

6

UNA RESPUESTA AL DESAFÍO DE CAMPBELL: LA EVOLUCIÓN Y EL ATRINCHERAMIENTO DE LAS TÉCNICAS*

Sergio F. Martínez

§ 1. INTRODUCCIÓN

En un trabajo reciente (1990), Campbell trata de formular una respuesta a las objeciones repetidas durante varias décadas en contra de los proyectos de la naturalización de la epistemología, y en particular del modelo evolucionista de la epistemología que él propone. Campbell acepta que las críticas tienen fundamento, ya que los modelos evolucionistas de la historia de la ciencia son “epistemológicamente vacíos”: su descripción de la continuidad de las creencias, de la propagación diferencial de linajes, de la retención selectiva de variantes y de la especiación de comunidades de creyentes, son descripciones que pueden aplicarse tanto a la historia de las sectas religiosas como a la historia de la ciencia. *Según Campbell, lo que hay que especificar, y en esto consiste su reto, es el tipo de “conocimiento” que se necesita explicar por medio de los modelos evolucionistas del conocimiento. La respuesta de Campbell, a grandes rasgos, es la siguiente: el tipo de conocimiento que requiere explicación, el tipo de conocimiento característico de la ciencia, está constituido en su totalidad por “inducciones incompletas”.*

Para Campbell, estas inducciones incompletas designan los rasgos más característicos de las teorías científicas, su subjetificación y subdeterminación.

* Esta investigación se ha realizado como parte de mi trabajo en los proyectos de investigación IN-600289, IN-600192 e IN-400794 de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México. Agradezco a Edna Suárez sus comentarios a una primera versión de este trabajo y el haberme proporcionado el ejemplo que utilizo en la sección 5. Una versión anterior apareció en *Diánoia*, vol. 41 no. 41, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM/Fondo de Cultura Económica, 1995.

Él propone luego que hablemos de “epistemologías seleccionistas” en lugar de “epistemologías evolucionistas”, y que de acuerdo con lo sugerido por esta nueva terminología nos limitemos a tratar de explicar aquello que aparezca como “diseñado para adecuarse” (*designed-to-fit*). Ahora bien, para Campbell los problemas de este tipo en la epistemología tienen que ver con los problemas de la adecuación de las creencias con el referente.

Campbell se considera a sí mismo dentro de la tradición epistemológica de Descartes y Kant en tanto que en ella se sostiene este tipo de adecuación para algunas creencias y al mismo tiempo se acepta como problemática. Cualquier intento por fundamentar este tipo de tradición epistemológica corre el riesgo de caer en un círculo vicioso, o en una búsqueda del fundamento *ad infinitum*. La teoría de la selección, según Campbell, permite formular una respuesta que no es fundamentalista. Lo que Campbell nos ofrece como respuesta, sobre la base de la teoría de la selección y de su interpretación del problema central de la epistemología desde esta perspectiva, es un complejo mecanismo sociológico de persuasión interna a las comunidades científicas, de retención de las creencias y del cambio conceptual que hace verosímil que en algunas tradiciones científicas los referentes de las creencias hayan participado en la selección de nuevos consensos con respecto a las creencias.

En resumen, lo que se ofrece es una teoría causal de la referencia que no está basada en una concepción clásica de la causalidad (formulada en términos de transferencia de energía, contigüidad y prioridad temporal), sino en el tipo de causalidad “indirecta” modelada en la teoría de la selección orgánica (y en la generalización que Campbell propone). Esta teoría causal de la referencia es la base de lo que Campbell llama *el dogma seleccionista*: para que una creencia tenga referencia competente, el referente debe participar (así sea de manera muy indirecta y parcial) en la selección de la creencia.

Sin embargo, como veremos en la sección siguiente, si se toma en serio que la teoría de la evolución por selección natural es causal en un sentido que no es el clásico, la identificación del referente de una creencia no puede hacerse independientemente del contexto impuesto por los diferentes escenarios adaptativos en los que se identifica al referente. Tomar en serio la idea de que la teoría de la evolución por selección natural es causal en un sentido no clásico tiene implicaciones que de hecho no permiten que una respuesta como la de Campbell sea viable. La respuesta de Campbell no es satisfactoria, pero su desafío sigue en pie.

Después de mostrar las dificultades de una respuesta como la de Campbell en la sección 2 pasaré a examinar brevemente, en la sección 3, el concepto de tradición científica y, en particular, de tradición experimental. En la sección 4 ofrezco una breve presentación del concepto de regla heurística y del sentido en el que puede decirse que los conjuntos de reglas heurísticas evolucionan. Las

reglas heurísticas constituyen lo que llamo *estructuras heurísticas*, las cuales son características de la producción de conocimiento en las tradiciones experimentales. En las secciones 5 y 6 estudio el concepto de variación de técnicas (heurísticas y experimentales) y muestro cómo se satisface el criterio de la agregatividad de las variaciones en ese caso. La sección 7 explora algunas implicaciones de la discusión anterior para un proyecto de naturalización de la epistemología basado en el uso de modelos evolucionistas. La sección 8 presenta un breve resumen y una conclusión.

§ 2. EL CONCEPTO NO CLÁSICO DE CAUSALIDAD EN LA BIOLOGÍA EVOLUCIONISTA

El “realismo hipotético” de Campbell parece sustentarse en el supuesto de que existe una red causal humeana que nos debería permitir identificar un objeto independientemente de la caracterización que demos de él en los diferentes contextos de su adaptación. En la medida en que los objetos o individuos que desempeñan un papel en nuestras explicaciones pueden describirse por medio de una teoría de acción local regida por leyes universales sin excepciones, podemos identificar, de manera no problemática, sucesos por medio de leyes causales. La identificación de los diferentes individuos a través de mundos posibles ocurre en términos de su historia causal. Sin embargo, como veremos en esta sección, si abandonamos la idea de que el mundo es humeano, no hay razón para pensar que esta manera de identificar individuos se aplique en los contextos adaptativos, cuya construcción es un requisito de las explicaciones seleccionistas. Veamos con más detalle lo que quiere decir esto.

En biología, las partes u objetos de un organismo se identifican a través de sus funciones con valor adaptativo. La descomposición de un organismo en unidades funcionales es a la vez una propuesta acerca de cuáles son las partes del organismo. La consideración de las unidades funcionales implica que tenemos cierto conocimiento acerca de los efectos que esas partes tienen en otras partes y cómo esos efectos contribuyen a caracterizar al organismo como un todo. Sin embargo, no todas las funciones o efectos son relevantes. *Un problema central de la biología evolucionista es la distinción entre diferentes tipos de efecto* y, en particular, entre los efectos que son meras consecuencias y los efectos que son (o han sido) realmente el resultado de funciones con valor adaptativo. Solamente estas últimas desempeñan un papel causal en las explicaciones evolucionistas.

Por ejemplo, la función (propia) de las orejas, es decir, la función que desempeña un papel causal en las explicaciones, no es su posible uso para col-

garse pendientes, sino el aumento de la capacidad auditiva en los seres humanos. La posibilidad de colgarse aretes es una mera consecuencia de una adaptación. La determinación de la función adaptativa (y, por lo tanto, del objeto o la parte relevante) solamente puede darse en el contexto de un escenario adaptativo. La delimitación de este contexto requiere a su vez la reconstrucción de las fuerzas selectivas que actúan sobre una población de individuos en interacción con su medio ambiente. Estos individuos tienen cierta estructura interna que les permite producir réplicas de sí mismos, y existen restricciones que regulan localmente las interacciones entre ellos. Pero la selección no se produce en un lugar en particular, no es un suceso localizable como tiene que serlo todo evento en el contexto de una causalidad humeana. La selección es un suceso que ocurre en las poblaciones y cuya explicación es probabilística.

Precisamente porque la selección no puede caracterizarse por lo que pasa en el nivel de las interacciones mecánicas entre los individuos, y entre los individuos y su medio ambiente, la descripción de un proceso de selección requiere la reconstrucción de las fuerzas de selección en el contexto de un problema adaptativo. *Esta reconstrucción de cuáles son las fuerzas de selección sólo tiene sentido en el contexto de un problema adaptativo, y depende de lo que sabemos o suponemos acerca de la historia de la vida.* Esto lo formularé de manera sucinta diciendo que *las explicaciones seleccionistas dependen del contexto.*

Una fuerza o presión de selección no existe de manera independiente del problema con respecto al cual se caracteriza. Con respecto al problema de explicar por qué tenemos un corazón, por ejemplo, se hace necesario caracterizar las presiones de selección que condujeron al desarrollo de un sistema circulatorio en ciertos animales. Pero sólo en el contexto de un problema de adaptación específico podemos identificar presiones de selección. El corazón es parte de un sistema circulatorio que tiene la función (en determinados animales) de mantener cierta temperatura constante y una distribución apropiada de oxígeno en los tejidos corporales, lo cual confiere a esos animales ventajas adaptativas. Esto lo podemos resumir diciendo que *el contexto en el cual se selecciona algo, en tanto que cumple una función F , no es "indiferente" a las distintas maneras de describir ese algo.* No es posible dar una explicación satisfactoria de la función del corazón, desde el punto de vista de la teoría darwiniana de la evolución, sin tener en cuenta el hecho de que el corazón es un órgano de cierto tipo que tiene una historia evolutiva específica, la cual es parte constituyente de la explicación.

Ahora bien, la propuesta de Campbell se basa en lo que él llama "el dogma seleccionista": para que una creencia tenga referencia competente, el referente debe participar, por muy indirecta o parcialmente que sea, en la selección de la creencia. Esto requiere que el referente pueda identificarse por medio de algún

proceso causal, a través de todos los escenarios adaptativos pertinentes independientemente de cómo ese proceso causal se reconstruya en situaciones específicas. Esto es algo que parece estar fuera del alcance de los recursos conceptuales de la teoría de la evolución. Por supuesto, en el caso de la física encontramos una intuición realista muy fuerte que sugiere que la identificación de una partícula a través de posibles interacciones no es problemática. La intuición, sin embargo, recurre al supuesto de que podemos utilizar algo como una red causal humeana constituida por leyes de aplicación universal, las cuales nos permiten identificar sin problemas la partícula a través de todas las interacciones posibles. Sin ese supuesto la identificación es problemática (como sucede en ciertos modelos de la mecánica cuántica estadística).

La idea de que podemos decidir si el referente participa en la selección de la creencia (y de una inducción incompleta en particular), recurriendo al supuesto anterior, es un resabio de una concepción de la causalidad que no tiene cabida en la teoría de la evolución. El dogma seleccionista de Campbell es un dogma sin más base que una metafísica apropiada para la física clásica, pero no para la biología evolucionista.

§ 3. EL CAMBIO CIENTÍFICO COMO PRODUCTO DE LA INTERACCIÓN DE TRADICIONES

Campbell supone que el tipo de conocimiento que hay que explicar como distintivo de la ciencia es el conocimiento sistematizado en teorías y el cambio conceptual que ejemplifica la historia de las teorías científicas. El problema de la adecuación de los referentes se plantea entonces como el problema central. La identificación implícita de Campbell de lo distintivo de la ciencia como un sistema de creencias con las características del conocimiento teórico, sigue los lineamientos de la tradición dominante en filosofía de la ciencia. Según esta tradición, el conocimiento científico se articula en teorías. El objetivo de la ciencia se supone que es la construcción de teorías, mientras que el trabajo experimental (y otros tipos de conocimiento no proposicional) está, desde una perspectiva epistemológica, subordinado a la inserción de sus resultados en esquemas teóricos.¹ Una serie de estudios recientes han estado dirigidos a cam-

¹ La persistencia de esta filosofía de la ciencia orientada hacia la teoría puede apreciarse claramente incluso en los críticos más severos de la concepción filosófica tradicional de la ciencia. Feyerabend ha mostrado y subrayado en una serie de escritos que no hay reglas formales metodológicas identificables a lo largo de la historia de la ciencia (incluso si nos restringimos a los mejores ejemplos de lo que es la ciencia). De aquí el autor concluye que no hay un método de la ciencia. Lo único que Feyerabend podría concluir es que no hay un método formal en la ciencia, que

biar esta situación. Gallison (1987) y Pickering (1984) escribieron algunos de los primeros análisis importantes sobre la historia de las comunidades de físicos experimentales en el siglo XX. Hacking (1983) y Cartwright (1983) trajeron a colación importantes consecuencias filosóficas de este cambio de perspectiva. La sociología del conocimiento, y en particular trabajos como el libro de Schaeffer y Shapin (1985), explotan otras vertientes de este cambio de perspectiva. En los últimos años, una serie de libros y artículos han sido dedicados al desarrollo de este nuevo nicho en la historiografía y la filosofía de la ciencia.

No voy a entrar aquí en los detalles de la distinción entre los tipos de tradiciones científicas. Me ocuparé sólo de la distinción entre tradiciones experimentales y tradiciones teóricas en la ciencia, y esto de una manera muy esquemática. Desarrollaré la distinción sólo en la medida en que sea suficiente para mostrar el sentido en el que las tradiciones experimentales, a diferencia de las teóricas, pueden modelarse como poblaciones de reglas heurísticas que satisfacen lo que llamaré *el criterio de la agregatividad*, requisito de una explicación seleccionista.

En primer lugar, una tradición científica consiste en una comunidad de científicos histórica y sociológicamente identificable por el uso de patrones distintivos de razonamiento y de fines compartidos. Para modelar evolutivamente una tradición (en este caso experimental) se requiere introducir cierta terminología. Hull (1988) ha propuesto la distinción entre replicadores e interactores que nos será útil en este contexto. Un replicador es una entidad que transmite su estructura prácticamente intacta en réplicas sucesivas, mientras que un interactor es una entidad que interacciona como un todo cohesionado con su medio ambiente, de tal manera que esa interacción *causa* que el proceso de generación de réplicas, *i. e.* la replicación, sea diferencial. Utilizando esta terminología, en la mayoría de las ocasiones se puede considerar que los científicos son los interactores de una comunidad científica. Los replicadores, en cambio, pueden ser de diferentes tipos: por ejemplo, teorías (o ideas), técnicas experimentales o narrativas. Sin embargo, me parece que no necesitamos limitarnos a la idea de que los interactores son sólo los científicos. Esta idea parece apropiada para el caso de las tradiciones teóricas, pero no necesariamente es así en las tradiciones experimentales. Más adelante voy a argüir que las técnicas experimentales, así como las reglas heurísticas utilizadas en el planteamiento y la solución de pro-

es una conclusión interesante, pero que está muy lejos de su pretendida conclusión. Otro ejemplo significativo es Laudan. Su libro *Science and Values* (1984) es un estudio sobre el papel que desempeñan los valores cognoscitivos en la formación de la racionalidad científica. Laudan no sólo supone que estos valores cognoscitivos pueden estudiarse y evaluarse en términos del proceso de la aceptación de teorías, sino que presupone que no hay ningún tipo de racionalidad no teórica (*i. e.* que no se exprese a través de las tradiciones teóricas) que desempeñe un papel importante en la formación de nuestros valores cognoscitivos.

blemas (por los científicos y los aparatos), pueden concebirse también como los interactores principales, por lo menos en ciertos casos o desde ciertas perspectivas del cambio científico.

Que una tradición sea históricamente identificable quiere decir que la comunidad en cuestión se renueva gradualmente (por medio del proceso o procesos típicos de replicación), y que a través de ese proceso de replicación de los componentes o miembros de la comunidad hay valores y metas de investigación que se mantienen relativamente constantes, o que cambian con lentitud. En este sentido, una tradición es también un linaje (véase Hull 1988, capítulo 11). Los diferentes tipos de tradiciones tienen replicadores que son predominantes o exclusivos de ese tipo de tradición, como por ejemplo los patrones de razonamiento, o las estructuras de reglas heurísticas. Por otra parte, hay replicadores que son compartidos por todas las tradiciones, tales como los libros. Igualmente, los diferentes tipos de tradiciones tienen interactores característicos, como cierto tipo de instrumentos o procedimientos heurísticos, entre otros.

Una *tradición teórica* puede concebirse como una comunidad de científicos que sostienen una familia relacionada de teorías. Una caracterización más precisa requiere que identifiquemos, en el contexto de un problema o de una pregunta, a aquellos científicos que son los interactores principales y a aquellas teorías que son los replicadores. Las tradiciones teóricas se caracterizan por su fin primordial: la construcción de teorías con poder predictivo y explicativo, basadas en unos cuantos principios básicos consistentes e independientes entre sí, que sean lo más generales posible. Esta búsqueda de la generalidad y la consistencia expresada en teorías globales se adecua a la búsqueda de la incorporación de la mayor cantidad posible de razonamiento matemático y lógico. Por ello, es natural que estas teorías globales se asocien muchas veces con un sistema de ecuaciones, como las ecuaciones de Maxwell (asociadas con la teoría del electromagnetismo). Estas teorías globales pueden distinguirse de los modelos o leyes fenoménicas ampliamente usados tanto en las ciencias naturales como en las sociales como instrumentos de predicción y de explicación de fenómenos y procesos. Dentro de una tradición teórica se da por supuesto que las leyes y los modelos fenoménicos pueden y deben siempre derivarse en el marco de las grandes teorías para recibir su carta de ciudadanía en la ciencia.

Una tradición experimental, en cambio, puede concebirse como constituida por interactores y replicadores de varias maneras. Por un lado, los experimentalistas son interactores y las técnicas experimentales los principales replicadores. Por otro lado, las poblaciones de técnicas experimentales y de procedimientos heurísticos utilizados en la *construcción y estabilización de un fenómeno* son tanto interactores como replicadores principales. El hecho de que las técnicas o procedimientos heurísticos no produzcan ni a los científicos ni las reglas heuris-

ticas, en la manera en que los genes producen a los organismos, no es una objeción en contra de este tipo de modelo.² En la explicación seleccionista del funcionamiento del sistema inmunológico se produce una situación similar. Ciertos linajes de células en el sistema inmunológico son tanto interactores como replicadores principales.

La construcción y estabilización de fenómenos es la finalidad epistemológica central en las tradiciones experimentales. Este proceso da como resultado el atrincheramiento de los fenómenos y las técnicas. A fin de caracterizar la noción de atrincheramiento, que es el concepto básico en mi caracterización de la evolución de las tradiciones experimentales, es necesario introducir también el concepto de “linaje de fenómenos”. Un linaje consiste en una serie de fenómenos que han evolucionado a partir de un mismo fenómeno. La noción de “linaje” subraya el hecho de que un fenómeno no existe aisladamente, sino que debemos considerarlo como parte de una red compleja de dependencias históricamente construidas. Cuando introduzca los diagramas de dependencia de técnicas en la sección 6 se ampliará este tema.

Un fenómeno está atrincherado en la medida en que forma parte y contribuye a la creación y estabilización de otros fenómenos. Este tipo de atrincheramiento no es el único, aunque sí será el único del que hablaremos en este ensayo. En la sección 6 examinaremos este concepto, y en la siguiente sección expondremos el sentido en el que una tradición experimental se distingue por su uso de patrones de razonamiento. Estos patrones de razonamiento están constituidos por estructuras de procedimientos heurísticos.

§ 4. REGLAS HEURÍSTICAS VERSUS MÉTODOS FORMALES

Un algoritmo es un sistema preciso de instrucciones que puede programarse en una computadora para dar solución a cualquier ejemplo (caso) de un problema. Por el contrario, una regla heurística es un sistema de instrucciones que genera una respuesta correcta en algunos casos y en otros no. La corrección de un algoritmo es independiente de la situación en la que se aplica. La eficiencia de un algoritmo depende del grado en que se modifica el tiempo de ejecución conforme aumenta la información de entrada (*input*). Hay problemas muy simples de lógica y matemáticas (como derivar las inferencias tautológicas, por ejemplo) que se conjetura con muy buenas razones que son *intratables*. Un problema es

² Los genes son replicadores típicos. Dawkins considera que los genes son los únicos replicadores principales en la evolución orgánica; Hull, sin embargo, muestra que es posible pensar en células o incluso en organismos como replicadores, y que no está claro en qué sentido sólo los genes deben considerarse los replicadores principales (véase Dawkins 1976, Hull 1988, capítulo 12).

intratable si la solución del problema involucra algoritmos que requieren una cantidad físicamente no disponible de tiempo para su ejecución. Una regla heurística se refiere, por lo general, a cierto método que se utiliza para encontrar la solución de un problema de una manera que no garantiza su solución, o la precisión de la solución. Por supuesto, las reglas heurísticas pueden ayudar a resolver un problema que no podría resolverse en un tiempo físicamente disponible por medio de algoritmos formales.

Comúnmente, sin embargo, las reglas heurísticas sólo generan una respuesta confiable para ciertos casos de un problema y no para otros. Al dominio de entradas (*inputs*) para los que la regla heurística es muy eficiente lo llamaremos *dominio de acción óptimo* (una definición que dependerá de que convencionalmente se fije algún criterio de eficiencia, de confiabilidad estadístico, o ambos).

El trabajo de Kahneman y Tverski (véase por ejemplo la colección de ensayos de Kahneman *et al.* 1982) fue central para la formación, en la década de los cincuenta, de la disciplina que ahora se conoce como psicología cognoscitiva experimental. La psicología cognoscitiva trata precisamente de las limitaciones en las capacidades cognoscitivas y de cómo los procesos mentales, los juicios e inferencias moldeados por estas limitaciones constituyen procedimientos heurísticos. Una investigación más reciente que trata de desarrollar un modelo del razonamiento en términos de procedimientos heurísticos es el de Holland *et al.*, 1986. Wimsatt, en varios trabajos (1980 y en especial 1986a) ha mostrado la importancia de los procedimientos heurísticos en cuestiones del cambio científico. Estos estudios son parte de la base empírica sobre la que me apoyo para considerar que la noción de regla heurística que he esbozado está relativamente bien entendida y que tiene las características que le atribuyo en este trabajo.

Llamaré *procedimiento heurístico* a cualquier procedimiento no algorítmico, que tiene las características de una regla heurística mencionadas anteriormente y que se aplica para lograr cierto objetivo. En este sentido amplio de procedimiento heurístico quiero incluir en particular, y de manera explícita, el tipo de interacciones con sistemas materiales que son distintivos de los procedimientos técnicos. Una técnica experimental, por ejemplo, comúnmente involucra el conocimiento y la manipulación de ciertas propiedades de sistemas materiales que constituyen lo que llamaremos *la base material de la técnica*. Una serie de procedimientos está secuencialmente estructurada si su aplicación debe hacerse secuencialmente. Por lo menos a veces, para ciertas subsecuencias, el orden de las subsecuencias es importante para la aplicación exitosa de la serie de procedimientos. Dos procedimientos tienen *dominios de acción óptimos traslapados* si ambos son alternativas que pueden utilizarse de manera eficiente para la consecución de un fin.

Llamaremos *estructura heurística* a una colección de procedimientos heurísticos organizados alrededor de la tarea de resolver cierto tipo de problema, o de construir o diseñar cierto tipo de objeto. Algunos de estos procedimientos pueden aplicarse secuencialmente, y algunos tienen dominios de acción óptimos traslapados. En la siguiente sección ofrezco un ejemplo de una técnica que constituye una estructura heurística en este sentido.³

Muchas veces las reglas, y más en general los procedimientos heurísticos, se aplican secuencialmente. Si queremos calcular aproximadamente el volumen de agua contenido en un estanque podemos calcular a "ojo de buen cubero" el volumen. Si no confiamos en nuestro "ojo de buen cubero", podemos descomponer el problema en dos problemas. Por medio de alguna regla heurística calculamos la superficie promedio del estanque, y por medio de otra regla heurística (que implica el conocimiento que podamos tener del tipo de estanque en cuestión), calculamos la profundidad del estanque; para encontrar el volumen del estanque sólo tenemos que multiplicar la superficie promedio por la profundidad promedio.

Muchas veces, sobre todo en problemas más complejos, en particular en el tipo de problemas que se resuelven en la ciencia, la descomposición del problema en subproblemas es más compleja y requiere reglas heurísticas (reglas de reducción) y reglas para resolver cada uno de los problemas parciales (reglas de operación). Además, a menudo la aplicación de las reglas debe hacerse en cierto orden para que el problema pueda resolverse.

§ 5. LA TÉCNICA DE SECUENCIACIÓN DE AMINOÁCIDOS COMO ESTRUCTURA HEURÍSTICA

Cada tipo de proteína tiene una composición distintiva de aminoácidos que se ordenan en una secuencia determinada. Ya que una proteína tiene entre 100 y 300 aminoácidos en su secuencia característica, el problema de determinar el orden y tipo de cada uno de los aminoácidos en esa secuencia es bastante complejo. Para resolverlo, el problema se descompone en una serie de problemas más simples. En primer lugar, si la proteína está formada por más de una cadena polipeptídica, el primer paso consiste en separarlas (mediante hidrólisis), para posteriormente proceder a determinar por separado la secuencia de cada una. Los pasos centrales de la técnica más utilizada consisten en cortar muestras de cada una de esas cadenas utilizando diferentes enzimas. Cada tipo de enzima

³ En retrospectiva, uno de los logros más significativos del artículo de Campbell incluido en esta antología es haber llamado la atención sobre el hecho de que los diferentes procesos evolutivos pueden representarse como *estructuras heurísticas*.

corta una cadena solamente en el punto en el que se encuentran ciertos aminoácidos (por ejemplo, la enzima tripsina sólo corta donde hay un aminoácido del tipo de la tirosina o la arginina). Estos fragmentos se separan y se determina su composición y su secuencia. El procedimiento se repite utilizando otras enzimas que cortan en puntos distintos de la cadena. El ciclo se repite con las cuatro o cinco enzimas que suelen utilizarse para ello. Una comparación de los diferentes fragmentos permite establecer el orden de la secuencia total.

Nótese que el orden de los procedimientos es importante para el éxito de la técnica. Si se empezaran los ciclos de corte con enzimas antes de separar las diferentes cadenas polipeptídicas de la proteína, no se podría determinar el orden de los fragmentos en cada una de las cadenas, pues los datos de composición y secuencia de aminoácidos corresponderían a una mezcla de fragmentos de las dos cadenas. En este caso, las técnicas de corte *dependen* (en el contexto de la técnica de secuenciación) de las técnicas de la separación de cadenas. Más adelante expongo una caracterización general de la idea de dependencia de técnicas.

Nótese también que hay cierto orden que por lo regular debe seguirse en la aplicación de las enzimas para maximizar la eficiencia de la técnica. Primero deben aplicarse las enzimas cuya acción es más específica, es decir, las que actúan solamente donde se encuentra *un* tipo de aminoácido. De esa manera se sabrá con precisión qué tipo de aminoácidos se localizan en los extremos de cada fragmento. Esta información permitirá precisar los resultados obtenidos con las enzimas menos específicas.

El mismo tipo de estructuras heurísticas ejemplificado con la técnica de la secuenciación de proteínas puede encontrarse en el diseño de la estructura del campo visual, en el "alambrado" del genoma y en las teorías del funcionamiento del cerebro, así como en las reglas heurísticas que guían el comportamiento (Kauffman 1974, Holland *et al.* 1986, Edelman 1987).

Una vez que Campbell ha desarrollado su teoría de la evolución de capacidades cognoscitivas como la evolución de una estructura heurística (en nuestra terminología), para responder a su desafío tiene todavía que reformular su dogma de que la ciencia progresa a través de mejoras en la competencia de las creencias con sus referentes. Nuestra respuesta a su reto, sin embargo, no tiene que ir más lejos de lo que permite la explicación de la generación apropiada de variantes y la selección de estructuras heurísticas (el tema de la siguiente sección). Mi respuesta al reto de Campbell no va a consistir en tratar de explicar el tipo de creencias científicas tal y como éstas se estructuran en teorías globales, como hipótesis generales, o, como dice Campbell, "inducciones incompletas" (que presuponen "el realismo hipotético" como punto de partida metafísico). Acepto la existencia de una brecha epistemológicamente significativa entre lo que explica un modelo seleccionista de las capacidades cognoscitivas asociadas

con estructuras heurísticas, y el cambio de teorías. Una respuesta al desafío de Campbell no requiere que mostremos cómo puede cerrarse esta brecha, a menos que supongamos, como lo hace Campbell, que el tipo de conocimiento que requiere explicación en términos de un modelo evolucionista es el conocimiento sistematizado en teorías.

§ 6. LA EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS EXPERIMENTALES

Tal y como hemos caracterizado una estructura heurística, está claro que las técnicas experimentales que se movilizan para la construcción y estabilización de fenómenos constituyen una estructura heurística. Lo distintivo de las técnicas experimentales, como procedimientos heurísticos, es que tienen siempre un referente material concreto, la base material de la técnica, que es parte del proceso causal que culmina en la construcción de fenómenos.

Las tradiciones experimentales tienen el objetivo de construir y estabilizar fenómenos. De este objetivo se sigue un criterio claro de selección de técnicas experimentales. Se seleccionan aquellas técnicas que impulsan la estabilización del tipo de fenómenos que se considera que promueven los fines del programa alrededor del cual se articula la tradición. En el contexto de las tradiciones experimentales es relativamente fácil caracterizar el concepto pertinente de *adecuación*. Exactamente en analogía con el caso biológico, *una técnica contribuye a la sobrevivencia de su linaje en la medida en que es más exitosa para reproducirse, y finalmente para atrincherarse, a través de la construcción y estabilización de nuevos fenómenos*. La reproducción exitosa de las técnicas (y por lo tanto de fenómenos concretos) tiene lugar, por lo menos en parte, fuera de la tradición experimental, y depende de factores socioeconómicos como el costo y el mercado. Estos factores no desempeñan ningún papel, por lo menos directamente, en las primeras etapas de la construcción y la estabilización de un fenómeno (sin embargo, sí inciden en la adecuación de la tradición).

Cada técnica experimental debe considerarse como un individuo compuesto a su vez de partes (como lo hicimos en el caso del ejemplo de la técnica de secuenciación). Alternativamente, cada técnica experimental puede considerarse como una población de técnicas concretas (con una base material). Un ejemplo de técnica concreta es la técnica utilizada por el laboratorio del doctor Perengano para la secuenciación de proteínas.⁴ Nótese que lo que se replica son las técnicas concretas y los fenómenos concretos. Las poblaciones de técnicas y

⁴ Expresado de una forma más correcta, una técnica concreta sería la técnica utilizada el día tal en el lugar tal por Perengano. Este tipo de sutilezas en la individuación de las técnicas no es

de fenómenos, las que pueden identificarse también intensionalmente como técnicas y fenómenos-conceptos, no se replican (o por lo menos no queda claro que lo hagan). Por ello, a las técnicas y fenómenos-concepto sólo se les puede asignar una adecuación indirectamente, en términos de su capacidad de atrincheramiento en la red de fenómenos-conceptos.

Los mecanismos de variación del modelo de evolución de técnicas experimentales que me interesa desarrollar provienen de los diferentes sentidos y grados de libertad en los que las variantes de una técnica concreta son *agregativas*. Cada uno de los diferentes sentidos en los que una técnica es agregativa con respecto a sus partes, en relación con la construcción de un fenómeno, es una *fuerza de variabilidad*. ¿Cuál es la razón por la que solamente las “variantes agregativas” cuentan como fuentes de variabilidad de la técnica? La agregatividad de una variante técnica indica su *independencia* con respecto a la organización de sus partes, esto es, aquello que se presenta como una “parte independiente” o función que está sujeta a la acción de la selección. El teorema fundamental de la selección natural propuesto en 1930 por Fisher tiene, entre otras consecuencias, la de que debe haber variación en la adecuación (debida a una alteración en una función), para que pueda haber un cambio evolutivo debido a la selección. Una idea análoga es la que recojo continuación.

Decimos que una técnica T, cuya función F es la construcción y estabilización de un fenómeno dado, es agregativa respecto a cierta descomposición en partes (inducida por F) en la medida que las partes (pasos o subtécnicas) pueden ser sustituidas por otras técnicas cuyo origen y composición material puede ser muy diferente, pero cuya función es equivalente a la que sustituye, en relación con la función F de T. En realidad, esta noción de agregatividad se refiere a una familia de tipos de agregatividad. Por ejemplo, podemos distinguir el caso en el que dos subtécnicas de la misma técnica son intercambiables del caso en el que la técnica que se sustituye proviene de otra técnica. Ésta y otras distinciones no son importantes para nuestro propósito y no van a ser estudiadas en detalle. Sin embargo, en la siguiente sección examinaremos, sobre la base de algunos ejemplos, tres tipos o fuentes de variabilidad que provienen de la distinción entre tres tipos de agregatividad (con respecto a una función).⁵

importante para nuestro propósito, pero sí es conveniente recordar que la individuación de técnicas es una parte importante de cualquier modelo evolutivo de las técnicas. Algo similar ocurre en biología evolutiva: no es problemática la individuación de los diferentes organismos vertebrados, pero una clasificación similar en el caso de muchos organismos no vertebrados resulta bastante problemática, y una decisión al respecto es una parte importante de cualquier teoría evolucionista de esos organismos.

⁵ Para una caracterización bastante detallada de diferentes tipos de agregatividad, véase Wimsatt 1986.

Creo que no está de más subrayar que no pretendo que exista un nivel último de agregatividad. Los diferentes sentidos de agregatividad tienen, en última instancia, una caracterización funcional. Una técnica se descompone en subtécnicas de diferentes maneras; la descomposición es relativa a una función. Una técnica de detección de cierto tipo de sustancia, por ejemplo, puede ser suficientemente precisa para ciertos fines, pero no para otros. Si, por ejemplo, queremos adaptar la técnica a un fin para el cual la precisión de la técnica en cuestión no es suficiente, buscaremos la manera de encontrar una variante que aumente su precisión. En este caso, la técnica será agregativa con respecto a esa subtécnica que puede variar.

La variabilidad puede depender (y esta dependencia constituye una restricción) de las necesidades o presiones sociales que inciden en los procesos de construcción de fenómenos. Dependerá también de *las características de los materiales utilizados, de sus propiedades* y de la manera como esas propiedades sean pertinentes en el proceso de construcción de fenómenos. Por ejemplo, si cierto instrumento es de hierro, debe buscarse un sustituto para los casos en los que esa propiedad del instrumento lo haga desventajoso. El costo de los instrumentos no es por lo general un factor crucial en el proceso de la construcción y estabilización de un fenómeno, pero sí es muy importante cuando se trata de incorporar el fenómeno al proceso tecnológico-industrial de la producción de fenómenos estabilizados.

El análisis de Wimsatt en 1986b, sobre las propiedades de los sistemas y sus partes, estudia la agregatividad como un tipo de relación entre las propiedades de los sistemas y sus partes. El análisis de la agregatividad de técnicas que introduzco aquí como una modificación del análisis de Wimsatt requiere que enfoquemos nuestra atención en las propiedades de los sistemas materiales, en la medida en que éstas inciden en las *funciones* que desempeñan esos sistemas en el proceso de estabilización de un fenómeno.⁶

Una técnica T está constituida de subtécnicas o pasos t_i que dependen entre sí de manera compleja; esta dependencia es una expresión de la subordinación de las funciones propias de las diferentes subtécnicas-pasos t_i al objetivo de T (es decir, la función F).⁷ la constitución de cierto fenómeno. La dependencia puede

⁶ Otros aspectos de este modelo de la evolución de técnicas y fenómenos se desarrollan en Martínez 1994, Martínez 1995, Martínez y Suárez 1996.

⁷ Una subtécnica t_i se considera como un paso de T en relación con una función F (que a veces simbolizamos TF , pero con respecto a otra función G , puede ser una técnica TG). En ocasiones, usaré indistintamente las palabras "técnica" y "subtécnica", lo cual indica que el carácter de éstas se determina en un contexto funcional. Una técnica TF es un conjunto de técnicas cuyo objetivo es la construcción de un fenómeno concreto. La función F puede concebirse como el *diseño* del fenómeno, que a su vez puede identificarse con el fenómeno-concepto asociado con la función F .

entenderse de muchas maneras. Para la discusión presente basta con que entendamos esa dependencia en términos de las condiciones suficientes para la aplicabilidad de una técnica. Así, que t_i sea dependiente de t_j , quiere decir que la aplicación de t_j requiere, en el contexto de una técnica T diseñada para generar cierto fenómeno, la aplicación previa de t_i . Esto es, t_j se aplica en un dominio que resulta de la aplicación de t_i .

El ejemplo más sencillo de dependencia de técnicas es el de una *cadena*, esto es, de una serie de técnicas cuya aplicación requiere la aplicación antecedente de una regla. Este caso puede representarse en un diagrama como sigue:

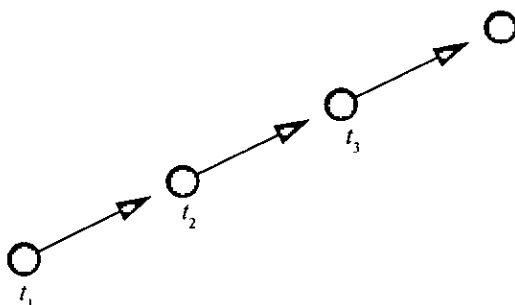


Fig. 1

El diagrama describe una serie de pasos (técnicas) t_i , tal que una técnica de la derecha depende (para su aplicación en el contexto de alguna técnica T del cual son subtécnicas) de todas las otras técnicas que están a la izquierda

El diagrama describe las dependencias (importantes en un problema específico) con respecto a cierto fin (que siempre se entiende como la construcción y estabilización de algún fenómeno específico). Cada nodo representa un paso de la técnica. Cada paso (subtécnica) es, por supuesto, una técnica por sí misma, esto es, una técnica que en cierto momento podemos considerar como unitaria y simple. No cambia las cosas el hecho de que esa unidad sea relativa a la función o funciones que nos interesan en un determinado momento. En el caso de una cadena, es posible que dos subtécnicas puedan ser intercambiadas o no. Es posible (pero por lo general no sucede) que todas puedan ser intercambiadas, esto sería un caso límite (asociatividad). Lo importante es dejar claro que, si bien con respecto a cierta función F (de una técnica T de la que la cadena de técnicas anterior sería una subtécnica), las subtécnicas t_i y t_j (por ejemplo) son intercambiables, es posible que no lo sean con respecto a otra función. Por ejemplo, para

cierto fin, la pérdida de precisión involucrada en el intercambio (por ejemplo) no es importante, pero sí puede serlo para otro fin.

Este tipo de diagramas puede generalizarse. A continuación ofrezco el ejemplo de un diagrama de dependencia de técnicas en un caso particular.⁸

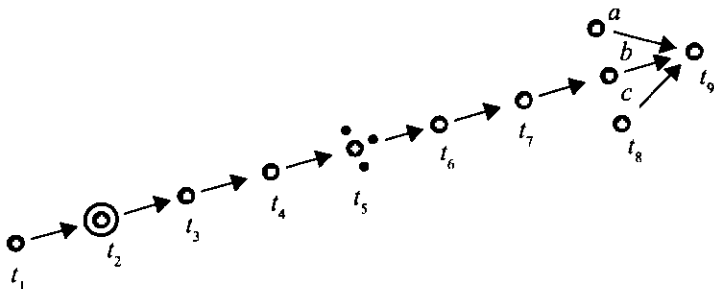


Fig. 2

Diagrama de dependencia de técnicas que muestra tres tipos o fuentes de variabilidad agregativa

El diagrama de la figura 2 representa tres tipos o fuentes de variación diferentes en un conjunto de subtécnicas t_i de T . La primera fuente de variabilidad es una fuente material de variabilidad. Este primer tipo de variabilidad se representa en el diagrama mediante los círculos pequeños que también representan los dominios de las subtécnicas. Las técnicas pueden ser las mismas desde el punto de vista de la función F de T , pero pueden variar en la manera como están materialmente constituidas. Por ejemplo, las aleaciones de las que están hechos ciertos instrumentos, o los mecanismos utilizados en la construcción de detectores, pueden incluir diferentes materiales y partes, y estas variaciones son una importante fuente de variabilidad. Una segunda fuente posible de variación consiste en la multiplicidad de técnicas que pueden utilizarse en un nodo x (que si bien son equivalentes con respecto a F , no lo son necesariamente con respecto a otra función de otra técnica diferente de T). Éste es el caso en el que, en el contexto de la técnica T , en el paso x es posible la utilización de diferentes técnicas, no sólo materialmente diferentes, sino diferentes en el tipo de proceso o procedimiento que utilizan. Este tipo de variabilidad se representa en el diagra-

⁸ Este diagrama es parte del diagrama de dependencia de las técnicas asociadas con la técnica de hibridación de ácidos nucleicos, una técnica originaria de la biología molecular que ha cumplido muy diversas funciones en la estabilización de diferentes tipos de fenómenos (véase Martínez y Suárez, 1996).

ma de la figura 2, por medio de una serie de técnicas que definen dominios alternativos para una técnica que depende de ellas. En el diagrama, las técnicas *a*, *b*, *c* son posibles variantes en este segundo sentido.

Un ejemplo del segundo tipo de variabilidad se encuentra en las llamadas técnicas de hibridación de ácidos nucleicos (véase la nota 8). Estas técnicas se usan en una gran variedad de técnicas, *i.e.*, funcionan como subtécnicas en muchas otras técnicas. La función consiste en medir la proporción de hibridación entre dos moléculas, lo cual puede llevarse a cabo utilizando diferentes tipos de procedimientos. Por ejemplo, la reacción puede medirse: (a) midiendo la absorción de rayos ultravioleta de la muestra; (b) midiendo la proporción de moléculas híbridadas que quedan atrapadas en una columna de hidroxapatita; o (c) representando con un gráfico el cambio de temperatura requerido para disociar diferentes muestras de ácidos hibridizados obtenidas en diferentes momentos de la reacción.

Existe la posibilidad de que, como una variante del segundo tipo de variabilidad, ocurra la sustitución de módulos completos de técnicas. Éste es el tercer tipo de variabilidad que quiero considerar aquí. Un módulo es una subtécnica constituida por varios pasos. Los módulos por lo general provienen de otras poblaciones de técnicas, esto es, de otras tradiciones experimentales en las que han evolucionado para la consecución de un fin que, en cierto momento, puede ser útil en otra tradición experimental. En ese caso, el módulo completo se "importa", y muy posiblemente la técnica *T* como un todo se modifique para incorporar el módulo importado. Es muy posible que varios grupos de investigación hayan pensado en que cierta técnica-módulo sería útil para un fin diferente del fin (tradicción experimental) para el que fue desarrollado. Quizás sólo uno de esos grupos encuentre la manera más eficiente de hacerlo, y por lo tanto esta variante tendrá una mayor adecuación en la población de técnicas que se están sometiendo a la selección en el contexto de cierta tradición. En el diagrama de la figura 2 se representa este tipo de variabilidad por medio de un círculo trazado alrededor del módulo que puede ser intercambiado. Hay, por supuesto, otros tipos de variabilidad (Martínez y Suárez, 1996).

Nótese que en los dos tipos de variabilidad mencionados es muy importante el hecho de que la variabilidad es agregativa con respecto a la función en cuestión. Es la agregatividad la que permite la localización (ya sea en un paso o en un módulo de la técnica *T*) de la variación, de manera que pueda ser sometida eficientemente a selección. No es necesario que toda la técnica, o muchos de sus pasos, cambien de una sola vez. Es más, de ocurrir esto, lo más probable es que la adecuación de la técnica se vea disminuida seriamente. Las variaciones pueden ser muy pequeñas y no perturbar la función original de la técnica. Las variaciones sólo suelen ser significativas con respecto a la búsqueda de

alternativas en nuevos nichos adaptativos, esto es, con respecto a la construcción y estabilización de nuevos fenómenos.

§ 7. IMPLICACIONES PARA UN PROYECTO DE NATURALIZACIÓN DE LA EPISTEMOLOGÍA

No es suficiente el hecho de reconocer que la mente humana y, por lo tanto, el conocimiento científico son producto de la evolución biológica. Es necesario reconocer las implicaciones que este hecho tiene para nuestras teorías de la ciencia en más de una dimensión. Muchas veces se piensa que el reconocimiento de que nuestra mente es producto de la evolución puede ponerse al servicio de una filosofía de la ciencia no naturalista. Se piensa que la naturalización de la epistemología no requiere cambios profundos en nuestras categorías epistemológicas fundamentales, sino que puede integrarse a las categorías tradicionales por medio de pequeños cambios relativamente superficiales. Popper, por ejemplo, trata de justificar la tesis de que el cambio de teorías es un proceso evolutivo mediante la analogía entre órganos y teorías (1972, p. 145). Sin embargo, existen claramente diferencias importantes en el tipo de procesos que dan lugar a los órganos en organismos biológicos y los que dan lugar a las teorías. Los órganos son producto de la evolución filogenética, mientras que las teorías son producto de procesos ontogenéticos. Hay muchas otras diferencias significativas que pueden señalarse (véanse por ejemplo los trabajos de Thagard y Cordero en esta antología).

Un problema central de los modelos evolucionistas del crecimiento del conocimiento es la necesidad de explicar el sentido en el que una variación es "ciega". Es muy difícil justificar una analogía con la evolución orgánica de acuerdo con los lineamientos de la teoría de la evolución de Darwin si no existe un sentido claro en el que la variación en cuestión se considera ciega, o una explicación satisfactoria de por qué no tiene que ser ciega. Como muchos críticos de los modelos evolucionistas han mostrado (véanse los artículos de Brady, Thagard y Cordero en esta antología), la búsqueda de conjeturas, por ensayo y error, no es ciega. Otro aspecto en el que la analogía parece particularmente débil tiene que ver con el hecho de que en la naturaleza no hay intencionalidad, mientras que en la ciencia la intencionalidad es un aspecto central.

Si pensamos en las teorías como análogas a los organismos, las críticas mencionadas me parecen muy convincentes y definitivas. Las conjeturas y las teorías que se desarrollan a partir de ellas no se producen ciegamente y, lo que es más importante, *esta producción no ciega de variantes es parte integral del proceso de construcción de teorías*. Es también claro que si pensamos en las

teorías como las unidades de cambio, el aspecto intencional involucrado en su construcción es esencial, y en este sentido (como dice Elster en 1979, citado por Brady en el artículo incluido en esta antología), hay una “brecha insalvable” entre sistemas biológicos y teorías.

Este tipo de objeciones dejan de tener peso, sin embargo, una vez que enfocamos nuestra atención en unidades evolutivas que no son meramente construcciones mentales como las teorías, sino que son objetos cuya variabilidad y evolución tienen como base la variabilidad y evolución de restricciones (*constraints*) materiales que constituyen sistemas funcionales por medio de procesos de selección.

Hull (1988, cap. 12) muestra que el hecho de que un proceso incluya agentes intencionales no es una diferencia que impida representar con un modelo a ese proceso como un proceso seleccionista. Lo importante para la caracterización de un proceso seleccionista es el tipo de replicadores involucrados en el proceso de selección. Los científicos pueden concebirse como portadores de teorías (rasgos fenotípicos) y son esos portadores los que están sujetos a la selección. *La intencionalidad de estos portadores no desempeña un papel causal en la explicación*, y por lo tanto evade las críticas mencionadas anteriormente. La estrategia que utiliza Hull para evitar las críticas a los modelos evolucionistas del conocimiento es muy importante y en general permite que un modelo evolucionista como el que aquí presento no tenga que preocuparse por desentrañar el papel de la intencionalidad en los procesos que se representan a través de modelos.

Otra objeción en contra de los modelos evolucionistas del conocimiento, que tiene su origen en las dificultades que plantea la intencionalidad de las supuestas “unidades de evolución”, es la siguiente. Un organismo contribuye a la sobrevivencia de su linaje en relación directa con su capacidad de reproducirse en diferentes entornos, una capacidad que se mide en términos de “adecuación”. Un modelo evolucionista que no permita una caracterización mínimamente precisa del concepto de adecuación difícilmente puede considerarse un modelo evolucionista. Como dice Brady (en el artículo que aparece en esta antología), la verdad no puede funcionar como el correlato de la adecuación, no sólo porque la verdad de las teorías no acepta grados, sino porque la verdad no es una propiedad relacional como la adecuación. La analogía no es posible, dice Brady, porque en la evolución orgánica hay en última instancia un único problema, mientras que en la evolución conceptual hay muchos. Esto es lo que haría difícil la caracterización de criterios de selección conceptual asociados con una medida de adecuación, aspecto que es necesario para hacer de un proceso evolucionista del conocimiento algo más que una metáfora. Como hemos visto, en el caso del modelo de la evolución de técnicas y fenómenos que presento aquí, hay un con-

cepto claro de adecuación que es totalmente análogo al concepto clásico de adecuación. La adecuación de una técnica *T* es una medida de su capacidad de reproducirse en los diferentes medios ambientes (aplicaciones) accesibles en un momento dado. Por ello, indirectamente, el atrincheramiento y la robustez de la técnica son buenos indicadores de su adecuación (suponiendo que no hay cambios fuertes en los medios ambientes accesibles).

En el caso del modelo evolucionista de técnicas que propongo, la objeción de Brady puede responderse como sigue. En primer lugar, no es cierto que la evolución orgánica sea, en última instancia, un solo problema, por lo menos en el sentido pertinente. Hay procesos de evolución que tienen lugar en el sistema inmunológico, en la organización neuronal y en muchos otros procesos biológicos, y estos procesos son, en sentidos importantes, relativamente independientes y *diferentes* del proceso de evolución orgánica. La variedad de procesos cognoscitivos que pueden representarse por medio de procesos evolutivos puede considerarse en analogía con ese tipo de variedad de procesos evolutivos que tiene lugar en el nivel biológico. Como hemos visto en el caso del modelo de la evolución de técnicas y conceptos aquí presentado, es posible formular un concepto claro de adecuación. *Una propuesta similar para un modelo como el de Campbell no es posible porque no hay manera de hacer claro el concepto mismo de replicación.* Existen muchas maneras posibles en las que podemos decir que una idea se replica, y cada una de estas maneras daría una medida de adecuación diferente a una idea. En el caso de las técnicas, la idea puede hacerse precisa porque a fin de cuentas la adecuación se refiere a propiedades de sistemas materiales. La evolución de técnicas, como la evolución orgánica, es un proceso de la evolución de restricciones materiales.

§ 8. CONCLUSIÓN

El desafío de Campbell consiste en exigir que se especifique el tipo de conocimiento que necesita explicarse por medio de los modelos evolucionistas del conocimiento. La respuesta de Campbell no sólo abre una brecha significativa entre lo que el modelo puede explicar y la historia del cambio de teorías, sino que presupone un realismo de los entes teóricos que es muy cuestionable. La propuesta alternativa que he sugerido en este trabajo es que un tipo de conocimiento que se presta a una explicación por medio de modelos evolucionistas no es el conocimiento sistematizado en teorías, sino el conocimiento que se genera en las tradiciones experimentales. Los problemas acerca del cambio conceptual en las teorías requieren muy probablemente consideraciones que van más allá de un modelo evolucionista del cambio conceptual en la ciencia. Esto sólo

puede considerarse como una objeción a mi respuesta al desafío de Campbell si se piensa que el problema del cambio científico es *el problema del cambio de las teorías*. Pero en realidad, el problema del cambio científico es una serie de problemas que guardan parentescos a veces lejanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, DONALD (1990): "Epistemological Roles for Selection Theory", en Nicholas Rescher (comp.), *Evolution, Cognition and Realism: Studies in Evolutionary Epistemology*. Lanham, University Press of America.
- CARTWRIGHT, NANCY (1983): *How the Laws of Physics Lie*, Oxford, Oxford University Press.
- CHERNIACK, C. (1988): *Minimal Rationality*, A Bradford Book, Cambridge, Mass., Londres, The MIT Press.
- DASTON, L. (1988): *Classical Probability in the Enlightenment*, Princeton, N.J., Princeton University Press.
- DAWKINS, R. (1976): *The Selfish Gene*, Nueva York, Oxford University Press.
- EDELMAN, G. (1987): *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection*, Nueva York, Basic Books.
- FEYNMAN, R. (1965): *The Character of Physical Law*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- GALLISON, P. (1987): *How Experiments End*, Chicago, The University of Chicago Press.
- HACKING, I. (1983): *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press. [Versión en castellano: *Representar e intervenir*, trad. Sergio Martínez, México, Paidós, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, 1996.]
- HOLLAND, J., K. HOLYAK, R. NISBETT y P. THAGARD (1986): *Induction: Processes of Inference, Learning and Discovery*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- HULL, D. (1988): *Science as a Process*, Chicago, The University of Chicago Press.
- KAHNEMAN, D., P. SLOVIC y A. TVERSKY (1982): *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*, Cambridge, Cambridge University Press.
- KAUFFMAN, S. (1974): "The Large-Scale Structure and Dynamics of Gene Control Circuits: An Ensemble Approach", *Journal of Theoretical Biology*, 44, 167.
- LAUDAN, L. (1984): *Science and Values*, Berkeley, University of California Press.

- MARTÍNEZ, S. F. (1990): "Más allá de la presuposición newtoniana: propiedades genuinamente disposicionales en la mecánica cuántica", *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. XXII, no. 66, México, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, pp. 25–37.
- (1993a): "Método, evolución y progreso en la ciencia" (1a. parte), *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. XXV, no. 73, México, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, pp. 37–69.
- (1993b): "Método, evolución y progreso en la ciencia" (2a. parte), *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. XXV, no. 74, México, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, pp. 3–21.
- (1995): "La autonomía de las tradiciones experimentales como problema epistemológico", *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. XXVII, no. 80, México, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, pp. 3–48.
- MARTÍNEZ, S. F. y E. SUÁREZ (1996): "La evolución de técnicas y fenómenos: hacia una explicación de la 'confección' del mundo", *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. XXVIII, no. 82, México, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, pp. 25–66.
- PICKERING, A., *Constructing Quarks*, Chicago, The University of Chicago Press; Edimburgo, The University of Edimburgh Press.
- SHAPIN, S. y S. SCHAEFFER (1985): *Leviathan and the Air Pump*, Princeton, Princeton University Press.
- SUÁREZ, E. y S. F. MARTÍNEZ (1995): "El surgimiento de disciplinas como un problema de cambio científico" (inédito).
- WIMSATT, W.C. (1980): "Reductionistic Research Strategies and Their Biases in the Units of Selection Controversy", en T. Nickles (comp.), *Scientific Discovery*, vol. 2: *Case Studies*, Dordrecht, D. Reidel.
- (1986a): "Heuristics and the Study of Human Behavior" en D.W. Fiske y R. Shweder (comps.), *Metatheory in Social Science: Pluralism and Subjectivities*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 293–314.
- (1986b): "Forms of Aggregativity", en A. Donagan, A.N. Perovich Jr. y M.V. Wedin (comps.), *Human Nature and Natural Knowledge*.