

La centralidad de la Fundación Rockefeller en el desarrollo de la biología molecular revisada: una extensión de la crítica de Abir-Am a la luz del modelo del operón *

(The Centrality of the Rockefeller Foundation in the Development of Molecular Biology Revisited: an Extension of Abir Am's Critique in the Light of the Operon Model)

Vivette GARCÍA DEISTER

Recibido: 13.1.2010

Versión final: 12.11.2010

BIBLID [0495-4548 (2011) 26: 70; pp. 69-80]

RESUMEN: Abir-Am ha criticado la visión estándar de que la Fundación Rockefeller (FR) jugó un papel central en el surgimiento de la biología molecular durante la década de 1960. En su opinión, la FR aceleró la molecularización de las ciencias de la vida, pero no intervino de manera directa en el surgimiento de la biología molecular como disciplina. Aquí sostengo que esta crítica tiene consecuencias mayores a las que sospeché su autora y muestro que la tesis de la centralidad de la FR en el desarrollo de la biología molecular no se puede desmantelar sin alterar también la visión de la biología molecular como una disciplina orientada a la resolución de problemas predefinidos.

Palabras clave: regulación genética; política científica; transferencia tecnológica; resolución de problemas.

ABSTRACT: Abir-Am has critiqued the standard view that the Rockefeller Foundation (RF) played a central role in the development of molecular biology during the 1960s. In her view, the RF accelerated the molecularization of the life sciences, but it did not directly contribute to building molecular biology's disciplinary identity. Here I argue that Abir-Am's critique has more consequences than she envisioned, and I show that the thesis of the centrality of the RF cannot be dismantled without also altering the view of molecular biology as a field oriented towards the solution of predefined problems.

Keywords: gene regulation; research policy; technological transfer; problem solving.

1. Introducción

En 1982, la historiadora Pnina Abir-Am publicó un texto que cuestionó la tesis estándar, compartida por muchos historiadores de la biología del siglo XX, de que las políticas de financiamiento de la Fundación Rockefeller (FR) durante la década de 1930 jugaron un papel *central* en el surgimiento de la biología molecular en los años sesenta. Su argumento es básicamente que las políticas de la FR, que estaban orientadas a la transferencia tecnológica de las ciencias físico-químicas a la biología experimental, otorgaban financiamiento a científicos bien seleccionados (y con buenas aptitudes administrativas) para que aplicaran las técnicas y herramientas provenientes de la física a

* Agradezco al convenio Alemania-México (PROALMEX CONACYT/DAAD), del cual recibí apoyo económico para realizar una estancia de investigación en el Instituto Max Planck de Historia de la Ciencia de Berlín (MPIWG) en el marco del proyecto "Herencia y evolución: genética y epigenética".



la investigación de problemas biológicos. Abir-Am denomina a este fenómeno la “colonización” de la biología por la física, y sostiene que estaba diseñado para alcanzar un rápido “progreso científico” (Abir-Am 1982a). Si bien la FR fue una de las fuentes de financiamiento más estables durante la transición de la biología clásica (organísmica) a la biología molecular entre 1930 y 1960, de este hecho no se sigue que la FR haya sido importante en el surgimiento de esta disciplina durante los años sesenta (ver también Abir-Am 2002). Como describe Susan Wright (1994), entre 1907 y 1945 las fuentes principales de financiamiento para la investigación en ciencias biológicas (en Estados Unidos y otros países aliados) provenía de fundaciones privadas como la Rockefeller. Durante y después de la segunda guerra mundial, sin embargo, se movilizaron recursos económicos y humanos para servir propósitos militares y otras necesidades asociadas a la guerra. Esta movilización de recursos trajo consigo un alineamiento entre la investigación que se realizaba en las universidades, y en otras instituciones, con los objetivos de los gobiernos federales. Bajo esta interpretación, “la constitución de la biología molecular como una nueva disciplina depende de las configuraciones específicas de poder y conocimiento derivadas de la física y de la biología”, y “el impacto de las políticas de la Fundación Rockefeller consiste en una contribución aparente, más que real, a la nueva configuración del poder de la física y el conocimiento biológico de la que dependería el surgimiento de la biología molecular como nueva disciplina” (Abir-Am 1982a, 344).

La propuesta de Abir-Am desafió la visión de los historiadores Edward Yoxen, Richard Olby, Ditta Bartels y John Fuerst de modo suficiente como para motivar en cada uno de ellos una réplica individual (Yoxen 1982b, Olby 1982, Bartels 1982, Fuerst 1982). En el texto mencionado, y en la subsecuente respuesta a las réplicas, Abir-Am (1982a, 1982b) desmantela tanto la tesis estándar como las objeciones a su crítica de la “visión recibida”, pero durante la discusión emerge una segunda parte de la tesis que, en mi opinión, no ha recibido atención suficiente por parte de los historiadores.

Esta segunda parte tiene que ver con la manera en la que se gestionaba el apoyo económico hacia las ciencias de la vida. Abir-Am desdibuja la imagen compartida de la FR y de Warren Weaver, el director de la división de ciencias de la vida, como el principal agente causal de la disciplinarización de la biología molecular, delimitando perfectamente los puntos de encuentro y desencuentro con otros historiadores. Pero parece coincidir con Yoxen y con Fuerst en que la FR no apoyaba líneas de trabajo, sino personas concretas, en que otorgaba apoyo a individuos que se ocupaban de los *problemas fundamentales* de la biología (bajo la definición de problema redactada por la misma Fundación, en colaboración con sus asesores científicos)¹.

Considérese la tesis estándar de la siguiente manera: la FR fue instrumental en el desarrollo de la biología molecular dada su política de financiar la investigación en

¹ Para Robert Kohler, en cambio, el apoyo no se organizó alrededor de problemas científicos, aun si la naturaleza de los problemas a investigar era importante, sino en función de contextos de productividad: “Weaver estaba involucrado en la [...] organización de la maquinaria social de producción - proyectos, escuelas y redes transdisciplinarias” (Kohler 1991, 301), pero “la preocupación principal de Weaver no era resolver problemas particulares, sino ayudar a aquellos individuos que ejemplificaban un estilo transdisciplinario de hacer ciencia” (Kohler 1991, 353).

torno a los problemas fundamentales de la vida, uno de los cuales era la regulación genética (Kay 1993, 200). La primera premisa: *que la FR fue instrumental o "tuvo un impacto directo" en el desarrollo de la biología molecular*, ha sido cuestionada y discutida a fondo por Abir-Am (1982a, 1982b) y sus interlocutores. La segunda premisa: *que la FR financiaba la investigación en torno a los problemas fundamentales de la vida*, no solamente queda sin escudriñarse, sino que se refuerza mediante la tercera premisa: *que uno de los problemas fundamentales de las ciencias de la vida era la regulación genética*. Más aún, el tratamiento que la regulación genética ha recibido por parte de Hubert Saget (1978), Michel Morange (1998), y otros historiadores, para quienes el modelo del operón (publicado por Jacques Monod y François Jacob en 1961) constituye un pilar conceptual y teórico de la biología molecular, ejemplifica una manera de construir narrativas en el marco de estas proposiciones.

En este trabajo aplico algunos de los argumentos historiográficos desarrollados por Abir-Am (1982a, 1982b, 1985) al caso del operón para mostrar cómo su crítica a la primera premisa de la tesis estándar puede extenderse a la segunda y tercera premisas. Sostengo que, en tanto la regulación genética se considere un problema fundamental del tipo identificado por la FR en los albores de la biología molecular, el lugar que el modelo del operón ocupa en la historia de la biología molecular se acoplará con la tesis estándar y generará una serie de dificultades historiográficas, entre ellas, la idea del operón como concepto o mecanismo fundador de la biología molecular y la evidencia retrospectiva de que, en efecto, éste constituye una solución a un problema fundamental de la biología.

2. Modelo e historiografía del operón

En 1965, François Jacob y Jacques Monod compartieron el Premio Nobel de Fisiología con André Lwoff (un colega del Instituto Pasteur) por sus hallazgos en torno al control genético de la síntesis enzimática. En su artículo publicado en 1961, Jacob y Monod mostraron que el transporte y el metabolismo de la lactosa en la bacteria *Escherichia coli* están regulados por varios factores, incluyendo la disponibilidad de glucosa y de lactosa, y la capacidad de un grupo de genes de afectar su propia expresión.

Jacob y Monod elaboraron un esquema general de la regulación negativa de la expresión genética (figura 1) al que denominaron el modelo del operón *lac*. Consideraron que a partir del gen *i* se sintetiza un represor (una proteína) el cual, en ausencia del inductor (la lactosa), se une al ADN y evita tanto la transcripción de los otros genes como la consecuente síntesis de proteínas. Si aparece el inductor, éste se une al represor y lo inactiva. Pero entonces debe haber una zona del ADN o un componente citoplásmico al que se une el represor: el operador. El operador controla el grupo de genes α , *i* y *y* que forman el operón. Por su parte, la región a la que denominaron promotor es la secuencia de ADN que rige la transcripción de los genes adyacentes.

El Modelo I del esquema original del operón indica que el operador que controla la expresión de los genes estructurales forma parte del mismo segmento genético; el Modelo II indica que el operador es de carácter citoplásmico, de modo que el segmento *o_zy* sufre modificaciones estructurales durante la transferencia de la información.

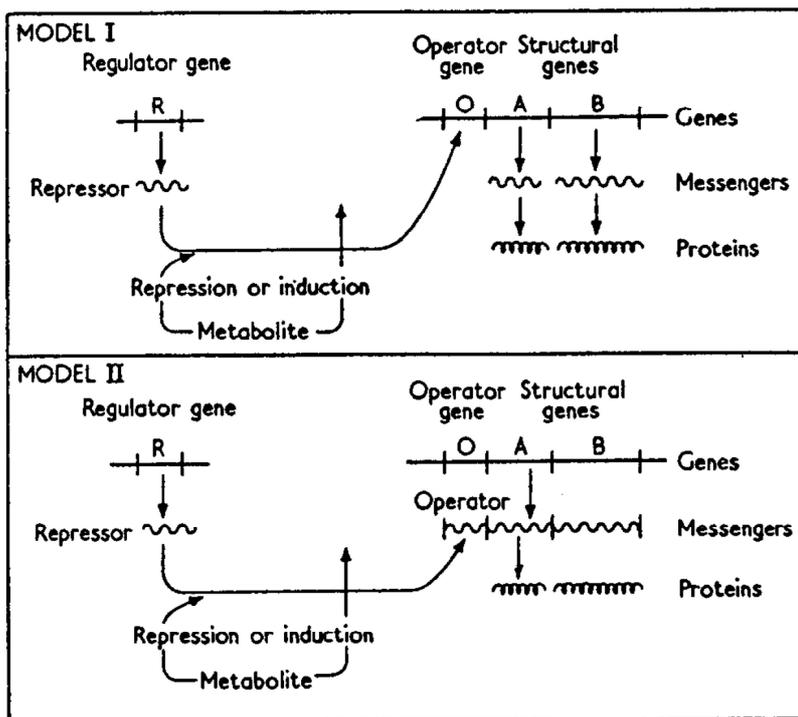


Figura 1. Esquema original del modelo del operón (en sus dos versiones) publicado por Jacob y Monod en 1961 como la Figura 6 de su artículo "Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins" (p. 344).

En 1961 no había evidencia experimental contundente a favor de ninguno de estos modelos, pero ambos eran factibles en aras de que, en cualquiera de ellos, "el segmento *oxy* se comporta como una unidad en la transferencia de información a pesar de que contiene al menos dos genes estructurales que gobiernan dos proteínas independientes" (Jacob y Monod 1961, 344).

En 1960 Jacob fue nombrado director del recién creado Departamento de Genética Celular en el Instituto Pasteur. Para 1963 Jacob y Monod ya habían optado definitivamente por el Modelo I, y es el que prevalece hasta la fecha, aunque los mecanismos específicos se conocen mejor ahora. El operón *lac* fue el primer mecanismo regulador de la expresión genética en ser elucidado, y con frecuencia se utiliza no sólo como un ejemplo clásico de la regulación genética en organismos procariontes, sino también como un ejemplo clásico de la solución a uno de los problemas fundamentales de la biología molecular.

Podemos distinguir dos grandes estrategias para narrar la historia del modelo clásico regulación genética. En la primera, se concibe como un episodio (más o menos protagónico) de la historia de la biología molecular y se destacan, por ejemplo, su aportación teórica a la nueva disciplina (Morange 1998) y su tendencia a incorporar

metáforas cibernéticas que lo subsumieron al discurso informacional de la nueva biología (Kay 1997, 2000). En dos versiones más tempranas de esta estrategia, Saget (1978) se enfoca en la elucidación del modelo del operón y aduce que dicho suceso marca un punto de partida para el desarrollo del aparato conceptual de la biología molecular. Por su parte, Horace Judson (1979) se basa en el testimonio – la “historia de trabajo” – de Jacques Monod, a partir del cual organiza cronológicamente su libro *The Eighth Day of Creation*. El resultado es casi una epopeya, pues se puede decir que erige un monumento a aquellos a quienes llamó “los creadores de la revolución en biología”. Sin lugar a dudas, este libro (el cual se ha traducido a varios idiomas, incluido el español) ha sido un referente obligado para los biólogos moleculares del siglo XX, y de este modo cumple la función social de otorgarles una identidad disciplinar compartida. Pero como nos recuerda Helge Kragh (1987), una estructura disciplinar muchas veces también lleva consigo una mitología compartida.

Una consecuencia historiográfica de partir del operón es que se puede interpretar como una especie de mecanismo primordial que acaba reforzando un “mito de orígenes” (como en el caso de Saget). En este tipo de narrativas se manifiesta “un esfuerzo creciente de los científicos practicantes, especialmente de voceros oficiales, poseedores de premios distinguidos y asesores científicos, para indicar dónde se encuentran los orígenes de la biología molecular”, quiénes son sus héroes y sus ancestros, cuáles son sus tradiciones de investigación y escuelas de pensamiento (Abir-Am 1985, 74). El mito del origen es el relato que determina las conexiones entre los practicantes de una disciplina – en el presente – con sus supuestos antepasados. Otra consecuencia es que la historia de la regulación genética se utiliza como pretexto para narrar la historia más general de la biología molecular: la solución ejemplar a un problema científico propio de la nueva disciplina y a partir de la cual se va hilvanando una serie de descubrimientos (como en el caso de Judson).

En la segunda estrategia historiográfica se acentúa la participación del operón en el proceso de *molecularización* de la biología, es decir, en “las prácticas centradas en las moléculas y en las interacciones de distintos grupos sociales durante la creación y la transformación de estas prácticas” (De Chadarevian y Kamminga 1998, 2). Este segundo tipo de narrativas ubica el modelo del operón en la ciencia de la segunda posguerra, por ejemplo, en el contexto de la militarización-industrialización de la ciencia (Yoxen 1982a), o en Francia, un entorno que busca despojar los estudios biológicos de su carácter médico (Gaudillière 2002a). Se hace hincapié en la creación de alianzas científicas (Creager y Gaudillière 1996) y en los procesos de estandarización de las prácticas de laboratorio (Holmes 2006). Estas estrategias, por supuesto, no son excluyentes, y han sido utilizadas simultáneamente por algunos historiadores (sobresale el trabajo de Kay 1993 a este respecto).

Entre los trabajos que se ocupan del modelo del operón en su relación con la biología molecular, se encuentran aquellos que rescatan las diferencias locales del Instituto Pasteur no sólo respecto de sus contrapartes estadounidenses, sino también respecto de los diferentes programas de investigación que se abordaban simultáneamente en sus distintos laboratorios (Brock 1990; Gaudillière 1993; Burian y Gayon 1999). Otros historiadores analizan la investigación de problemas científicos en un periodo y una

región específicos, e identifican las maneras en las que éstos se tratan, cómo ciertas tradiciones de investigación y programas proporcionan las herramientas para resolverlos, y cómo todo esto ha contribuido a definir la biología molecular como disciplina (Burian y Gayon 1999). La investigación orientada hacia los problemas de la herencia en Francia antes y después de la segunda guerra mundial han sido analizadas por Burian, Gayon y Zallen (1988), Creager y Gaudillière (1996) y Gaudillière (1993, 2002a, 2002b), quienes por ejemplo, han hecho aportaciones importantes en torno a la influencia “extra-mendeliana” en la genética molecular.

Esta elección historiográfica de escudriñar los “principales problemas científicos” fue cuidadosamente delineada por Richard Burian en 1993, cuando no sólo describió el núcleo de problemas alrededor del cual se organizaba el laboratorio de Jacques Monod, sino también la manera en la que esos problemas se articulaban, transformaban y abordaban – el proceso que llamó “definición de la tarea”. El uso que hace Burian del problema como unidad de análisis historiográfico hace énfasis en que el problema no se identifica con el objetivo de producir una solución determinada:

La mayoría de los problemas interesantes en la ciencia son problemas abiertos, sujetos a reformulación. Es recomendable (quizás incluso necesario) que el trabajo en dichos problemas se lleve a cabo mediante un intercambio a través de las fronteras de las disciplinas, los grupos, las tradiciones locales. El oportunismo es la regla para abordar este tipo de problemas, pues probablemente requerirán de movilización a lo largo de interfaces – movilización de técnicas, tradiciones, disciplinas y, en el caso de la biología experimental, una variedad de sistemas experimentales. (Burian 1993, 403)

A pesar de clarificaciones como la anterior, los trabajos citados coinciden en que la regulación genética se describe – ya sea implícita o explícitamente – como un problema científico para el cual el operón constituye una solución. ¿Qué consecuencias tiene esta descripción de la regulación genética?

3. *La crítica de Abir-Am a la luz del operón*

En esta sección confronto las estrategias para narrar la historia del operón (descritas arriba) con las críticas de Abir-Am hacia la tesis de la centralidad de la FR en el desarrollo de la biología molecular. Con ello pretendo mostrar que la crítica de Abir-Am puede extenderse hacia la historiografía del operón. La justificación es la siguiente. En el debate generado por Abir-Am en torno al papel de la FR en la disciplinarización de la biología molecular se discute respecto de la validez y el alcance explicativo de tres modelos: (a) el modelo de transferencia tecnológica de la física a la biología, (b) el modelo de colonización de la biología por parte de la física, y (c) el modelo de reduccionismo teórico y conceptual de la biología molecularizada.

Abir-Am dismantela la evidencia a favor de (c), al tiempo que ofrece nueva evidencia a favor de (a) en función de (b): la colonización de la biología a través de la transferencia tecnológica dominada por los físicos (Abir-Am 1982b, 257). Pero la pregunta de fondo en esta discusión es, en mi opinión, cuál de los tres modelos brinda mejores argumentos y pruebas para explicar cómo es que los científicos financiados por la FR confrontaron, mediante técnicas intervencionistas, los “problemas fundamentales” de la biología. Y es precisamente en torno a esta pregunta de fondo que la

crítica de Abir-Am se queda corta. Veamos cómo opera esta discusión para el caso del operón.

Yoxen describe el surgimiento de la biología molecular como una consecuencia del cambio en las relaciones de poder y protocolos de financiamiento al interior de la FR. Para él, el programa de ciencias naturales es un intento por “seleccionar problemas, sistemas experimentales, métodos y tecnologías de investigación, y por coordinar los resultados de la investigación resultante” (Yoxen 1982a, 129), lo cual concuerda con su descripción de la estrategia administrativa general de la FR, que consistía en “definir un conjunto de fenómenos comunes a todos los organismos, los cuales se pudieran analizar experimentalmente en términos cuantitativos” (Yoxen 1982a, 128) y constituían los “problemas fundamentales” de la biología (Yoxen 1982a, 133).

En la historia de Yoxen, la regulación genética es uno de los problemas fundamentales de la biología y su solución, el modelo del operón, contribuye a construir el “*establishment* científico” de la biología molecular. Yoxen (1982a) caracteriza este *establishment* como un sistema administrativo de la investigación que ponía una enorme cantidad de recursos al servicio de proyectos muy específicos, organizados alrededor de problemas medulares – lo que Shapin (2008) ha llamado el método de solución de problemas por la fuerza bruta.

Abir-Am critica a Yoxen y a Fuerst (quienes comparten una preferencia por el modelo de reduccionismo teórico y conceptual de la biología molecularizada) por suponer equivocadamente que el sesgo filosófico de la FR, que ella describe como “una forma de positivismo ligeramente pasada de moda”, se manifestó en la implementación de una política de financiamiento (Abir-Am 1982b, 257). Sin embargo, su crítica no toma en consideración el tratamiento que Yoxen y Fuerst le dan a los problemas científicos. Para Yoxen, uno de los propósitos de organizar las subvenciones alrededor de problemas científicos era el de “alterar los estándares de lo que contaba como una explicación en biología” (Yoxen 1982a, 133): si el problema se caracterizaba molecularmente, arribar a la solución era sólo cuestión de experimentar y cuantificar. De modo similar, Fuerst (1982) sostiene que la física no sólo proveyó las técnicas para abordar los problemas pre-existentes de la biología, sino que también definió los problemas que se considerarían objetos de estudio de la biología molecular.

Según Yoxen, el “*establishment* científico” ofrecía una trayectoria de investigación ya definida, coordinando los problemas y las prácticas científicas para alcanzar resultados:

Los biólogos moleculares aprendieron a tener una actitud cada vez más instrumental hacia la materia viva con la que trabajaban y se vieron forzados, por presiones de la competencia internacional, a intensificar su grado de especialización en las habilidades de solución de problemas requeridas para permanecer en el campo. (Yoxen 1982a, 136. Énfasis mío)

Pero tenemos evidencia de que, en el caso de la regulación genética, lo que se intensificó no fue la capacidad para reconocer y resolver “problemas fundamentales”, sino el intercambio de gente y de técnicas entre los equipos de Harvard, Berkeley, Caltech, Cold Spring Harbor, los National Institutes of Health (NIH) y el Instituto Pasteur. “El proceso de transferencia tecnológica”, dice Abir-Am, “comúnmente involucra una transferencia geográfica de técnicas y saberes asociados” (Abir-Am 1982a, 350). La defensa de esta tesis, en rechazo del modelo del reduccionismo teórico y conceptual de

la biología molecular, puede ir más lejos. Los autores que han analizado los mecanismos de financiación de la investigación biológica durante la segunda posguerra mundial en Francia (Gaudillière 2002b) y en Estados Unidos (Wright 1994, De Chadarevian 2002) coinciden en que “en los años inmediatamente posteriores a la guerra, el paradigma de la subvención gubernamental orientada a objetivos particulares se fortaleció, desplazando y marginalizando el papel de las fundaciones privadas como patrocinadores de la ciencia” (Wright 1994, 21). El complejo militar-industrial orientado hacia la investigación y el tratamiento de enfermedades humanas se puso en marcha (De Chadarevian 2002), y el contexto francés estaba al pendiente de estos desarrollos. Sin caer en un proceso de americanización de las ciencias biológicas, los científicos franceses adoptaron técnicas y estrategias de sus contrapartes estadounidenses (Gaudillière 2002b).

Durante los años cuarenta y cincuenta hubo un constante flujo de investigadores, de Francia a Estados Unidos y viceversa – lo que Gaudillière (2002a) ha llamado “el viaje de ida y vuelta entre París y Nueva York” –, que aseguraba una circulación transatlántica y masiva de materiales, técnicas, instrumentos y personas. Dos instituciones representaron un papel preponderante en dicha circulación: el Instituto Pasteur, donde trabajaban Jacob y Monod, y Caltech (aunque también participaron Cold Spring Harbor y Harvard). En particular, el contingente californiano del llamado grupo del fago tuvo un peso importante en la construcción de los sistemas experimentales que llegó a utilizar Jacob en el Instituto Pasteur para realizar análisis genéticos.

Más adelante, durante los años cincuenta y sesenta, se conformó lo que Creager y Gaudillière (1996) llaman una “red de regulacionistas”. Un congreso celebrado en Cold Spring Harbor en 1961 sobre “mecanismos de regulación celular” evidencia que los problemas entonces discutidos bajo este rubro no tenían fronteras bien delimitadas, sino que incluían mecanismos de regulación genéticos y metabólicos (o celulares), sobre la base de que, a pesar de sus diferencias obvias (una lidiaba con genes, la otra con proteínas), ambas se afrontaban con una combinación de técnicas provenientes de la genética bacteriana y la enzimología (y con tecnologías como la ultracentrífuga o la electroforesis). El asunto de la regulación era, pues, un problema bioquímico.

Aun cuando los miembros de la red podían reconocer la diferencia conceptual entre regulación genética y celular o metabólica, las fronteras se disipaban y se volvía difícil para ellos mismos hacer distinciones. Compartían la noción de *feedback inhibition* (inhibición por retroalimentación), pero también compartían la necesidad de que sus reuniones fueran “informales” y “lo bastante pequeñas” para descubrir la diversidad de herramientas y objetivos que sólo podían conocerse al comparar agendas de investigación individuales (carta de Bernard Davis a Jacques Monod 1957, citada por Creager y Gaudillière 1996, 9).

El vasto conjunto de trabajos históricos en torno al operón muestra que ni los investigadores ni los administradores científicos identificaron la regulación de la expresión genética como un problema científico genuino, abordable en un nivel de organización molecular, sino hasta que se estableció una analogía entre dos conjuntos de preguntas que formaban parte de la agenda de investigación del *Service de physiologie microbienne* del Instituto Pasteur durante los años cincuenta. Jacob investigaba la lisogenia

y la naturaleza del profago en *Pseudomonas pyocyanea*, mientras que Monod trabajaba en el metabolismo bacteriano y la inducción enzimática en *Escherichia coli*. Aunque trabajaban en temas y modelos experimentales diferentes, y también en diferentes pisos del Instituto Pasteur de París, Jacob y Monod llegaron a la conclusión de que ambos conjuntos de datos experimentales (los provenientes del análisis genético y los del análisis enzimático) podían verse como una manifestación del mismo fenómeno.

Al ser nombrado director del departamento de bioquímica en 1954, Monod mudó su oficina y su laboratorio del ático (el cual compartía con André Lwoff) a la planta baja del edificio, y así les dejó el ático a quienes trabajaban con bacterias y fagos en diferentes aspectos de la lisogenia y el comportamiento de los ácidos nucleicos. Monod continuó trabajando con el sistema *lac* en la síntesis de proteínas. En el ático permanecieron Pierre Schaeffer, por un lado, y Élie Wollman y Jacob por el otro; estos últimos se dedicaron a realizar lo que más tarde sería reconocido propiamente como análisis genético en bacterias. A pesar de la distancia, Jacob y Monod seguían encontrándose en los pasillos del Instituto, donde compartían ideas e impresiones (ver Jacob 1998 y también Lwoff y Ullmann 1979).

El hecho práctico de que la adaptación enzimática se consideraba, desde 1947, como la mejor manera de analizar las propiedades biosintéticas durante el desarrollo del fago (Peyrieras y Morange 2002) fue instrumental en el establecimiento de la analogía entre el trabajo de Jacob y el de Monod – incluso fue el tema central de la Harvey Lecture que presentó Jacob en el verano de 1958 (Morange 1998). Pero “el problema” de la regulación genética no se formuló desde el principio, como parte de la agenda de investigación que perseguirían Jacob y Monod en colaboración. Mucho menos se incluyó entre los “grandes problemas de la biología” contemplados por Linus Pauling en 1945 (ver Kay 1993, 225)². El problema se fue formulando sobre la marcha de la investigación científica, como ha mostrado Burian (1993), o en el transcurso de una trayectoria de investigación, como sugiere Holmes (2001, 2006), posteriormente a la construcción de una analogía entre dos sistemas experimentales, y en el contexto de un nuevo espacio de representación en el cual se reorganizaron esos mismos sistemas experimentales (y las relaciones socio-políticas) para perseguir el recién identificado objeto de la regulación genética. Esto es consistente con las conclusiones que Rheinberger obtiene a partir de su análisis de la síntesis de proteínas en el laboratorio de Paul Zamecnik en Harvard: el trabajo científico no comienza con conceptos básicos bien definidos, ni opera dentro de marcos teóricos o paradigmas que proveen significado a los conceptos, sino que éstos van obteniendo su significado a través de situaciones experimentales (Rheinberger 1997).

Así, al extender la crítica de Abir-Am a la tesis estándar (sobre todo la promovida por Yoxen y Fuerst) al caso del operón, tenemos que lo que “pesó fuertemen-

² En una solicitud enviada a la FR en 1945, Pauling trazó el camino que, según él, habrían de seguir las ciencias de la vida en los siguientes quince años, con un costo total de seis millones de dólares, en la persecución de los “problemas centrales de la biología” (Kay 1993, 225-226). Siguiendo su petición (la cual también iba firmada por George Beadle), la investigación en proteínas jugó un papel central en el programa de procesos vitales de la FR. Para Warren Weaver, las proteínas “entraban dentro de casi todos los procesos vitales” (Weaver, citado en Kay 2000, 49).

te en el contexto concreto de la implementación de las políticas de financiamiento” de la FR (Abir-Am 1982b, 257) fue la traducción de la filosofía reduccionista en una estrategia de inversión organizada alrededor de la transferencia tecnológica de la física a la biología – y, de manera muy importante, *no* alrededor de la solución de problemas biológicos previamente delineados. Gaudillière lo resume de la siguiente manera: “siguiendo la tradición de la molecularización por medio del desarrollo instrumental, la Fundación Rockefeller supo ser un proveedor de aparatos y equipo, especialmente a mediados de los años cincuenta, cuando Monod fue nombrado director del *Service de Biochimie Cellulaire* del Instituto Pasteur” (Gaudillière 2002a, 405).

4. Consideraciones finales

Es cierto que el apoyo de las fundaciones norteamericanas, como la Rockefeller, era particularmente valioso para los franceses puesto que la desvinculación de la medicina, tan deseable para ellos, no era una prioridad para sus propias instituciones (Gaudillière 1993)³. Pero tal como sostiene Abir-Am, la molecularización e institucionalización de la biología (como un proceso técnico, social y cultural) no se explica únicamente a partir de las políticas científicas de la FR. Creer que esto ocurrió es, en palabras de Abir-Am, caer en un “determinismo sociológico”. Aceptar que la biología fue colonizada por “ideas reduccionistas que operan en un vacío sociopolítico” es igualmente sospechoso.

A estas advertencias yo añadiría otra. Los cambios en las prácticas científicas para el estudio de la regulación genética en Francia (sobre todo durante la segunda mitad del siglo XX) no obedecen a una visión abarcadora y coherente, como la de identificar los grandes problemas de la biología y resolverlos, sino a patrones de trabajo locales y muchas veces conflictivos, que requieren la movilización de tecnologías sociales, culturales y materiales. A la luz de este caso, he mostrado que la tesis de la centralidad de la FR en el desarrollo de la biología molecular no se puede dismantelar sin alterar también la visión de la biología molecular como una disciplina orientada a la resolución de problemas previamente definidos.

REFERENCES

- Abir-Am, Pnina. 1982a. The discourse of physical power and biological knowledge in the 1930s: a reappraisal of the Rockefeller Foundation's 'policy' in molecular biology. *Social Studies of Science* 12, n°3: 341-382.

³ Estas impresión también está supeditada a un orden político cambiante. Una vez instalado Charles De Gaulle en la presidencia en junio de 1958, se creó la *Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique* (DGRST), con el propósito de gestionar el apoyo gubernamental a la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en Francia (que ahora dependería menos del apoyo de Estados Unidos). Se establecieron comités locales para impulsar esfuerzos y dominios específicos. Se eligió a Monod y sus colegas del Instituto Pasteur para asesorar el programa que impulsaría la biología molecular en la Francia de la posguerra. Además, el comité reflejaba un balance entre diferentes disciplinas (i.e., microbiología, bioquímica, genética, físico-química, inmunología, enzimología) y también incluía representantes de organismos privados y universidades (Creager y Gaudillière 1996, 17-18).

- Abir-Am, Pnina. 1982b. Beyond deterministic sociology and apologetic history: reassessing the impact of research policy upon new scientific disciplines (reply to Fuerst, Bartels, Olby and Yoxen). *Social Studies of Science* 14, n°2: 252-263.
- Abir-Am, Pnina. 1985. Themes, genres, and orders of legitimation in the consolidation of new scientific disciplines: deconstructing the historiography of molecular biology. *History of Science* 23: 73-117.
- Abir-Am, Pnina. 2002. The Rockefeller Foundation and the rise of molecular biology, *Nature Reviews* 3: 65-70.
- Bartels, Ditta. 1982. The Rockefeller Foundation's funding policy for molecular biology: success or failure? *Social Studies of Science* 14, n°2: 238-243.
- Brock, Thomas. 1990. *The Emergence of Bacterial Genetics*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Burian, Richard. 1993. Technique, Task Definition, and the Transition from Genetics to Molecular Genetics: Aspects of the Work on Protein Synthesis in the Laboratories of J. Monod and P. Zamecnik. *Journal of the History of Biology* 26, n°3: 387-407.
- Burian, Richard, Jean Gayon y Doris Zallen. 1988. The singular fate of genetics in the history of French biology, 1900-1940. *Journal of the History of Biology* 21, n°3: 357-402.
- Burian, Richard y Jean Gayon. 1999. The French school of genetics: from physiological and population genetics to regulatory molecular genetics. *Annual Review of Genetics* 33: 313-349.
- Creager, Angela y Jean Paul Gaudillière. 1996. Meanings in Search of Experiments and Vice-Versa: The Invention of Allosteric Regulation in Paris and Berkeley, 1959-1968. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 27, n°1: 1-89.
- De Chadarevian, Soraya y Harmke Kamminga. 1998. *Molecularizing Biology and Medicine*. Amsterdam: Harwood Academic.
- De Chadarevian, Soraya. 2002. *Designs for Life: Molecular Biology after World War II*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fuerst, John. 1982. The definition of molecular biology and the definition of policy: the role of the Rockefeller Foundation's policy for molecular biology. *Social Studies of Science* 14, n°2: 225-237.
- Gaudillière, Jean Paul. 1993. Molecular biology in the French tradition? Redefining local traditions and disciplinary patterns. *Journal of the History of Biology* 26, n°3: 473-498.
- Gaudillière, Jean Paul. 2002a. Paris-New York roundtrip: transatlantic crossings and the reconstruction of the biological sciences in post-war France. *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci* 33, n°3: 389-417.
- Gaudillière, Jean Paul. 2002b. *Inventer la biomédecine. La France, l'Amérique et la production des savoirs du vivant (1945-1965)*. París: La Découverte.
- Holmes, F. L. 2001. *Meselson, Stahl, and the Replication of DNA*. New Haven: Yale University Press.
- Holmes, Frederic L. 2006. *Reconceiving the Gene: Seymour Benzer's Adventures in Phage Genetics*. Eds. William C. Summers. New Haven: Yale University Press.
- Jacob, François y Jacques Monod. 1961. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. *Journal of Molecular Biology* 3: 318-356.
- Jacob, François. 1998. *The Statue Within*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Judson, Horace. 1979. *The Eighth Day of Creation: The Makers of the Revolution in Biology*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Kay, Lily. 1993. *The Molecular Vision of Life: Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology*. New York: Oxford University Press.
- Kay, Lily. 1997. Cybernetics, Information, Life: The Emergence of Scriptural Representations of Heredity. *Configurations* 5, n°1: 23-91.
- Kay, Lily. 2000. *Who wrote the book of life? A history of the genetic code*. Palo Alto: Stanford University Press.
- Kohler, Robert. 1991. *Partners in Science: Foundations and Natural Scientists, 1900-1945*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Kragh, Helge. 1987. *An Introduction to the Historiography of Science*. New York: Cambridge University Press.
- Lwoff, André y Agnès Ullmann. 1979. *Origins of Molecular Biology: A Tribute to Jacques Monod*. Editado por André Lwoff y Agnès Ullmann. New York: Academic Press.
- Morange, Michel. 1998. *A History of Molecular Biology*. Cambridge: Harvard University Press.
- Olby, Robert. 1982. The sheriff and the cowboys: or Weaver's support of Astbury and Pauling. *Social Studies of Science* 14, n°2: 244-247.

- Peyrieras, Nadine y Michel Morange. 2002. The study of lysogeny at the Pasteur Institute (1950-1960): an epistemologically open system. *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci* 33, n°3: 419-430.
- Rheinberger, Hans-Jörg. 1997. *Toward a History of Epistemic Things. Synthesizing Proteins in the Test Tube*. Stanford: Stanford University Press.
- Saget, Hubert. 1978. *L'Essor de la Biologie Moléculaire, 1950-1965. Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) y Centre de Documentation Sciences Humaines (CDSH).
- Shapin, Steven. 2008. *The Scientific Life: A Moral History of a Late Modern Vocation*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Wright, Susan. 1994. *Molecular Politics*. London: The University of Chicago Press.
- Yoxen, Edward. 1982a. Giving Life a New Meaning: The Rise of the Molecular Biology Establishment. En *Scientific Establishments and Hierarchies, Sociology of the Sciences, Vol 6.*, eds. N. Elias, H. Martins, y R. Whitley, 123-143. Dordrecht: Reidel Publishing.
- Yoxen, Edward. 1982b. Scepticism about the centrality of technology transfer in the Rockefeller Foundation programme in molecular biology. *Social Studies of Science* 14, n°2: 248-252.

VIVETTE GARCÍA DEISTER obtuvo el grado de doctora en filosofía de la ciencia por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en octubre de 2009. Sus intereses abarcan la historia, filosofía y estudios sociales de la biología reciente y contemporánea. Actualmente se desempeña como investigadora asociada en antropología social en la Universidad de Manchester, Inglaterra.

ADDRESS: School of Social Sciences, The University of Manchester, Oxford Road, Manchester, M13 9PL, (UK). E-mail: vivette.garciadeister@manchester.ac.uk