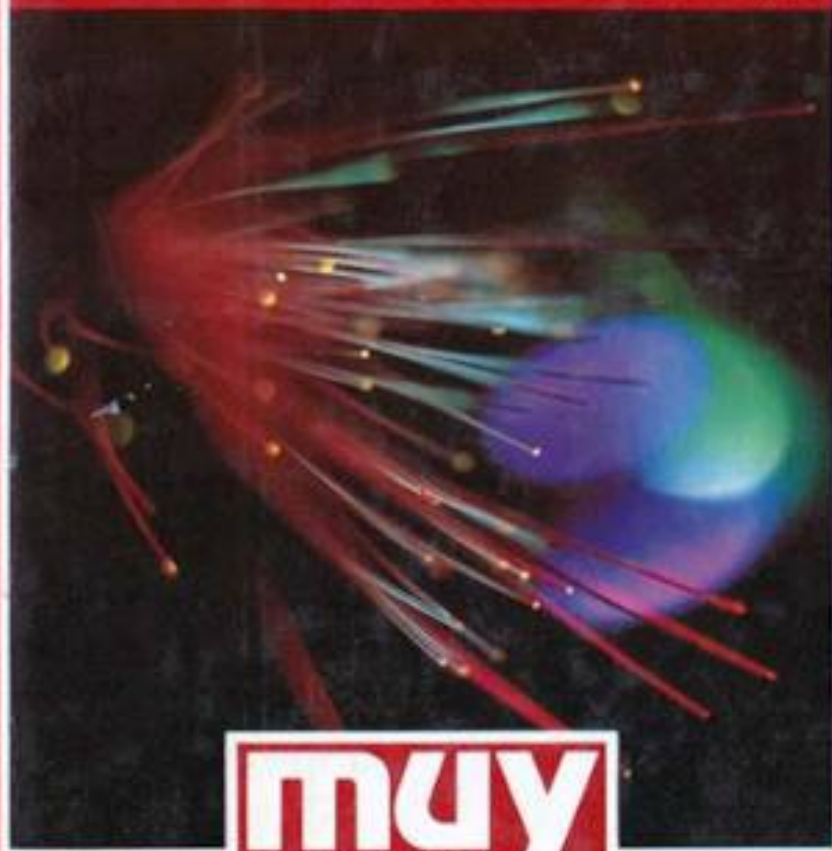


# BIOLOGÍA MOLECULAR

F. Jacob, J. Monod, M. Calvin, E. Tatum,  
J. Brachet, I. Prigogine y otros



**muy**  
INTERESANTE

BIBLIOTECA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

FRANCOIS JACOB  
JACQUES MONOD  
MELVIN CALVIN  
EDWARD L. TATUM  
JEAN BRACHET  
ILLYA PRIGOGINE  
DANIEL BLANGY  
ALAIN BUSSARD  
JEAN-PIERRE CHANGEUX  
PIERRE THUILLIER  
PIERRE VOLFIN

# BIOLOGÍA MOLECULAR

(SELECCIONES DE LA *RECHERCHE*)

EDICIONES ORBIS, S. A.  
Distribución exclusiva para Argentina, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay.  
**HYPAMERICA**

Título original: *LA RECHERCHE en biologie moleculaire* Traducción: M.<sup>a</sup> José Isla Cembrana  
Revisión: Juan Diego Pérez González (biólogo)  
Asesor científico de la colección: Pedro Puigdoménech  
Dirección de la colección: Virgilio Ortega.

© Société d'Éditions Scientifiques, 1975  
© Hermann Blume Ediciones, Madrid 1975  
© Por la presente edición, Ediciones Orbis, S. A., 1985  
© Foto portada: Tony Stone Worldwide/Fototeca

Distribución exclusiva para Argentina, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay:  
HISPAMERICA EDICIONES ARGENTINA, S. A.  
Corrientes, 1437, 4.º piso. (1042) Buenos Aires  
Tels. 46-4385/4484/4419

ISBN: 84-7634-331-0 Depósito legal: M. 25168-1986  
Impreso por Artes Gráficas EMA, S. A. Miguel Yuste, 27. 28037 Madrid

Papel offset COUTO

Encuadernado por LARMOR

Printed in Spain

## INDICE

### [Presentación](#)

#### [1 Cómo nació la biología molecular](#)

por Pierre Thuillier

#### [2 Las fronteras de la biología](#)

por Jacques Monod

#### [3 Biología molecular, la próxima etapa](#)

por François Jacob

#### [4 La biología molecular y el porvenir de la medicina](#)

por Edward L. Tatum

#### [5 Un mecanismo molecular que regula la vida](#)

Las interacciones alostéricas

por Changeux y D. Blangy

#### [6 La mitocondria: Central energética de la célula](#)

por Pierre Volfin

#### [7 El origen celular de los anticuerpos](#)

por Alain Bussard

#### [8 Embriología molecular y diferenciación celular](#)

por Jean Brachet

#### [9 El origen de la vida](#)

por Melvin Calvin

#### [10 La termodinámica de la vida](#)

por Illya Prigogine

### [Bibliografía](#)

## PRESENTACION

Raros son en la historia de las ciencias los ejemplos de periodos tan fructíferos como el que lleva al descubrimiento de la doble hélice del ADN por Watson y Crick, en 1952; a los trabajos que les valieron en 1965 el premio Nobel de fisiología y de medicina a Jacob, Lwoff y Monod. Como testimonia el desencadenamiento de literatura epistemológica y filosófica que resultó, la biología conoció en el curso de esta prodigiosa década una verdadera "revolución científica" a juicio de Kuhn: paso radical de una problemática clásica a una problemática nueva —de la que no se había visto el equivalente desde la doble revolución de la física a principios de siglo.

Mientras que de la misma manera en física la esperanza de una extensa síntesis de nuevas teorías, que igualó en solidez y sobrepasó en amplitud al antiguo edificio newtoniano, había dado lugar a una multiplicidad de investigaciones más profundas pero también más disociadas unas de otras (lo que daba en casi nulidad muchas de las proclamaciones filosóficas demasiado seguras ya de ellas mismas, ya de la ciencia de la que se valían), igualmente la biología parece haberse comprometido, para volver a tomar el término de Bachelard, en una larga aventura de "refundición", en la que la realidad de una investigación frecuentemente apenas menos dispersa, fragmentaria que en física obscurece el ideal grandioso de hace poco: el de un cuadro científico y filosófico único, capaz de recoger y poner en orden toda la riqueza de los conocimientos biológicos adquiridos. Hoy, diciéndolo crudamente, el problema del "secreto" de la vida no parece estar más cerca apenas de ser resuelto que el de la constitución "última" de la materia.

Nada podría servir mejor al lector, biólogo o no, de introducción a estas cuestiones que una recopilación de ar-

títulos de la revista **La Recherche** (anteriormente **Atomes**): no encontrará solamente un precioso cuadro de la biología molecular y su historia en estos diez artículos reunidos, sino también, y de cada autor, reflexiones de orden general — algunas de las cuales conviene leer con prudencia, teniendo en cuenta sus fechas y confrontándolas entre sí, pero que de entrada nos envían a los problemas antes mencionados. Quizás sea éste el principal mérito de las revistas de alta divulgación que “por ejercer más influencia sobre los estudiantes y los jóvenes investigadores que las revistas especializadas y los **“textbooks”** los cuales, si bien responden a las normas más estrictas desde el punto de vista científico, se revelan por esto mismo menos estimulantes para la mayoría de los lectores: esto es lo que apunta Fierre Thuillier en el artículo “Cómo nació la biología molecular”, que abre el compendio.

Dar una perspectiva histórica era indispensable de todos modos. La de Pierre Thuillier tiene la ventaja de sobrepasar ampliamente el nivel anecdótico y de mostrar claramente que una revolución científica como la que nos ocupa no sucede ni por ningún azar milagroso, ni por ninguna necesidad de progreso que estaría escrita desde siempre en el espíritu humano. De tal manera que el establecer, en 1958, el “dogma central” de la biología molecular era continuación de un largo proceso de confrontación entre diferentes corrientes del pensamiento biológico (vitalismo y mecanicismo o, con más precisión, informacionismo y estructuralismo) entre diferentes disciplinas científicas (se verá el papel jugado, directamente o no, por los físicos y los químicos en esta revolución de la biología), entre diferentes temperamentos individuales, entre diferentes posturas filosóficas — con la realidad social entera en segundo término. Sin un retroceso histórico mayor, es muy difícil juzgar cuál es la parte de los diversos protagonistas en el producto final (la biología molecular como disciplina constituida); tanto que este proceso, lejos de quedar relegado en la prehistoria para

*siempre, deja por el contrario una huella durable: subsiste todavía hoy, por ejemplo, una importante diferencia entre el punto de vista genético y el punto de vista bioquímico. ¿Cómo dudar que esta huella del pasado sea llamada a pesar sobre la constitución futura de nuevos "paradigmas", de inéditas problemáticas científicas?*

*A tal señor, tal honor: a esta exposición introductoria le siguen inmediatamente dos artículos ("Las fronteras de la biología" y "Biología molecular, la próxima etapa"), debidos respectivamente a los profesores Monod y Jacob. No nos ha parecido inútil tomar, del primero, las páginas de su célebre libro, el **Azar y la Necesidad**, que **La Recherche** había dado a sus lectores en previa publicación. La lectura de estos extractos no sabría reemplazar la de la obra completa, para quien quiera comprender en profundidad las controversias a las que ésta ha dado lugar; pero basta para mostrar hasta qué punto, en el pensamiento de un gran sabio, el conocimiento de los hechos científicos remite directamente a "desarrollos de orden ético, si no político", como indica Jacques Monod en su prefacio.*

*El artículo de François Jacob, si no está sacado de la obra (**La Lógica de lo viviente**) que a los ojos del público hace de alguna manera pareja con la de Jacques Monod, completa de forma no menos notoria el artículo precedente. En él se verá expuesta sin rodeos la tesis según la cual el conocimiento profundo de los organismos superiores puede y debe edificarse sobre la base de las experiencias de la biología molecular que atañen a los mecanismos elementales. Como tampoco admite J. Monod para el estudio del sistema nervioso central, F. Jacob no admite, para el estudio del programa genético que regula el desarrollo y el funcionamiento de los organismos superiores, la idea de que unas vías de acceso esencialmente diferentes puedan revelarse necesarias. Y de hecho si esta posición audaz es atacada por algunos como "reduccionista", no aparece por ello como menos sólida a la vista de los notables trabajos*

que ha permitido.

Se encontrará en el artículo de Edward L Tatum, "La biología molecular y el futuro de la medicina", el mismo carácter de audacia propio de la mayoría de los investigadores en biología molecular, pero revestido aquí de un optimismo que parece retrospectivamente un poco exagerado. E. L. Tatum, en efecto, cree posible fundar sobre los conocimientos proporcionados por la biología molecular más o menos toda la nueva medicina, y nos promete para los años comprendidos entre 1980 y 1990 gigantescos progresos en un gran número de campos esenciales, desde la cancerología hasta la psiquiatría, sin hablar de las intervenciones eugénicas que entrevé y preconiza. Sin que la calidad propiamente científica de su artículo sea por esto puesta en entredicho, parece claro hoy que el solo hecho de que profecías tan temerarias hayan podido surgir sin chocar indica una cierta debilidad —correlativa a su aparente poder— de la filosofía subyacente al razonamiento de la biología molecular en su periodo triunfante.

Los artículos que siguen son más estrictamente científicos. El lector atento no dejará de advertir la acción de postulados epistemológicos que, según el caso, son parte integrante de esta "nueva filosofía biológica" o al contrario se apartan de ella y parecen indicar la necesidad de nuevas vías. El artículo de Jean-Pierre Changeux y de Daniel Blangy, "Un mecanismo molecular que regula la vida: las interacciones alostéricas", es una excelente ilustración del primer caso: en él se verá funcionar el principio de reducción de la función a la estructura, que está en el corazón de la biología molecular, con una extraordinaria eficacia. Como indica el último párrafo, que trata de las extensiones posibles de esta gestión al estudio del sistema nervioso (eco directo de las preocupaciones expuestas más arriba por Jacques Monod), este principio científico es difícil de dissociar de la tesis filosófica según la cual todos los procesos biológicos son determinados integralmente por procesos mole-



culares (esto es, fisicoquímicos) simples.

El artículo de Pierre Volfin, "La mitocondria: central energética de la célula", parece escapar en una buena parte a esta problemática implícita. No porque P. Volfin no se sirva tanto como los autores precedentes del conjunto de conceptos esenciales a la biología molecular; pero puede ser que en la medida en que no se trata aquí solamente de transmisión de información sino también de cuestiones energéticas, tanto como en la medida en que los procesos descritos no toman sentido más que llevados a ciclos complejos, se ve constantemente remitido a estudiar la acción de entidades biológicas de un nivel superior al de las macromoléculas. Sin duda, se trata siempre, idealmente, de llegar a una comprensión exhaustiva de todos los mecanismos elementales que están en la obra; pero aparecen constantemente puntos en los que esta comprensión nos falla y donde el estudio científico debe hacerse a otros niveles, sin que se pueda mantener como seguro que se trata de un simple retraso cuantitativo en nuestro conocimiento, destinado a ser satisfecho. También, sin que exista por ello contradicción entre estos trabajos y aquellos de los que tratan los artículos precedentes, la perspectiva general que los inspira no es la misma: es difícil imaginar a P. Volfin terminando su artículo con una profesión de optimismo referente a la posibilidad de reducir todos los fenómenos biológicos a sus componentes fisicoquímicos; pues justamente de las cuestiones sobre las cuales él nos habla, la ciencia no ha llegado más que de manera imperfecta, la solución aportada a tal problema cada vez parece aportar, más que otra cosa, nuevos problemas. Señalemos todavía esto: si las mitocondrias, como parece, deben ser consideradas como "la consecuencia genética de la existencia, al principio, de microorganismos, parásitos del citoplasma de su célula huésped", esto lleva a situarse a un nivel evolutivo complejo, donde la biología molecular continúa, sin lugar a dudas, prestando eminentes servicios, pero no parece constituir la

llave de todo el universo biológico.

El artículo de Alain Bussard, "El origen celular de los anticuerpos", es, bajo esta relación, aún más notable, ya que estos problemas epistemológicos son claramente abordados por fin. A. Bussard no descarta, en efecto, la hipótesis que le ha fallado, para responder a los problemas que plantea la inmunología celular, "adoptar nuevas concepciones que, integrando totalmente lo adquirido por la biología molecular, superan a ésta adoptando explicaciones originales", Y citar como aparentemente inoperante en su campo la célebre frase de uno de los padres de la biología molecular, Francis Crick: "Si no entendéis una función, estudiad una estructura". No dejará de ser una sorpresa el constatar a lo largo del artículo cómo, alrededor de cuestiones bien delimitadas, es toda una concepción general de la evolución lo que está en juego.

El artículo de Jean Brachet, "Embriología molecular y diferenciación celular", no es menos sorprendente. Como él indica, "los viejos problemas de otros tiempos continúan planteándose al embriólogo de hoy, pero bajo una forma mucho más concreta". En otros términos, la biología molecular ha permitido a la embriología dar a sus problemas una formulación bastante más precisa y poner a punto los procedimientos técnicos necesarios para verificar experimentalmente tal o cual hipótesis avanzada para dar cuenta de la diferenciación celular; pero no ha transformado fundamentalmente la naturaleza del enigma que nos plantea la morfogénesis de los organismos superiores. Para decirlo todo, la base epistemológica de la biología no está a los ojos de J. Brachet realizada por la revolución reciente; como testimonio de ello está el hecho de que el autor trabajara ya, hace cuarenta y cinco años, "en embriología molecular sin saberlo",

El artículo de Melvin Calvin, "El origen de la vida", nos presenta el conjunto de estos problemas bajo un aspecto bastante diferente. Como lo indicaba J. Monod, en efecto,

la biología molecular debe poder, si pretende cubrir en principio el conjunto de las ciencias biológicas, examinar con éxito la cuestión del origen de la vida. M. Calvin describe aquí para nosotros los gigantescos progresos realizados a nivel de las primeras etapas de la emergencia de la vida: la formación de biomonomeros primero, de biopolímeros después cuyas propiedades estereoquímicas ejercen sobre el azar una poderosa presión. Pero es necesario que la etapa siguiente sea comprendida igualmente bien: si en efecto se está casi en condiciones de dar cuenta, sobre estas bases, de la aparición de entidades tales como los virus, en compensación de la constitución de organismos biológicos en el sentido estricto, es decir claramente provistos de membranas que delimitan un interior y un exterior biológicos diferenciables por la existencia de un metabolismo, queda un enigma. La misma cuestión que hemos evocado repetidas veces vuelve a aparecer aquí: la biología molecular en su forma de pensamiento y en sus técnicas, ¿es una vía de aproximación suficiente para los fenómenos biológicos superiores? Hemos visto que los puntos de vista no eran homogéneos.

El artículo de Ilya Prigogine, "La termodinámica de la vida", con el cual se cierra el conjunto de artículos, es del más alto interés en tanto que, estudiando el problema de la relación entre las leyes de la física y los fenómenos biológicos (problema que había fascinado a todos los primeros investigadores en biología molecular), llegó a conclusiones algo diferentes a las de numerosos biólogos: según él, "no falta razón si se piensa que el fenómeno **vida** es tan previsible como el estado cristalino o el estado líquido". La razón de este desacuerdo probablemente debe ser menos buscada en la diferencia de puntos de vista de la física y de la biología que en el carácter ampliamente diferenciado del sistema mismo de las ciencias físico—químicas: el punto de vista termodinámico introducido aquí por L Prigogine le lleva de la manera más natural a conclusiones que el punto de

*vista estructuralista (en el cual se inspira la biología molecular) no hace aparecer.*

*Pensamos haber dado a conocer que, si estas cuestiones parecen frecuentemente tan difíciles y embrolladas al profano, esto depende en buena parte de las contradicciones que subsisten, incluso se desarrollan, en el mismo seno de la comunidad de biólogos: puede ser ésta la mejor prueba, si es que hace falta alguna, de que la biología es todavía una ciencia viva y fecunda, en la que los múltiples desarrollos no dejan de plantear nuevas interrogaciones. Quizás el lector, al final de esta obra, se sienta menos intimidado ante las teorías epistemológicas que se fundan en tales o cuales investigaciones biológicas y a veces las gobiernan. Tanto al profano como al biólogo, al filósofo como al historiador de las ciencias, le interesa aclarar lo que ahí se juega, en este enmarañamiento de los avances o de las revoluciones científicas, por una parte, y las concepciones del mundo (y a veces los espejismos filosóficos), por otra. El investigador o el estudiante encontrará en esta reflexión el medio de sobrepasar los límites de una especialización que se ha convertido en ineluctable y de volver a coger las grandes corrientes de pensamiento que animan su disciplina, la epistemología, de comprender mejor cómo se produjo concretamente, y no en las esferas etéreas de una ciencia hipostásica, el progreso científico. Unos y otros encontrarán el medio, finalmente, de estudiar las relaciones complejas de la ciencia con el mundo en cuyo seno surgió.*

*Queríamos, para terminar, expresar nuestra gratitud a John Stewart, que nos ha brindado una preciosa ayuda en la elección y la apreciación crítica de los artículos de esta recopilación, así como a Michel C'hodkiewicz, director de **La Recherche**, sin quien este proyecto no habría podido ser llevado a cabo.*

El editor francés

Las referencias entre paréntesis remiten a la bibliografía, al final de la obra.

# 1. COMO NACIO LA BIOLOGIA MOLECULAR

*Pierre Thuillier*

¿Cómo nace una nueva ciencia, una nueva especialidad?. No se ha dado una respuesta a la vez general y satisfactoria a esta pregunta, aunque hayan sido formuladas diversas hipótesis. Joseph Ben-David y Randall Collins, por ejemplo, han estudiado desde un punto de vista sociológico los orígenes de la psicología y han dado la idea siguiente: una nueva disciplina "se desarrolla cuando diversas personas se interesan por una idea nueva no sólo en tanto que tiene un contenido intelectual, sino en tanto que es un medio potencial de establecer una nueva identidad intelectual y en particular un nuevo papel profesional" (1).

Esta interpretación es discutible y ha sido discutida, pero tiene el interés de tomar en consideración simultáneamente el aspecto intelectual y el aspecto social del fenómeno estudiado. La evolución que tiene lugar a nivel de las teorías ("hibridación de las ideas") no está separada de su contexto sociológico ("hibridación de roles"). Es en esta doble perspectiva en la que se va a estudiar el caso de la biología molecular. Se trata de una disciplina totalmente joven; pero se dispone desde ahora de documentos y estudios que permiten si no trazar un panorama completo, al menos discernir sobre un ejemplo preciso algunos de los procesos de la práctica científica efectiva. El segundo plano filosófico y epistemológico no se descuidará, pero trataremos de esclarecer particularmente los diversos aspectos sociales del desarrollo de la investigación: cómo se desarrollan las ideas originales en una colectividad dada, cómo se transmite y es recibida la información científica, cómo se organizan y después se institucionalizan las nuevas investigaciones. No obstante, que quede claro que un estudio de este género no pretende explicar el contenido teórico de la biología molecular por su condicionamiento social: se puede reco-

nocer la importancia de este último sin creer, sin embargo, que la nueva disciplina depende de un estricto determinismo socio-histórico.

### **Del romanticismo al academismo**

En el punto de partida de una disciplina, hay ideas o embriones de ideas a veces muy vagos; en el punto de llegada, en los casos favorables, se producen fenómenos de *reconocimiento* y de *institucionalización* sin los cuales la disciplina no tiene verdaderamente, en una sociedad dada, el estatuto de ciencia. En abstracto, siempre es posible reducir la historia de la ciencias a la historia de puras ideas, donde inventos y descubrimientos se engendran lógicamente. Pero se trata sin duda de una ficción idealista no verosímil, en la mejor hipótesis, más que retrospectivamente, cuando se pasan por alto las épocas pasadas. La vida real de las ciencias es bastante más rica en paradojas y en incertidumbres, y mucho menos lineal. El ejemplo de la biología molecular es muy característico: no ha nacido de los amoncillos ideales y espontáneos de la física y la biología, sino de un entrecruzamiento complicado de ideas y de investigaciones extremadamente diversas (y a veces incluso contradictorias).

Mullins, en un artículo de *Minerva* (39), ha intentado volver a trazar las diversas etapas que separan la creación del "grupo de fago" (por Max Delbrück a finales del año 1930) de la institucionalización oficial de la biología molecular (hacia 1962). Se refiere con esto a los trabajos de Stent (45), que había distinguido tres grandes periodos:

\* Un período romántico, que comienza hacia 1935 con las primeras reflexiones de Delbrück sobre las nuevas tareas de la genética. (El adjetivo "romántico" se justifica por razones que aparecerán más tarde).

\* Un período dogmático, que va desde 1953 a 1963