

Nota biográfica

María Jesús Santesmases es doctora en ciencias químicas y actualmente becaria post-doctoral de la Comunidad de Madrid en la Unidad de Políticas Comparadas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. Email: mjsantesmases@iesam.csic.es Sus publicaciones más recientes son Mujeres científicas en España: profesionalización y modernización social (2000); Entre Cajal y Ochoa: ciencias en la España de Franco (próxima publicación) y “Severo Ochoa and the biomedical sciences in Spain under Franco” Isis vol. 91 (4) (2000) (en prensa).

Centros y periferias: tendencias de la política científica y biología molecular en España

María Jesús Santesmases

En este trabajo se revisa el desarrollo experimentado por las investigaciones biomédicas en España en un doble perspectiva comparada. Por un lado se estudian los orígenes de la política científica en Europa tras la Segunda Guerra Mundial y su influencia en España. Por el otro, se analiza el desarrollo de las experimentaciones en ciencias biomédicas en Estados Unidos y su influencia en España. A efectos de síntesis, ambas perspectivas, la europea y la norteamericana, se consideran inseparables entre sí y en el caso de los Estados Unidos, la enorme y veloz producción de conocimiento científico en las áreas biomédicas se toma como inseparable, a su vez, de las políticas a favor de la ciencia y de la tecnología que se pusieron en marcha en aquel país. Tanto desde EEUU como desde las organizaciones internacionales que surgieron del Plan Marshall (la Organización Europea para la Cooperación Económica, OECE, y su heredera la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE) se implantaron políticas que colaboraron con el establecimiento de las investigaciones en bioquímica y en biología molecular en España.

Políticas internacionales: Estados Unidos, OECE y OCDE en el origen de las políticas científicas europeas

El desarrollo científico y técnico contemporáneo alcanzado por los países occidentales y orientales más influyentes, como Estados Unidos, la Europa del Norte y Japón, tiene raíces históricas. Las limitaciones de este trabajo y su pretendida eficacia analítica aconsejan situar una visión retrospectiva en el nuevo orden y en las nuevas tendencias políticas, culturales y sociales que trajo consigo el final de la Segunda Guerra Mundial. En ese orden, España apenas cabía. La dictadura militar que surgió de la Guerra Civil española (1936-1939) había sido expresamente germanófila durante la Segunda Guerra Mundial, guerra que la ciencia y la tecnología habían ganado, en la que los instrumentos (*tools*) –en términos de Headrick (1981) - de los aliados habían sido las bombas atómicas, el radar, el cálculo automático y la penicilina, por citar sólo algunos de los más conocidos. Los países aliados no podían aceptar un régimen como el español entre aquellos que recibirían de forma inmediata y directa las ayudas que el Secretario de Estado

George Marshall propuso y logró aprobar en Capitol Hill para la reconstrucción de Europa. Las opiniones públicas de sus países, extraordinariamente sensibles a los regímenes no democráticos, no hubieran recibido con agrado el establecimiento de relaciones oficiales con España, ni bilaterales ni con las organizaciones internacionales en la inmediata posguerra mundial.

Esa reconstrucción europea, posible gracias a la ayuda de los Estados Unidos, se repartía por medio de políticas. Políticas económicas, industriales y también educativas, científicas y técnicas. La Organización Europea de Cooperación Económica, OECE, se constituyó en 1948 como organismo principal administrador de los fondos de Plan Marshall, por un lado, y diseminador de políticas de inspiración norteamericana, por otro. Se trata de políticas que, en lo que atañe a la ciencia, eran producto del desarrollo científico y técnico experimentado en Estados Unidos a consecuencia del esfuerzo de la guerra (Bush, 1945; King, 1974).

Los intereses de la defensa occidental de los Estados Unidos fueron el primer vehículo de restablecimiento de las relaciones exteriores del gobierno español a través de la firma del primer Acuerdo entre España y Estados Unidos en 1953, cuyas principales consecuencias consistieron en el establecimiento de un conjunto de bases militares de Estados Unidos en territorio español. Ello tendría su contrapartida económica, y también política (Viñas, 1981). En 1955, un convenio firmado en el marco del Acuerdo permite a Estados Unidos vender a España ciertos excedentes agrícolas; un 30 por ciento de los resultados de las ventas se emplearían en proyectos de desarrollo y un 60 por ciento para “gastos” del Gobierno de Estados Unidos en España. De este último porcentaje se recibiría una pequeña cantidad para la creación, en octubre de 1958, de la Comisión de Intercambio Cultural entre España y los Estados Unidos, conocida como Comisión Fulbright. Inicialmente, la Comisión hizo posible la visita de estudiantes de los EEUU a España, y a partir de 1961 benefició también a universitarios españoles que quisieran optar a completar su formación en Estados Unidos (Bela, 1984).

Por su parte, la agenda política de la OECE incluía la promoción de la formación y la investigación científicas y técnicas al menos desde 1949, cuando se produjo el primer documento sobre información científica y técnica. En él se sugería que la innovación científica y técnica tenían poco que ofrecer a la reconstrucción europea a corto plazo; pero, añadía, una década después se convertiría en asunto de la mayor importancia, por lo que se recomendaba dar comienzo inmediato a experiencias de cooperación científica internacional. En 1959, Dana Wilgress, antiguo embajador canadiense en la OECE y en la OTAN, recibió el encargo de realizar un estudio sobre las organizaciones científicas de los Estados miembros. Los informes de Wilgress, emitidos poco antes de que la OECE pasara a ser OCDE con la inclusión de Estados Unidos y Canadá entre sus miembros, ponían de manifiesto la importancia económica de la ciencia y la necesidad de políticas científicas coherentes. Wilgress recomendó que los asuntos científicos se consolidaran al más alto nivel en el seno de la OCDE y la creación de un grupo, con carácter asesor, de política científica formado por científicos. La OCDE nacía así con la ciencia y la tecnología como parte de su agenda política.

El trabajo de la OCDE en este ámbito se concibió en términos políticos, con la intención de influir en los países miembros, más que a través de la puesta en marcha de proyectos concretos (King, 1974). Fue precisamente en la Conferencia Ministerial de la Ciencia celebrada en París en octubre de 1963 cuando se trató de diseminar entre los países miembros las sugerencias de los informes de Wilgress y del emitido posteriormente por una Comisión Consultiva Especial para la

Política Científica presidida por el francés Pierre Piganiol. Su informe *Science and the policy of governments* (1961), conocido como *Informe Piganiol*, proporcionó un punto de partida para la consideración de la política científica en los términos en los que se conocería y practicaría ya en la década de los 70.

Gummet (1992) ha situado el origen de la política científica en periodos previos al de la influencia de la OECE. Es cierto que el informe de Vannevar Bush *Science, the endless frontier* marcó tendencias a seguir, que Inglaterra fue uno de los primeros países en debatir la coordinación de los esfuerzos nacionales en ciencia y tecnología al final de la guerra, y Francia creó comisiones especiales para diseñar un plan para la investigación científica. En el caso de España, la influencia de la OCDE debe considerarse principal. A través de ella ejercerían Estados Unidos y el resto de Europa la influencia en lo que se refiere a ese dominio de la acción política que en España careció, al menos hasta el I Plan de desarrollo económico (1964-1967), de estrategia política y de presupuesto (Sanz-Menéndez, 1997, esp. cap. 4).

Debe considerarse, pues, la citada Conferencia Ministerial sobre la Ciencia de 1963 como punto de partida para el establecimiento de algunas medidas destinadas a la promoción de la investigación científica y técnica en el marco del desarrollo económico. Una vez admitida España en las instituciones de Bretton Woods (el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial), se había diseñado un Plan económico de Estabilización que entró en vigor en 1959 y que dio fin definitivo a la política autárquica y al aislamiento que habían caracterizado a la década de los 40, primera del gobierno de Franco. Esa política española se había visto paulatinamente neutralizada por la recuperación a lo largo de los años 50 de las relaciones diplomáticas con los países occidentales, su entrada en la ONU y un primer acuerdo con la OECE restringido al ámbito agrícola, firmado en 1955 (Moreno, 1998). Hasta entonces, sin embargo, se habían mantenido relaciones comerciales bilaterales con los países de la vecindad geográfica y política, incluso en los periodos del más duro aislamiento internacional, es decir, en plena posguerra (Guirao, 1998).

Manuel Lora-Tamayo, ministro español de Educación Nacional que encabezó la delegación en la Conferencia de París de 1963, cambió la denominación de su departamento, que pasó a llamarse de Educación y Ciencia. Ese mismo año se creó en España una Comisión Delegada (interministerial) del Gobierno de Política Científica, que dependía directamente de la Presidencia del Gobierno, en un momento en el que se ultimaban los preparativos para la puesta en marcha del I Plan de Desarrollo Económico (1964-1967). La Comisaría General del Plan de Desarrollo, que imitaba a su homónima francesa, le Commissariat Général du Plan, dispuso una aportación presupuestaria para la investigación científica y técnica. Las estimaciones más optimistas, sin embargo, valoraron en un 0.2 por ciento del PIB los gastos anuales españoles en I+D en 1963 (Sanz-Menéndez, 1997).

Los documentos emitidos a lo largo de la década de los 60 por la OCDE recomendaron un mínimo apoyo a la actividad investigadora que pudiera hacer posible el progreso científico y la transferencia de tecnología en Europa. Se sugería la conveniencia de concentrar los esfuerzos alrededor de líderes investigadores de prestigio reconocido con el fin de generar centros de excelencia y masa crítica. Los responsables españoles serían sensibles a estas sugerencias, como se verá más adelante, cuando se dieron coyunturas nacionales favorables.

La influencia de los Estados Unidos, ejercida directamente a través de las ciencias biomédicas

Por su parte, los Estados Unidos, dentro de su estrategia de reorganización del sistema de investigación científica y desarrollo tecnológico que había funcionado tan eficazmente durante la Segunda Guerra Mundial, contaba con una agencia del Public Health Service (PHS), los National Institutes of Health, los cuales desde la inmediata posguerra incrementaron su protagonismo, presupuestario y en producción de conocimiento y de recursos humanos expertos en investigación médica en todos los campos. El presupuesto creciente de los NIH puede comprenderse, según Rasmussen (1997), en el interés igualmente creciente de los Estados Unidos por convertir la fuerza de la bomba atómica en “un servicio a la vida”. Las ciencias de la vida, y en concreto la biología, acumularon apoyo político científico, y por lo tanto presupuestario, como una física de la vida (biofísica).

La mayoría de las agencias de los Estados Unidos que disponían de presupuestos para la investigación empezaron a financiar investigaciones que aplicaban las técnicas físicas a los problemas médicos. Del Department of Energy (DOE) a la Office for Naval Research (ONR) pasando por los propios National Institutes of Health, todas ellas contribuyeron a construir la biofísica, que más adelante asumiría el término y los contenidos de la biología molecular, de la genética molecular y, en general, de la investigación biomédica. A su disposición estaban los aparatos recientemente diseñados: la ultracentrífuga, el aparato de electroforesis y el microscopio electrónico empezaron a ser fabricados y vendidos gracias a que hubo desde 1946 presupuesto más que suficiente en los grupos de investigación de Estados Unidos para adquirirlos. Esas ciencias de la vida venían así definidas más en términos de técnicas que de temas de investigación: las herramientas resultaron cruciales. Incluían el uso de isótopos pesados y radiactivos para estudios metabólicos, rayos X y difracción de electrones para el estudio de las estructuras de macromoléculas biológicas, técnicas de cultivos tisulares y celulares, nuevos métodos para la electrofisiología.

La financiación estatal de la investigación científica y técnica que Estados Unidos había puesto en marcha durante la guerra iba a continuar terminada esta e iba a marcar pautas a seguir por los países de su entorno político. La Guerra Fría, primero, y posteriormente el lanzamiento del Sputnik por los soviéticos en 1957 produjo lo que se ha denominado la era dorada de la investigación en Estados Unidos. Pero parece más bien que para entonces el sistema de investigación médica de aquel país estaba ya poderosamente dotado y contaba con un sistema de formación de recursos humanos que reforzó la tendencia al apoyo creciente a las ciencias biomédicas que se había iniciado en la segunda mitad de la década de los 40, cinco años antes de que se lograría la aprobación de la National Science Foundation propuesta por el informe Bush (Strickland, 1972).

Ese discurso a favor del uso de técnicas físicas aplicadas a las ciencias biomédicas, que había iniciado con éxito Warren Weaver desde la Fundación Rockefeller en pleno periodo de entreguerras (Abir-Am, 1982; Kay, 1993; Kohler, 1991), afectó no sólo a la biología *molecularizada* sino también a la fisiología, a la neurofisiología y a la electrofisiología.

Las condiciones españolas para la investigación científica en los años 60: el caso de la bioquímica y de la biología molecular

El inicio de la década de los sesenta encontró a la escasa comunidad científica española concentrada en las celebraciones que el premio Nobel de Medicina concedido a Severo Ochoa (1905-1993) habían producido en el país. Nacido y formado en las experimentaciones fisiológicas en España, Ochoa dejó su país natal al comienzo de la Guerra Civil española con el fin de sacar adelante su carrera investigadora. En los años previos a la Segunda Guerra Mundial trabajó junto al ya entonces bioquímico, antes fisiólogo, Otto Meyerhof, en Heidelberg (Alemania) y en Inglaterra, entre otros, junto a Rudolf Peters en Oxford. Cuando los científicos británicos empezaron a dedicarse al esfuerzo científico y técnico para la guerra, Ochoa dejó Europa por Estados Unidos. Pasó dos años en el departamento que Carl y Gerty Cori dirigían en la Washington University School of Medicine (St. Louis, MO, USA) dedicados a la bioquímica enzimática y desde 1942 trabajó en la New York University. Primero como Research Assistant, luego como jefe del Departamento de Farmacología y finalmente como jefe del departamento de Bioquímica, Ochoa permaneció en la NYU hasta su jubilación en 1974. Posteriormente, se trasladó al Instituto Roche de Biología Molecular en Nutley (New Jersey) y en 1985 volvió a España para instalarse definitivamente en Madrid.

Su área de especialización, la bioquímica enzimática, permitió a Ochoa en colaboración con su estudiante postdoctoral francesa Marianne Grunberg-Manago, describir en 1955 un nuevo enzima de polimerización de nucleósidos, la polinucleótidos fosforilasa (PNPasa) que permitía obtener polímeros muy semejantes al ácido ribonucleico (ARN). Por ello le concedieron a Ochoa el Nobel de Medicina en 1959, cuando ya era uno de los bioquímicos más distinguidos y respetados de los Estados Unidos – tenía la ciudadanía estadounidense desde 1956. Ese enzima fue una de las principales herramientas experimentales que permitieron al grupo dirigido por Marshall Nirenberg en los National Institutes of Health (Bethesda, Maryland) y al propio grupo de Ochoa contribuir al desciframiento del código genético – a determinar los tripletes de bases del ADN que son responsables de la síntesis de cada uno de los 20 aminoácidos conocidos que forman las proteínas. Y aunque la PNPasa resultó inactiva *in vivo*, es decir, no era responsable de la síntesis del ARN en la célula sino más bien de su disociación, ese enzima permitió a Ochoa trasladar sus intereses de la bioquímica a la biología molecular y desde los años 60 realizar contribuciones influyentes al conocimiento del código genético y de la biosíntesis de proteínas.

En 1960, muy pocos de los jóvenes científicos, hombres y mujeres, que se estaban dedicando a la bioquímica habían aún vuelto a España de los lugares de Estados Unidos, Gran Bretaña y otros países del norte de Europa donde completaban su formación postdoctoral. Pero los que habían vuelto o estaban a punto de volver fueron suficientes como para justificar la organización de una primera reunión Bioquímica en España, que se celebró bajo la presidencia de Severo Ochoa en 1961. Desde entonces, Ochoa estaría muy cerca y seguiría atentamente los desarrollos de las investigaciones bioquímicas que se realizaran en España y apoyó explícitamente a algunos de los jóvenes que trataban de organizar esas investigaciones y de crear, como hicieron finalmente en 1963, una Sociedad Española de Bioquímica (Santesmases y Muñoz, 1997).

La creación de esa nueva Sociedad contaba con el apoyo de las autoridades del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, donde trabajaba la mayor parte de sus primeros socios. El CSIC había sido creado recién terminada la Guerra Civil para promover y coordinar la investigación

científica y técnica en España. Dirigido casi como si fuera una empresa familiar por el secretario general, el sacerdote José María Albareda, éste promocionó la bioquímica por ser un área directamente relacionada con sus intereses científicos. Albareda, químico dedicado a la docencia de la mineralogía y de las ciencias del suelo en la Universidad de Madrid, conservó su puesto de secretario general hasta que murió en 1966. El ministro de Educación, Manuel Lora-Tamayo, él mismo catedrático de Química Orgánica, tomó parte en el evento de creación de la Sociedad y pronunció una de las conferencias plenarias en julio de 1963, pocos meses antes de trasladarse a París para asistir a la citada conferencia internacional de ministros por la ciencia auspiciada por la OCDE.

Ochoa era ya entonces una personalidad científica públicamente reconocida en España. Todas sus vistas al país se recogían en la prensa, aunque algunas de ellas fueran de carácter exclusivamente privado y de descanso. Y pocos eran los que conocían o comprendían sus investigaciones. Pero desde 1961 señaló a un joven médico dedicado a las investigaciones bioquímicas de los enzimas del metabolismo –una de las áreas de especialización del propio Ochoa, en la que había cosechado grandes éxitos como bioquímico- como uno de los investigadores más prometedores. Alberto Sols (1907-1989) y un conjunto de colegas que compartían con él la intención de lograr un mayor protagonismo para la bioquímica en España generaron un consenso de carácter político científico que hizo de esta disciplina científica experimental una de las que más se desarrolló en España durante la década de los sesenta. A lo largo de esa década, los bioquímicos españoles tomaron parte en todo tipo de encuentros científicos internacionales dedicados a la bioquímica: congresos, comités organizativos y consejos editoriales de revistas.

Las tendencias internacionales en biología molecular y su influencia en España

Mientras tanto, la comunidad experta internacional permanecía alerta, atenta a los resultados de nuevas experimentaciones: la biología molecular había logrado atraer la atención de la comunidad científica y estaba logrando lo propio de las autoridades de la política científica de los países europeos. En 1962, los Nobel de Medicina y de Química se repartieron entre cinco muy distinguidos y ya famosos autodenominados biólogos moleculares: Max Perutz, y John Kendrew (por sus contribuciones al conocimiento de la estructura de las proteínas) y James D. Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins (por su contribución al conocimiento de la estructura del ADN). Los cinco se reunieron en Estocolmo para celebrar junto a la Academia Sueca la puesta en escena internacional del primer gran acto de reconocimiento científico público a la biología molecular. Pueden revisarse los Nobel de medicina y de química concedidos desde ese año y se comprueba que una buena parte ha sido logrado por científicos dedicados a las ciencias biológicas y biomédicas *molecularizadas*, esas que han hecho de los ácidos nucleicos las moléculas magistrales (*master molecules*) directoras de la actividad celular.

Con ayuda norteamericana se había puesto en marcha un centro de investigación dedicado a la biología molecular en Ravello, cerca de Nápoles. Eran los años en los que Ochoa completaba, en una carrera sin descanso con el grupo de Marshall Nirenberg, sus investigaciones sobre el código genético. A pesar de que investigaba sobre ello desde 1961, y llevaba desde 1955 trabajando sobre la función de la PNPasa en la síntesis de ARN, sin embargo las conferencias dictadas por Ochoa en España no trataron sobre biología molecular hasta 1963 cuando clausuró la segunda reunión bioquímica con una ponencia titulada “La clave genética”. No había entre el público

científico ningún biólogo molecular, ni tampoco genetistas, aunque todos los asistentes se convirtieron en diseminadores de las nuevas investigaciones de Ochoa, quien estaba conservando su protagonismo científico al introducirse en la biología.

Las técnicas que estaban definiendo a la biología molecular en los países más influyentes se convirtieron en requisito tecnológico para su desarrollo en España. Hay que buscar en la tecnología disponible en los centros españoles de investigación algunas de las explicaciones sobre las dificultades de una completa puesta al día de las experimentaciones que tanto en bioquímica como en biología molecular se hicieron o empezaron a hacerse en el país. Un distinguido centro de investigación madrileño, el Centro de Investigaciones Biológicas, si bien contó desde mediados de los años 1960s con dotaciones técnicas actualizadas, como una ultracentrífuga, aparato de electroforesis y dispositivo para el estudio de los procesos bioquímicos por marcaje isotópico, se trataba de un solo aparato, en el mejor de los casos, para todo un centro de más de cien personas.

Las técnicas estuvieron disponibles y los científicos empleaban en obtenerlas una buena parte del esfuerzo que pudieron haber dedicado a las propias investigaciones. Pero eran escasas, había listas de espera para su uso y esas complicaciones derivadas de una infraestructura incompleta deben considerarse una de las razones por las cuales la comunidad científica dedicada a la bioquímica y a la biología molecular no podía producir el mismo conocimiento biológico ni de manera tan rápida como los centros extranjeros que les servían de referencia y a los que trataban de emular. Estos requisitos tecnológicos de alto coste, aunque se refieren a medios técnicos de tamaño pequeño o mediano, remiten de nuevo al problema de la introducción de la política científica y técnica en su función principal de adscripción de recursos económicos para la investigación. Si la influencia internacional fue determinante en el origen de la política científica española, las limitaciones de la política económica e industrial nacional tuvieron su papel al asignar al desarrollo científico y tecnológico una función secundaria en el desarrollo económico, cuando realmente se les asignó alguna, lo que se expresaba en forma de presupuestos muy limitados, escasos, para ese dominio de la acción política pública.

En 1964 se fundó en Suiza la Organización Europea de Biología Molecular (EMBO) como organización privada, no lucrativa y sujeta al derecho suizo. Si el objetivo inicial de los biólogos moleculares que la impulsaron había sido la creación de un gran laboratorio europeo que frenara la “fuga de cerebros” europeos a los Estados Unidos, donde las condiciones para la investigación eran más favorables que en Europa, aquel objetivo era demasiado ambicioso para los recursos disponibles, la biología no había generado todavía consenso político suficiente como para atraer la necesaria atención de la política científica de los estados europeos. Aunque desde las organizaciones internacionales se promoviera la cooperación científica internacional – ya se ha visto que así era en el caso de la OCDE, y lo estaba siendo también en lo que atañe a la biología desde Unesco y desde el Consejo de Europa- , los recursos políticos y económicos no estuvieron disponibles para el proyecto de laboratorio hasta la década siguiente. El precedente de objetivo comparable había sido el Centro Europeo para la Investigación Nuclear (CERN), provisto de inmensas dotaciones técnicas presididas por el gran acelerador construido a las afueras de Ginebra y creado en los años 50 con el apoyo de UNESCO, cuando aún la política científica en los países europeos no se había constituido como política pública provista de un discurso poderoso y eficaz que la conectaba con el desarrollo tecnológico e industrial de las naciones como lo sería desde los años 60.

Así, EMBO surgió en plena expansión de la influencia de la OCDE en el establecimiento de políticas públicas nacionales. Los científicos ya no eran libres de representarse a sí mismos en las reuniones internacionales como había ocurrido durante las negociaciones que condujeron a la aprobación del CERN (Pestre y Krige, 1992), pues la puesta en marcha de políticas científicas y técnicas nacionales a instancias de las propuestas y los informes emitidos por la OCDE habían creado un espacio político del que los científicos podían formar parte pero del que no eran principales responsables: la política científica tenía rango ministerial, aunque no fueran siempre ministerios dedicados exclusivamente a la ciencia sino generalmente asociados a la educación o a la industria. Los primeros miembros de EMBO impulsaron la organización a través, fundamentalmente, de su propio prestigio científico, hasta 1969 cuando se aprobó que fuera financiada por los Estados miembros, las mismas naciones que ya eran miembros del CERN.

Desde su creación, los científicos miembros de EMBO como colectivo científicamente muy distinguido habían obtenido entre 1964 y 1968 financiación privada para sus actividades, fundamentalmente de la Fundación Volkswagen. Pero no consiguieron por méritos propios el presupuesto para un gran laboratorio de biología molecular europeo. Tampoco era fácil lograr para la biología molecular la consideración de *big science* que hubiera justificado un gasto compartido de costosas instalaciones técnicas. Los aparatos técnicos de los laboratorios de la biología molecular eran de tamaño diminuto comparado con el acelerador de partículas europeo. Pero el discurso sobre la nueva biología, sobre la ciencia de las estructuras macromoleculares y los experimentos que descubrían el *secreto de la vida* estaba en plena diseminación activa. Una biología que marcaba distancias respecto a la bioquímica, cuyos portavoces, presididos por John Kendrew, protagonizaron debates con los bioquímicos sobre qué *nueva* ciencia era esa que tanto se parecía, según el prestigioso bioquímico de Oxford nacido en Alemania Hans Krebs, a la bioquímica (Abir-Am, 1992a y 1992b).

Paradójicamente, el año de la creación de EMBO en Suiza es el mismo año en el que se crea la Federación Europea de Sociedades de Bioquímica (FEBS) en Londres, cuando la bioquímica llevaba ya medio siglo aceptada como disciplina independiente de la fisiología en los países más influyentes, como Estados Unidos y Gran Bretaña (Kohler, 1982). Dos años después, en 1966 Kendrew emitió su informe sobre la conveniencia de promover la biología molecular en Gran Bretaña y Krebs, actuando de portavoz de la Biochemical Society británica, le contestó airadamente afirmando que la biología molecular era en realidad bioquímica.

En 1966 comenzó a circular entre un grupo restringido de bioquímicos españoles un documento en el que se proponía la creación de una “Escuela postgraduada de biología molecular” que Ochoa debía dirigir. Los bioquímicos fueron los primeros impulsores de esta propuesta, cuando los primeros biólogos moleculares españoles formados en la NYU con Severo Ochoa unos, y en Cambridge, en Londres y en Harvard otros, estaban apenas volviendo del extranjero dispuestos a introducir en España los métodos y los saberes de la nueva biología. Ya estaba en marcha el I Plan de Desarrollo Económico, que había sido generoso con la bioquímica española, especialmente si se tienen en cuenta los escasos recursos económicos que se destinaron a la investigación científica y técnica en España en aquellos años del 0,2 por ciento del PIB. Y Ochoa seguía siendo el principal apoyo internacional a la bioquímica que se investigaba en España, mientras presidía la International Union of Biochemistry (IUB) entre 1961 y 1967.

Ese primer proyecto de una escuela posgraduada de biología molecular para España debe relacionarse, por un lado, con la diseminación a través de los grupos de investigación europeos dedicados a las ciencias biológicas y biomédicas del valor que se estaba adjudicando a la biología molecular. Pero además estaba a la vista el modelo de transición desde la bioquímica a esta biología molecular que Ochoa había protagonizado. Los bioquímicos españoles pudieron ser especialmente sensibles a ese trayecto que su más querido y admirado líder científico había hecho. Puede sugerirse que pensaron en protagonizar un tránsito disciplinar semejante, sin las crisis que se estaban produciendo a la sazón en Gran Bretaña.

Sin embargo, tan pronto como los propiamente formados en biología molecular volvieron a España y se instalaron en laboratorios de Barcelona y de Madrid, tomaron el relevo en el protagonismo de promoción de nuevos laboratorios dedicados a esa biología que tantos éxitos internacionales estaba cosechando. Con el apoyo de Ochoa y sin tensiones explícitas, David Vázquez, Margarita Salas y Eladio Viñuela serían algunos de los principales apoyos científicos para el nuevo centro, combinados en comités organizativos con algunos jefes de grupos dedicados a la bioquímica, como Carlos Asensio, Julio Rodríguez Villanueva y Federico Mayor, por citar sólo algunos de ellos. Otro centro se proyectó para Barcelona, con el apoyo de Juan Oró, profesor de Bioquímica y Biofísica de la Universidad de Houston, y el del biólogo molecular catalán Jaume Palau, formado en Londres en técnicas de estudio de estructura e interacciones del ADN.

El nuevo centro de Barcelona, denominado Instituto de Biología Fundamental, se aprobó en 1970 y se instaló temporalmente en unos prefabricados junto a un hospital universitario. El Centro de Biología Molecular previsto para Madrid se demoró unos años. Para cuando fue a inaugurarse en 1975, Ochoa casi había perdido el interés por volver a España, aunque lo inauguró personalmente como parte del programa de un congreso internacional celebrado entre Madrid y Barcelona en homenaje a su 70 cumpleaños, en el que participaron amigos y colegas de Ochoa, entre ellos una docena de premios Nobel. Gracias a una cuantiosa ayuda de la National Science Foundation, los investigadores del CBM contaron con medios técnicos sin precedentes en los laboratorios españoles del área, en cantidad y en calidad suficiente para los tiempos que corrían, y que les mantuvieron extraordinariamente cerca del *mainstream*. Las ayudas de los Estados Unidos deben relacionarse con el entonces renovado acuerdo bilateral de ese país con España, que mantenía su carácter esencialmente militar, y por lo tanto, las instalaciones militares estadounidenses en suelo español.

El apoyo político científico español para la creación de esos nuevos centros de investigación procedió de José Luis Villar Palasí, ministro de Educación y Ciencia entre 1968 y 1972, muy cercano a las ciencias biomédicas. Sus hermanos Carlos Villar y Vicente Villar estaban dedicados a la bioquímica; el primero trabajaba entonces en el laboratorio de Joseph Larner en Cleveland (EE.UU.) y el segundo era profesor de Bioquímica de la Facultad de Farmacia de Barcelona. Ochoa y los grupos de investigación que se mantuvieron en contacto con él generaron el consenso aquel susceptible de concentrar esfuerzos a través de figuras científicas de prestigio que la OCDE había recomendado. Fue una coyuntura política nacional la que hizo posible la influencia de las sugerencias de la OCDE al respecto con el apoyo adicional, cuantioso para los medios económicos que España dedicaba a la investigación, de la National Science Foundation.

La presencia física permanente de Ochoa –que no volvió definitivamente a España hasta 1985 - resultaría, finalmente, prescindible, cuando bioquímica y biología molecular eran ya, a partir de mediados de los años 70 áreas de experimentación que habían alcanzado un consenso académico y político en España que no disminuiría. La alta figura de Ochoa acompañaba a su peso científico, a su influencia. Inspirados por sus logros, amparados en ellos, los bioquímicos y los biólogos moleculares españoles lograron el protagonismo académico de la investigación biomédica que no haría más que crecer (Santesmases, 2000). Todos ellos se habían colocado, por su trabajo investigador y sus estrategias de legitimación académica, extraordinariamente cerca de los nodos más influyentes de las redes de intercambio de reconocimiento de las investigaciones biomédicas contemporáneas.

La tardía creación de una Sociedad Española de Bioquímica, recuérdese que tuvo lugar en 1963, no repercutió en un retraso correspondiente en la introducción de la biología molecular en España. Si las primeras sociedades bioquímicas se habían creado en las primeras décadas del siglo XX, poco después de la creación de las revistas alemanas (*Biochemische Zeitschrift*), de los EE.UU. (*Journal of Biological Chemistry*), británica (*Biochemical Journal*), o francés (*Journal de Chimie Biologique*) (Kohler, 1982), la introducción de la bioquímica en España, que tuvo algunos modestos aunque influyentes intentos en los años 30, se produce de forma irreversible a partir de los años 50, sin revista alguna. La SEB reconoció explícitamente su intención de fomentar la participación de los bioquímicos españoles en esas revistas extranjeras de prestigio estable y reconocido. Aquello fue una marca de salida, pues reconocía explícitamente la superioridad extranjera y las dificultades prácticas de que una revista española de bioquímica alcanzara el reconocimiento que aquellas otras previas habían logrado. Al mismo tiempo, la medida sugiere un intento de obviar la españolidad, de que las contribuciones a la bioquímica hechas desde España llegaran a confundirse con aquellas otras realizadas desde laboratorio más importantes y mejor dotados: los extranjeros.

La conciencia del atraso científico es profunda en el caso de los bioquímicos y generó estímulos suficientes como para lograr que en la década de los 60 la producción de los laboratorios bioquímicos españoles estuviera a la altura de las circunstancias, al día y atendiendo a problemas considerados relevantes por los prestigiosos bioquímicos que formaban parte de los consejos editoriales de las revistas a cuya consideración sometían sus trabajos. Otro asunto era la actualización técnica, que aún se demoraría hasta mediados de los años 70. Si las ayudas de la National Science Foundation de los Estados Unidos fueron fundamentales para el equipamiento técnico de muchos grupos de investigación dedicados a la biología básica, la política científica española también trató de hacer un esfuerzo especial en ello y muchos laboratorios recibieron ayudas especiales para infraestructura cuando Federico Mayor Zaragoza, profesor de Bioquímica de la Universidad de Madrid, era a la sazón subsecretario del ministerio de Educación y Ciencia. En 1975 había en los laboratorios del CSIC varias ultracentrífugas, aparatos de electroforesis y algún contador de centelleo para detección de isótopos radiactivos adquiridos con cargo al Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica y Técnica.

Pero conviene conservar la perspectiva comparada. Debe recordarse que desde 1953 el grupo dirigido por Paul Zamecnik en el Huntington Memorial Hospital de Boston (EE.UU.) poseía un equipo completo de ultracentrífuga y equipamiento de detección de isótopos radiactivos en aminoácidos, lo que les permitió la puesta a punto de un sistema experimental de síntesis de proteínas *in vitro* que se convirtió en usual en todos los laboratorios dedicados a la biología

molecular (Rheinberger, 1997). Se trata, por lo tanto, de dos décadas de distancia. Y se trata, otra vez, de que los grupos españoles siguieron el camino marcado por esos laboratorios biológicos y biomédicos de éxito.

Una dependencia doble

La dependencia de la comunidad científica española y de sus responsables políticos respecto a los países más desarrollados era doble: tecnológica y científica. Ni los dispositivos técnicos se diseñaban ni se construían en España, ni los conocimientos ni las líneas de investigación se planteaban en la comunidad científica española. Existía, además, una dependencia de la trayectoria: había que seguir los pasos marcados por otros. Ambas dependencias combinadas crearon el contexto en el que la introducción de los grupos científicos en el *mainstream*, en el centro (*core*) de las investigaciones biológicas y biomédicas estaba doblemente dificultada. No parecía ser posible, y resulta difícil incluso en una visión retrospectiva, diseñar una vía al desarrollo logrado por otros distinta de aquella que consiste en seguir el camino ya marcado por países influyentes, cuando el desafío consiste precisamente en alcanzar los logros de sus comunidades científicas.

Las propias políticas científicas, sus normas y valoraciones, sus criterios a la hora de distribuir recursos, de evaluar esa distribución, siguieron el mismo camino. No se trataba, ni se trata, de un destino fatal de la ciencia de lo que puede denominarse la periferia europea o semiperiferia, sino de la poderosa influencia que el liderazgo político, científico y tecnológico, extranjero siempre ha ejercido en España desde el fin de la Segunda Guerra Mundial. La evaluación de la política científica española se produce desde hace muy pocos años y la prospectiva está en pleno nacimiento, cuando ambos -evaluación y prospectiva- se habían convertido en herramientas para los políticos de la ciencia europeos y norteamericanos desde la crisis de los 70.

En 1967 pronunció Ochoa el primer curso de biología molecular que dio en España. Cinco sesiones vespertinas organizadas por el círculo liberal de la Sociedad de Estudios y Publicaciones en las que puso a la audiencia al día sobre el conocimiento disponible de la biología molecular. El público que abarrotaba la sala difícilmente estaba preparado para comprender sobre la marcha el enorme número de datos y detalles experimentales que Ochoa manejó ante los asistentes. La prensa recogió resúmenes de las conferencias diarias. Debe considerarse, sin embargo, que el curso contribuyó a ampliar el concepto de biología hacia una ciencia experimental más básica, que se alejaba de la idea entonces prevalente de biología como ciencia natural (estudio de microorganismos, plantas y animales).

Así pues, Ochoa contribuyó, de múltiples maneras, a mantener en España la visibilidad académica, pero también la pública, de la bioquímica y de la biología molecular. Todo lo cual benefició a esas disciplinas y a sus experimentadores. Una vez preparados para realizar experimentos comparables a los que se hacían en los laboratorios extranjeros donde habían completado su formación científica, empezaron a poner en práctica sus propios proyectos en España. Para ello tuvieron muy en cuenta las dificultades técnicas y económicas. Sabían que no podían competir con esos laboratorios extranjeros y en la mayoría de los casos, siguiendo el ejemplo de los bioquímicos españoles con los que se habían formado previamente, optaron por líneas de investigación sencillas aunque novedosas en el panorama científico español, que les permitieran formar a jóvenes investigadores en las nuevas técnicas de la biología molecular sin

competir con los laboratorios extranjeros en los que se habían formado. El caso del grupo de Margarita Salas y Eladio Viñuela ilustra bien este tipo de estrategia, que les permitió no sólo crear escuela sino obtener resultados que les proporcionaron reconocimiento internacional en los primeros años 70 en sus estudios sobre la genética molecular del fago ϕ 29 de la bacteria *B. subtilis* junto a sus jóvenes colaboradores Jesús Ávila y José Manuel Hermoso.

Varios centros dedicados a la biología básica cuentan hoy en España con prestigio reconocido por su alta productividad y por los medios de que disponen. Aún lejos de los grandes laboratorios europeos y norteamericanos, los centros españoles están manteniendo, en la mayoría de los temas de investigación más competitivos, una productividad que crece a mayor velocidad que la de los centros a los que tratan de emular. Aún así, no se ha visto en ningún listado reciente de los que elaboran las revistas científicas más prestigiosas a ninguno de esos centros que han hecho de España un participante muy interesante en la producción de conocimiento biológico, atenta su comunidad científica a las tendencias más influyentes del mundo investigador más desarrollado. Volviendo al pasado reciente en busca de explicaciones debe recordarse que la crisis económica de los 70 supuso un parón en lo que a principios de esa década parecía que iba a ser una creciente participación de la comunidad científica española dedicada a la biología en los temas más famosos y prestigiosos de la investigación biológica básica. A partir de los años 80, la comunidad volvió a recuperarse mientras se renovaban, desde finales de la década anterior, las políticas a favor de un mayor desarrollo científico y tecnológico para España y se redefinían los mecanismos de adscripción de recursos para la investigación, se dotaban comités especializados por área y quedaban establecidas normas para lograr financiación estatal para proyectos de investigación (Sanz-Menéndez, 1997).

Los informes sobre la producción científica española empezaron a ser optimistas desde mediados de los 80, cuando parecía que la investigación científica y técnica entraba a formar parte de la agenda política y a crecer los presupuestos que se le destinaron. En ese tiempo, la producción científica de los países más influyentes era muy superior, aunque creciera más lentamente y la distancia de la producción española respecto a aquella apenas pudo mantenerse, cuando no se agrandó.

La tendencia de la política científica española actual consiste en mantener las ciencias biológicas y biomédicas como principales áreas a promover directamente por medio de la financiación estatal a proyectos de investigación. Así se recoge en el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2000-2003) – sólo las telecomunicaciones la superan en previsión del gasto público en investigación para el año 2000. La introducción de medidas que tratan al mismo tiempo de promover la participación privada en la vida científica y tecnológica española ha cosechado algunos éxitos aislados aunque muy distinguidos. Existe la duda, sin embargo, entre la comunidad experta de si esas medidas de participación privada dotarán al sistema público de investigación de los medios adecuados a sus necesidades, medios que permitan elevar el nivel de competencia de la comunidad científica y darle un mayor protagonismo internacional, en un país que carece de una industria propia interesada en los resultados científicos de los centros públicos. Un estudio reciente (Muñoz et al, 1999) sobre las industrias españolas dedicadas a la biotecnología ofrece datos contradictorios y poco alentadores. El número de empresas que se dedican a la investigación y al desarrollo es bastante reducido, en algunos casos se trata de filiales de carácter comercial que realizan nula o muy escasa investigación, las cuales, cuando lo hacen, es siguiendo directrices de los grandes centros de

investigación que las empresas multinacionales correspondientes poseen en los países donde están sus oficinas centrales. En otros casos, se trata de empresas nacionales que luchan con enorme esfuerzo por encontrar y mantener nichos específicos que no compitan con las multinacionales. La Comunidad Europea, y su Programa Marco dedicado a la ciencia y a la tecnología financia proyectos de cooperación científica y está contribuyendo a estabilizar el prestigio de muchos de los más productivos e influyentes investigadores españoles. Pero las dificultades para lograr un mayor protagonismo internacional se mantienen.

Sobre el logro de un mayor protagonismo internacional conviene hacer algunas matizaciones. Desde Merton se conocen bien las formas de expresión del efecto que él mismo denominó efecto Mateo, por el cual el desarrollo científico proporciona más prestigio a aquéllos y aquéllas que más prestigio tenían previamente. Los listados sobre centros prestigiosos y relevantes se hacen fuera de las fronteras españolas, por revistas que, en su mayoría, carecen de asesores editoriales españoles. Acceder a los centros donde tiene lugar el reparto de prestigio resulta imprescindible. No basta hacer investigación original, competir por publicar en las revistas que gozan de la más alta consideración. Para acceder a esos centros de decisión, es necesario el apoyo político del gobierno, según algunos científicos consultados. Los méritos propios, como ocurrió con el proceso que condujo a la creación del EMBL, no son suficientes. Complejas negociaciones políticas en las que la comunidad científica debe involucrarse parecen haber sido la base a partir de la cual se han construido el prestigio de algunos de los laboratorios europeos más distinguidos, pertenecientes a países con una larga historia moderna y contemporánea de influencia política internacional (Solingen, 1993).

La biología molecular prosperó de manera muy significativa en Francia cuando el propio Jacques Monod formaba parte del grupo de expertos encargados de diseñar la política científica francesa en los años 60 (De Chadarevian and Gaudillière, 1996). John Kendrew, uno de los más eficaces portavoces de la biología molecular en Gran Bretaña y en Europa trabajó para el Medical Research Council británico e influyó decisivamente en el apoyo público a la biología molecular en Gran Bretaña (De Chadarevian, 1997). Y en el caso de España, los momentos más prometedores y exitosos se corresponden con aquellos en los que tuvieron lugar complejas negociaciones entre científicos y responsables políticos para el diseño de nuevos centros de investigación, negociaciones que incluían la celebración de congresos internacionales en España, como fue el que la FEBS celebró en Madrid en 1969 y que la comunidad dedicada a la bioquímica y a la biología molecular aprovechó para reunir a científicos con el ministro de Educación y Ciencia y lograr de su parte un compromiso explícito de fomento de esas áreas en las universidades y en los centros de investigación y en la creación de nuevos centros, con la figura de Ochoa como referente principal de lo que un científico nacido en España y dotado de medios adecuados podía lograr (Santemas, 2000). Ese tipo de actividades político-científicas movilizan recursos económicos y humanos y generan expectativas científicas susceptibles de obtener financiación en forma de proyectos de investigación acordes a ellas.

Tabla cronológica

1939	-Fin de la Guerra Civil Española -Creación del CSIC	
1945		Fin de la Segunda Guerra Mundial
1948		Creación de la OECE
1949		Creación del OECE Working group n° 3 for

		scientific and technical information
1952		Creación de la European Productivity Agency
1953	-Firma acuerdos España-EE.UU. de defensa	Creación de la International Union of Biochemistry (IUB)
1955	-España, miembro de IUB -España, aceptada en la ONU	
1958	-Admisión de España en el BM y en el FMI -Creación de la CAICYT	
1959	-Admisión de España en la OECE -Severo Ochoa, Premio Nobel de Medicina	
1961		-Creación de la OCDE y dentro de ella del Committee for Scientific Research. Informe Piganiol (Pub. París, 1963). -Ochoa, chairman de IUB
1963	-Creación de la Comisión delegada del Gobierno de Política Científica -Creación de la Sociedad Española de Bioquímica	Conferencia ministerial sobre la Ciencia, París, octubre
1964	-Creación del Fondo Nacional para la Investigación Científica	-Creación de la European Molecular Biology Organisation (EMBO) -Creación de la Federation of European Biochemical Societies (FEBS)
1968	-Inicio de contactos oficiales con Ochoa para su vuelta a España. -Política de recuperación de “cerebros emigrados”	
1969	Sixth FEBS Meeting, Madrid, abril	Creación de la European Conference of Molecular Biology (ECMB)
1970	Creación del Instituto de Biología Fundamental, Barcelona	Aprobación del European Molecular Biology Laboratory (EMBL)
1975	Creación del Centro de Biología Molecular “Severo Ochoa”, Madrid	

Cerca y lejos

Como sugiere Mokyr (1990), el progreso tecnológico es frágil y vulnerable, y no sólo depende del medio adecuado; es sumamente sensible al ambiente social y económico, y puede ser fácilmente interrumpido por pequeños cambios externos. Esta afirmación parece especialmente cierta en lo que se refiere a países menos poderosos que los más influyentes, aquéllos que no pudieron conservar su protagonismo y lo que Mokyr llama progreso durante más tiempo.

Desde el fin de la Segunda Guerra Mundial las tendencias en producción de conocimiento y en la política científica han recogido las influencias de los Estados Unidos, el éxito de cuya política tecnológica durante la guerra le convirtió en modelo a seguir, incluso a pesar de que, como dijo Vannevar Bush (1945) en su célebre informe sobre aquella frontera sin fin, esa política consistió en aplicar la ciencia hecha en Europa – la penicilina, el radar, y la propia bomba atómica. Una Europa exhausta y deprimida moral y económicamente se levantó gracias a las ayudas del Plan

Marshall. Y la oficina que distribuyó aquellos fondos para el desarrollo, la OECE, marcó pautas en políticas públicas.

El documento de Bush elevó a la ciencia básica, la convirtió en elemento esencial del desarrollo económico hasta la crisis de los 70. La súbita subida de los precios del petróleo, esa conciencia de los países ricos en crudo pero apenas en vías de desarrollo convertida en crisis económica para el mundo desarrollado, trajo consigo la primera evaluación de la inversión realizada en ciencia y tecnología desde el fin de la guerra. Harvey Brooks, que había tomado parte en los primeros informes sobre los recursos de los países miembros de la OCDE para la ciencia y la técnica desde los años 60, se preguntaba en 1978 por los logros de las investigaciones biomédicas, cuya ciencia básica aún no había cumplido la promesa de ofrecer la cura, o el tratamiento de alguna de las enfermedades tras cuyos nombres se construían proyectos de investigación financiados por las agencias norteamericanas.

Cuando los expertos en política científica de la OCDE, entre los más distinguidos uno de los contribuyentes a este volumen del ISSJ, Jean-Jacques Salomon, influían en la puesta en marcha y en el diseño de políticas nacionales, ellos estaban marcando pautas, un camino a seguir hacia el desarrollo. Para los países europeos, y en general para el Occidente más acá de la línea Este europea, ese era el camino. Podía irse a la zaga, con mayor o menor retraso, pero había unas pautas. Fortalecer las alianzas políticas y económicas de España con el Norte de Europa y de América, llevaba consigo dejarse guiar por las políticas que esos países habían puesto en marcha. Occidente estableció las normas y seguirlas ha sido una consecuencia aparentemente lógica de pertenecer al club del desarrollo. Se ha considerado que los países rezagados optaban al desarrollo científico con la ventaja de conocer los efectos de políticas previas (Jean-Jacques Salomon, comunicación personal). Sin embargo, más bien ha resultado que las organizaciones aprenden a través de sus propias estrategias y políticas, y en mucha menor medida a través de los éxitos y los fracasos de las estrategias y las políticas ajenas.

Las primeras prioridades en política científica en España se aprobaron a mediados de los años 80, una década después de los primeros ejercicios de evaluación en los países más desarrollados. No podían quemarse etapas, probablemente porque unos presupuestos muy escasos para la investigación y el desarrollo tecnológico lo impedían en el marco más general de una limitada política industrial. No pueden diseñarse ni construirse consensos entre autoridades políticas y comunidades científicas con presupuestos exigüos. Una cultura de la política científica estaba experimentando una poderosa expansión, y los resultados en los países más desarrollados resultaban extraordinariamente cautivadores. En el caso de la biología molecular, los experimentos de ADN recombinante, que habían quebrado las barreras naturales entre especies desde los primeros años de la década de los 70 (Wright, 1996), habían cautivado la imaginación, la privada y la pública, la industrial y la científica, la cultural y la política. Desde entonces se habla con énfasis de la próxima cura de enfermedades por ingeniería genética. Si la vacunas y algunos fármacos han optimizado su síntesis en algunos casos por ese mecanismo recombinante, la terapéutica, sin embargo, tiene logros pendientes. Pero el discurso a favor de la ciencia básica se ha mantenido intensa, poderosa, influyentemente (por ejemplo, Baltimore 1978).

El discurso oficial sobre el hecho de que el esfuerzo científico técnico realizado por los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial consistió precisamente en aplicar la ciencia básica hecha en Europa se ha convertido en una generalización. Es decir, la comunidad científica suele

defender que cualquier desarrollo tecnológico o industrial está precedido por la experimentación de tipo básico, con el fin exclusivo de aumentar el conocimiento científico. La ciencia básica resulta, desde el punto de vista de la comunidad científica, sólidamente apoyada en una experiencia histórica, imprescindible para el desarrollo. Todo lo cual, en el caso de España, contribuye a mantener la dependencia exterior, que no es sólo tecnológica o científica: es política. Fue una cultura de la política científica y de lo que debía ser y caracterizar al desarrollo científico lo que estaba en plena expansión. Puede sugerirse que la tendencia es que ese tipo de dependencias se mantengan o aumenten. En el caso de las investigaciones biomédicas españolas, más bien parecen aumentar.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin una larga conversación con Jean-Jacques Salomon en 1997, en la que aprendí sobre historia de la política científica europea mucho más de lo que cualquier libro pueda contar. Estoy en deuda también con Alexander King, que aceptó recibirme en su casa de Londres. Agradezco los comentarios y las sugerencias de Hebe Vessuri y de Emilio Muñoz.

Referencias

ABIR-AM, P.G. 1982. "The discourse of physical power and biological knowledge in the 1930s: a reappraisal of the Rockefeller Foundation policy in molecular biology", *Social Studies of Science* 12, 225-263. (Respuestas a Abir-Am de John Fuerst, Ditta Bartels, Robert Olby and E.J. Yoxen, *Social Studies of Science* 14, 225-263).

ABIR-AM, Pnina G. 1992 a. "From multidisciplinary collaboration to transnational objectivity: International space as constitutive of Molecular Biology", en E. Crawford, T. Shinn y S. Sörlin (eds.)(1992): *Denationalizing Science: the Context of International Scientific Practice, Sociology of Science Yearbook 16*. Dordrecht, Reidel, pp. 153-186.

ABIR-AM, Pnina G. 1992 b. "The politics of macromolecules: molecular biologists, biochemists and rhetoric." *Osiris* 7: 164-191.

BALTIMORE, D. 1978. "Limiting science. a biologist's perspective." *Daedalus* (Spring 1978) 37-45.

BELA, R. 1984. "El intercambio cultural entre España y Estados Unidos de 1953 a 1982", en *Influencia norteamericana en el desarrollo científico español* (Madrid: Asociación Cultural Hispano Norteamericana), 7-17.

BROOKS, H. 1978. "The problem of research priorities." *Daedalus* (Spring, 1978): 171-190.

BUSH, V. 1945. *Science, The Endless Frontier*. Washington D.C.: US Government Printing Office.

DE CHADAREVIAN, S. 1997. Sequences, Conformation, Information: Biochemists and Molecular Biologists in the 1950s. *Journal of the History of Biology*, vol. 29: 361-386.

DE CHADAREVIAN, S. and Jean-Paul GAUDILLIERE, 1996. The Tools of the Discipline: Biochemists and Molecular Biologists, *The Journal of the History of Biology*, vol. 29 (3), pp. 327-479.

GUIRAO, F. 1998. *Spain and the Reconstruction of Western Europe 1945-1957*. Londres: MacMillan.

GUMMETT, P. 1992. "Science and technology policy". *Encyclopedia of Government and Politics*, vol. 2. M. Hawkesworth and M. Kogan, eds. (London-New York: Routledge), 759-776.

HEADRICK, Daniel R. (1981): *The Tools of Empire. Technology and European Imperialism in the Nineteenth Century*. Nueva York-Oxford: Oxford University Press. (Trad. cast. *Los instrumentos del imperio. Tecnología e imperialismo europeo en el siglo XIX*, Madrid: Alianza, 1989).

KAY, L. E. 1993. *The Molecular Vision of Life: Caltech, the Rockefeller Foundation and the Rise of the New Biology*. New York-Oxford: Oxford University Press.

KING, A. 1974. *Science and policy. The International Stimulus*. Londres: Oxford University Press.

KOHLER, R. E. 1982. *From Medical Chemistry to Biochemistry. The Making of a Biomedical Discipline*. Cambridge: Cambridge University Press.

KOHLER, R. E. 1991. *Partners in Science. Foundations and Natural Scientists 1900-1945*. Chicago: University of Chicago Press.

MOKYR, J. 1990. *The Lever of Riches. Technological Creativity and Economic Progress*. Oxford University Press. (Trad. cast. *La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso económico* (Madrid: Alianza, 1993)).

MORENO, A. 1998. *Franquismo y construcción europea (1951-1962)*. Madrid: Tecnos.

MUÑOZ, E. et al. 1999. *Estudio y análisis prospectivo de la biotecnología y su aplicación en España*. Madrid: CEFI. Mimeo.

PESTRE, D. and KRIGE, J. 1992. "Some thoughts on the early history of CERN." In GALISON, P (ed.) *Big Science: The Growth of Large Scale Laboratories*. Stanford: Stanford University Press. 78-99.

RASMUSSEN, N. 1997. "The mid-century biophysics bubble: Hiroshima and the biological revolution in America, revisited." *History of Science* 35: 245-293.

RHEINBERGER, Hans-Jörg (1997): *Toward a History of Epistemic Things. Synthesizing Proteins in the Test Tube*. Stanford: Stanford University Press.

SANTESMASES, M.J. 2000. "Severo Ochoa and the biomedical sciences in Spain under Franco,1959-1975." *Isis* (forthcoming).

SANTESMASES, M.J. y MUÑOZ, E. 1997. "Scientific organisations in Spain (1950-1970)." *Social Studies of Science* 27: 187-219.

SANZ-MENÉNDEZ, L. 1997. *Estado, ciencia y tecnología en España*. Madrid: Alianza.

SOLINGEN, E. 1993. "Between markets and the state: scientists in comparative perspective." *Comparative Politics* 26: 31-51.

STRICKLAND, S.P. 1972. *Politics, Science, and Dread Disease. A short history of United States Medical Research Policy*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

VIÑAS, Á. 1981. *Los pactos secretos de Franco con los Estados Unidos. Bases, ayuda económica, recortes de soberanía*. Barcelona: Grijalbo.

WRIGHT, Susan (1996). *Molecular Politics: Developing American and British regulatory policy for genetic engineering, 1972-1982*. Chicago: University of Chicago Press.