitatorio no es uniforme a escala global en el universo conocido. En consecuencia, la relatividad especial, que se refiere a sistemas inerciales, sólo puede valer localmente y de manera aproximada como descripción del mundo físico. El segundo y más importante resultado que Einstein obtuvo a partir del principio de equivalencia es la idea de eliminar geoméricamente la fuerza de gravedad integrándola a la estructura métrica y afín del espacio-tiempo. De este modo, los fenómenos gravitatorios muestran simplemente la estructura geométrica del espacio-tiempo. Einstein advirtió que el principio de equivalencia podía interpretarse de tal manera que implicara que el espacio-tiempo es curvo, aunque localmente plano. Para ello era necesario identificar la trayectoria de una partícula en caída libre con una geodésica del espacio-tiempo curvo. Una vez dado este paso, la gravitación puede dejar de concebirse como un campo de fuerzas y pasar a ser parte de la estructura geométrica del espacio-tiempo.

bido a la no uniformidad del campo gravitatorio en grandes regiones del espacio-tiempo.

En todo este proceso el principio de equivalencia se empleó como una regla heurística específica de la física gravitacional. Sirvió como guía para la búsqueda de una teoría relativista de la gravitación (la relatividad general) y, además, permitió descubrir ciertas características generales que más tarde se revelarían comunes a todas las teorías métricas de la gravitación.

A. Pais (1982), p. 178, transcribe parte de un manuscrito de Einstein de 1920 en el que éste se refiere a su descubrimiento de 1907 (el hecho de que un referencial en caída libre es localmente inercial) como “el pensamiento más feliz de mi vida”. Tal descubrimiento, sin embargo, no tuvo nada de azaroso, puesto que se dió en el preciso momento en que Einstein trabajaba en el problema de, según sus propias palabras, “modificar la teoría newtoniana de la gravedad de modo tal que sus leyes concordaran con mi teoría”. La hipótesis afortunada había surgido como respuesta a un problema bien determinado; no fue el resultado de una variación ciega o aleatoria.

6. CONCLUSIONES

El análisis que hemos realizado muestra que hay semejanzas importantes entre la evolución orgánica y el desarrollo del conocimiento científico. Estas diferencias sugieren que no es conveniente persistir en la conceptualización del cambio científico mediante un modelo rígidamente darwinista.

La analogía fundamental que los epistemólogos evolucionistas encuentran entre el desarrollo de la ciencia y la evolución de los seres vivos se refiere básicamente al contexto de justificación de las hipótesis científicas. Más precisamente, al modo de contrastar empíricamente las teorías y seleccionar una entre varias hipótesis o teorías rivales. Este proceso puede

concebirse como análogo a la selección natural entre organismos. El resultado del proceso será una teoría empíricamente adecuada respecto de la evidencia disponible, hecho que es semejante a la adaptación de un organismo a su medio ambiente. Así como la adaptación orgánica es relativa a un entorno dado, la adecuación empírica es relativa a un cuerpo de evidencia. Ambas son provisorias y pueden cambiar cuando el entorno o la evidencia se modifiquen. Hasta este punto la analogía es aceptable en términos generales.

Existen, sin embargo, aspectos del contexto de justificación en los cuales la analogía evolucionista no puede mantenerse. Ante todo, el proceso de selección epistémica por sí solo no es suficiente para calificar a la ciencia como un sistema evolutivo, y mucho menos como un sistema darwinista. Por otra parte, la selección de hipótesis científicas no se hace con criterios de eficacia biológica. Sería casi absurdo decir que preferimos la teoría de la gravitación de Einstein en vez de, digamos, la de Brans-Dicke porque la teoría de Einstein favorece nuestra reproducción diferencial. Las teorías científicas se seleccionan de acuerdo con criterios epistemológicos (consistencia lógica, simplicidad, coherencia con otras teorías aceptadas) que no tienen análogo en el proceso de selección natural de organismos. Hay, es cierto, una cierta semejanza entre la adecuación empírica de una teoría y la adaptación de un organismo a su medio ambiente. Pero es difícil proseguir más allá de esta simple analogía. La adecuación empírica nunca es el único criterio de selección de teorías; y respecto de otros criterios, la selección epistémica difiere de la selección natural.

Respecto del contexto de descubrimiento de las teorías científicas la epistemología evolucionista resulta mucho menos adecuada que respecto del contexto de justificación. El descu-

brimiento científico puede caracterizarse como un proceso de ensayo y error restringido y orientado por reglas heurísticas generales y específicas. Este proceso no tiene un análogo en la evolución orgánica. Las variaciones científicas están orientadas a la resolución de un problema determinado, pero las variaciones orgánicas de los seres vivos son aleatorias e independientes de los problemas que el organismo deba enfrentar. La analogía entre ambas formas de cambio no queda restablecida apelando a la idea de preadaptación biológica. Un modelo lamarckiano, que admita variaciones dirigidas, podría ser más adecuado para comprender el proceso de descubrimiento de hipótesis, aunque no me parece muy prometedor como programa de investigación. La razón de ello es que la evolución lamarckiana se considera una teoría por el momento refutada, y consiguientemente no ha sido objeto de desarrollos significativos.

La epistemología evolucionista, en su variante mayoritariamente darwinista, no parece estar en condiciones de aportar un modelo adecuado para la heurística del conocimiento científico. Una perspectiva lamarckiana, si se la toma de manera puramente analógica y no literalmente, podría aportar elementos interesantes, pero todavía no ha sido suficientemente explorada. La epistemología evolucionista debe afrontar severas dificultades para convertirse en una teoría filosófica aceptable. En este trabajo he señalado algunas de esas dificultades, pero no sugiero que sean insuperables. Puesto que estamos ante un programa de investigación relativamente reciente, es necesario aguardar futuros desarrollos para evaluarlo de manera más justa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, D.T. (1974a). "Evolutionary Epistemology", en: P.A. SCHILPP (ed.) *The Philosophy of Karl Popper* (La Salle, Open Court), pp. 413-463.
- . (1974b). "Unjustified Variation and Selective Retention in Scientific Discovery", en: AYALA, F. J. y Th. DOBZHANSKY (eds.), *Studies in the Philosophy of Biology* (London, Macmillan), pp. 139-161.
- CASSINI, A. (1996). "Ensayo y error restringido y orientado. Esquema de una lógica del descubrimiento científico", en: *Análisis Filosófico*, XVI, 1, pp. 67-82.
- CASTRODEZA, C. (1988). *Ortodoxia Darwiniana y Progreso Biológico* (Madrid, Alianza).
- DAWKINS, R. (1989). *The Selfish Gene*, 2nd Edition (Oxford, Oxford University Press).
- DENNETT, D. (1995). *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and The Meanings of Life* (New York, Simon & Schuster).
- GELL-MANN, M. (1994). *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex* (San Francisco, Freeman & Co.).
- HOFFMAN, A. (1989). *Arguments on Evolution: A Paleontologist's Perspective* (New York, Oxford University Press).
- KITCHER, P. (1992). "The Naturalists Return", *Philosophical Review*, Vol. 101, N^o 1, pp. 53-114.

- LEWONTIN, R. (1978). "Adaptation", *Scientific American*, **239**, pp. 156-169.
- MAYNARD SMITH, J. (1988). *Did Darwin Get it Right? Essays on Games, Sex and Evolution* (Harmondsworth, Penguin Books).
- MAYR, E. (1991). *One Long Argument: Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought* (Cambridge, Mass., Harvard University Press).
- PAIS, A. (1982). 'Subtle is the Lord...' : *The Science and the Life of Albert Einstein* (Oxford, Clarendon Press).
- PEIRCE, C.S. *Collected Papers*, ed. C. Hartshorne y P. Weiss (Cambridge, Mass., Harvard University Press), 1931-1958.
- PERKINS, D.N. (1994). "Creativity: Beyond the Darwinian Paradigm", en: BODEN, M. (ed.), *Dimensions of Creativity* (Cambridge, Mass., The MIT Press), pp. 119-142.
- PLOTKIN, H. (1995). *Darwin Machines and the Nature of Knowledge* (Harmondsworth, Penguin Books).
- POPPER, K.R. (1972). *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach* (Oxford, Clarendon Press).
- PUTNAM H. (1994). *Renewing Philosophy* (Cambridge Mass., Harvard University Press).
- QUINE, W.V. (1969). *Ontological Relativity and Other Essays* (New York, Columbia University Press).

- ROBERTS, R.M. (1989). *Serendipity: Accidental Discoveries in Science* (New York, John Wiley & Sons).
- ROSENBERG, A. (1996). "A Field Guide to Recent Species of Naturalism", *British Journal for the Philosophy of Science*, **47**, pp. 1-29.
- RUSE, M. (1986). *Taking Darwin Seriously* (Oxford, Blackwell).
- SANCHEZ RON, J.M. (1985). *El Origen y Desarrollo de la Relatividad* (Madrid, Alianza).
- SKAGESTAD, P. (1978). "Taking Evolution Seriously. Critical Comments on D.T. Campbell's Evolutionary Epistemology", *The Monist*, **61**, pp. 611-621.
- SOBER, E. (1993). *Philosophy of Biology* (Boulder, Westview Press).
- STEIN, E. (1992). "Evolutionary Epistemology", en: J. DANCY y E. SOSA (Eds.), *A Companion to Epistemology* (Oxford, Blackwell), pp. 123-125.
- STEIN, E. y P. LIPTON (1989). "Where Guesses Come From: Evolutionary Epistemology and the Anomaly of Guided Variation", *Biology and Philosophy*, **4**, pp. 33-56.
- TATON, R. (1955). *Causalités et Accidents de la Découverte Scientifique* (Paris, Masson).
- TORRETTI, R. (1993). "Una idea feliz", *Revista Latinoamericana de Filosofía*, **XIX**, **2**, pp. 289-301.

VAN ANDEL, P. (1994). "Anatomy of Unsought Finding. Serendipity: Origin, History, Domains, Traditions, Appearances, Patterns and Programmability", *British Journal for the Philosophy of Science*, **45**, pp. 631-648.

ZAHAR, E. (1989). *Einstein's Revolution: A Study in Heuristic* (La Salle, Open Court).

