

# **«EL METODO CIENTIFICO EN LAS CIENCIAS BIOMEDICAS»**

## **■ Curso del profesor Alberto Sols**

*Sobre «El método científico en las ciencias biomédicas», Alberto Sols, catedrático de Bioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid, impartió del 13 al 22 de noviembre pasados en la sede de la Fundación Juan March, un curso de cuatro lecciones, en las que abordó los siguientes temas: «El arte de investigar», «El proceso de la investigación», «Publicación y presentación» y «Ética científica».*

En la primera conferencia presenté al doctor Sols el catedrático de Bioquímica y Química Agrícola de la Universidad Politécnica de Madrid, Francisco García Olmedo, Secretario del Departamento de Biología y Ciencias Agrarias de la Fundación, quien calificó al conferenciante como «un pionero y sembrador que ha hecho importantes contribuciones en el campo de la Enzimología y regulación metabólica en una época en la que en España no sólo se carecía de medios materiales para investigar, sino que faltaba un ambiente y tradición de investigación científica». El profesor García Olmedo subrayó la integración que se da en la persona del doctor Sols de bioquímico y biólogo, y afirmó que «su magisterio ha alcanzado a un gran número de bioquímicos españoles».

Reproducimos seguidamente un resumen del curso del profesor Sols.

---

### **EL ARTE DE INVESTIGAR**

---

**E**n las últimas décadas la investigación ha pasado de fenómeno esporádico y marginal respecto a la sociedad a una actividad muy extendida y de enorme transcendencia para el mundo presente y futuro. Los éxitos de la investigación moderna tienen en su base el desarrollo a lo largo de los últimos tres siglos de un método científico para desentrañar los misterios de la naturaleza. Pues bien, curiosamente, el método científico no se enseña regularmente ni en



*ALBERTO SOLS nació en Sax (Alicante) en 1917. En 1946 se doctoró en Medicina y actualmente es catedrático de Bioquímica en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid y consejero de número del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Director del Instituto de Enzimología desde 1954, ha sido galardonado, entre otros premios, con el Nacional de Investigación, Cajal y Juan de la Cierva. Ha publicado más de un centenar de trabajos, en su mayor parte en revistas y monografías de difusión internacional.*

---

las universidades ni en los centros dedicados a la investigación. Es más, en gran parte ni siquiera está escrito en forma sistemática. Esta anomalía se debe en parte a que en la práctica el camino que siguen de hecho los investigadores para su descubrimiento tiene mucho de arte. Y, como otras artes, se siente y se vive, más que se especifica, escribe y enseña. Pero en definitiva, es demasiado frecuente que los jóvenes que aspiran a la investigación aprendan técnicas

concretas mucho más que método científico, que sólo van pescando por ósmosis, a salto de mata y a menudo tras muchos pasos en falso.

Se puede hablar sobre el método científico desde dos posiciones de partida muy diferentes: *el filósofo* de la ciencia y *el investigador* experimentado. Aquí vamos a hablar del método científico vivido y visto por un investigador sin ribetes de «filósofo» en el sentido formal de la palabra. Hay tres componentes importantes en la investigación: *vocación*, *profesión* y *ocasión*. La investigación es una vocación más bien poco frecuente (en parte por atrofia producida por el ambiente desfavorable de nuestros sistemas educativos). Es también una profesión, ya relativamente frecuente (llámense los que deben cultivarla investigadores o profesores). Y es una ocasión bastante frecuente: tesina, tesis doctorales, hallazgos más o menos inesperados en el curso de una vida profesional inteligente y despierta.

En la vocación de investigar la cualidad más importante puede definirse como la *curiosidad científica deportiva*: el afán instintivo de descubrir por uno mismo enigmas de la naturaleza; grandes o pequeños, pero enigmas. Cualidades complementarias importantes son el entusiasmo, la capacidad de concentración, la imaginación oportunamente contrapesada por el espíritu crítico y la dedicación eficaz motivada por la conjunción de curiosidad y ambición. Con ese algo difícil de definir que se llama creatividad, y que depende de una combinación de varios de los factores mencionados.

La *creatividad* tiene mucho de innata. El margen de diferenciación de unos científicos a otros varía grandemente, bastante más que la simple inteligencia y por supuesto que la formación. Ahora bien, la capacidad individual innata se puede ahogar casi siempre completamente; el secreto es buscar eficazmente condiciones favorables para su libre desarrollo y evitar las interferencias que son incompatibles con ella. Entre la primeras destaca lo que se ha designado como «el arte del pensamiento creador»: sesiones más bien cortas de pensamiento concentrado al margen del trabajo ordinario, dedicándose inten-

samente a «pensar por libre». Y como interferencias a evitar, cabe destacar la dispersión, el pluriempleo, la politización y hasta el afán de publicar pronto y mucho.

La investigación es en buena parte el arte de lo soluble. Hay que tener cuidado con las tentaciones de las modas y modelos en investigación; y, por otro lado, es conveniente con mucha frecuencia, y en muchos casos necesaria, la colaboración entre investigadores, vertical u horizontal, relación maestro-discípulo o asociación de especialidades convergentes, dos variantes de complementariedad que pueden valer como producto, más que como suma.

---

## EL PROCESO DE LA INVESTIGACION

---

Toda investigación de alguna envergadura es un largo proceso que requiere una estrategia y una táctica experimental. Ante todo es muy importante plantear buenas preguntas y plantearlas bien. Y en investigación biológica, es frecuentemente muy importante la ayuda de la teleología, la aceptación del principio de que en los seres vivos casi todo está para algo. El planteamiento de una investigación debe atender al largo y al corto plazo en las distintas etapas. Tanto para proyectar una tesis como para solicitar una ayuda de investigación, o para embarcarse en la persecución de un gran objetivo, es importante una cuidadosa planificación a largo plazo. En Estados Unidos se considera normal dedicar varias semanas a la planificación concreta de un proyecto; aunque luego, sobre la marcha, haya que reajustar muchas cosas. Porque el proceso de la investigación implica en sucesión proyectar, planear, experimentar, analizar críticamente los resultados, replantear, volver a experimentar, etc..., hasta llegar a conclusiones. Pensar y experimentar deben estar íntimamente imbricados en el proceso de la investigación, aunque el mayor énfasis en uno u otro camino puede variar grandemente según la personalidad del investigador y la naturaleza del objetivo.

Hay que ponerse en guardia contra el grave peligro de prejuzgar o pedir

ciertos resultados, lo que puede empujar a un colaborador —o al propio investigador— a seguir pistas falsas y tragarse pseudoevidencias en favor del prejuicio. Algunos grandes investigadores se guían por el instinto, «sin hacer planes», pero sólo algunos genios triunfan así: la mayoría de los que optan por este camino simplemente fracasan. A veces surgen problemas entre la persecución de un gran objetivo y la necesidad de producir algo para obtener medios. En este caso es recomendable lo que puede definirse como «el arte de nadar... y guardar la ropa», dedicando algún tiempo y esfuerzo a algún producto concreto sobre la marcha de las investigaciones a largo plazo hacia el gran objetivo.

Se recomienda muy especialmente el método de las múltiples hipótesis de trabajo, muy bien formulado por Chamberlin hace cerca de un siglo y muy armonizable con la gran tesis moderna de Popper, el filósofo del método científico: que las hipótesis deben ser formuladas en términos que se puedan eliminar experimentalmente si no fueran correctas. En general, las supuestas «demostraciones» son más bien apoyos por ser «consistentes con». Los experimentos realmente cruciales son los que permiten decidir de una vez entre grandes alternativas.

---

## **PUBLICACION Y PRESENTACION**

---

Hay actualmente una auténtica explosión de información científica —se publican unas cien mil revistas más o menos científicas, aunque menos del 10 por 100 tienen significación sustancial en el progreso científico, y la mitad de ellas afectan a las ciencias biomédicas— que, doblándose cada aproximadamente una década, acarrea problemas que se van agravando con el tiempo. Hacen falta replanteamientos radicales, generales y particulares. Entre los últimos, para el desarrollo de las ciencias biomédicas en España, convendría mucho la creación de una gran Biblioteca Nacional de Ciencias Biomédicas.

Para los que necesiten estar al día en algo, la sobreabundancia de lite-

ratura científica es un problema acuciante, ante el cual hay que «espabillarse o quedar desbordado»; ya que de otra manera, y mucho más que en tiempo de Ortega, «en vez de estudiar para vivir», «el hombre va a tener que vivir para estudiar». El creciente volumen de revistas científicas originales hace cada vez más importante el utilizar vías de acceso que acorten el esfuerzo manteniéndolo dentro de límites razonables. Estas vías van desde los libros (enciclopedias, monografías, simposios y textos), revisiones (sistemáticas, seriadas o sueltas), abstracts y otros servicios de información con modernas tecnologías incluyendo en particular los servicios personalizados dependientes de grandes bancos de datos computerizados. También es importante tener en cuenta lo que se llama a veces «colegios invisibles»: redes indefinidas de información en áreas científicas más o menos concretas a través de «preprints», cartas, teléfono y viajes de científicos. De cara al futuro, los jóvenes que quieran seguir una carrera científica deben estar muy abiertos al desarrollo de nuevas tecnologías para la localización de la información.

En cuanto a idiomas, hay que tener en cuenta que bastante más del 90 por 100 de lo realmente importante en ciencia original se publica en inglés. La evaluación de trabajos es el segundo gran problema, dadas las enormes diferencias de calidad entre las publicaciones; y es un problema que a escala personal requiere el desarrollo de un «sentido» para evaluar los trabajos que a uno le puedan afectar. En la publicación de los elementos de una investigación, hay cinco cuestiones capitales: qué, cuándo, dónde, cómo (y quiénes). Es altamente recomendable, y muy común en los medios científicos desarrollados, el pedir una crítica del manuscrito a uno o dos colegas; y después, retocado si ha lugar, enviar el manuscrito a la revista escogida y esperar a recibir las críticas editoriales si las hubiere, que casi siempre pueden mejorar el trabajo.

En el mundo científico es muy frecuente que los resultados potencialmente significativos se presenten en reuniones científicas, antes o después de la publicación. La presentación de

resultados debe ser una comunicación, no un soltar el rollo. Hay que preparar un resumen informativo, en inglés si es una reunión internacional. Hay actualmente dos formas básicas de presentación de comunicaciones. La clásica oral, generalmente apoyada por diapositivas, y la moderna —y cada vez más interesante— presentación en paneles (o «posters»).

---

## ÉTICA CIENTÍFICA

---

No hay un código escrito de la ética básica del científico, pero existen unas reglas del juego consistentes en una serie de convenios tácitos; unos de la gran comunidad científica internacional, y otros de ámbito local. El mandamiento básico es: nada antes que la verdad real, el conocimiento de la naturaleza. El investigador debe ante todo buscarla, el docente debe casi ante todo enseñarla y el científico en general debe siempre defenderla. El pecado imperdonable en investigación científica es la falsificación de resultados. La tentación es frecuente, y a veces muy grande.

Durante mucho tiempo la ética científica terminaba dentro de la propia comunidad de los científicos. Ya no. El mundo actual depende, tanto de la ciencia, para bien o para mal, que los científicos tienen ya una muy seria responsabilidad social. Ante todo los investigadores deben tener en cuenta que en el conjunto de sus investigaciones la sociedad —que directa o indirectamente sostiene la inmensa mayoría de ellas— tiene derecho a esperar relevancia, y los investigadores tienen el deber de procurarla.

Pero hay más. La ciencia del siglo XX ha abierto la auténtica caja de Pandora al descubrir poderes capaces de aniquilar la especie humana. La generación anterior, en la década de los cuarenta, descubrió la movilización a voluntad de la energía atómica. La generación actual está descubriendo las bases para un posible arsenal de auténticas bombas biológicas, menos ruidosas, pero quizá más difíciles de controlar que las nucleares. Y, en general, las modernas tecnologías están llevando a la humanidad en una carrera vertiginosa. Y,

entre tanto, la atenuación de los patriotismos, la desintegración de las familias y las espadas de Damocles que pesan ahora sobre la humanidad tienden a inclinar a las actitudes —conscientes o inconscientes— de «después de mí, el diluvio». Pues bien, los científicos podemos y debemos ponernos en vanguardia en la muy necesitada reacción para salvar el futuro. A políticos y científicos debería pedírseles atención permanente y justificación frecuente en términos del futuro, de sus actuaciones y decisiones importantes.

En particular, el progreso de las ciencias biomédicas plantea una serie de problemas éticos específicos. Entre ellos cabe destacar el control de la población (en una Tierra que se está sobresaturando), el aborto terapéutico (con el planteamiento agudizado por la amniocentesis), la eutanasia (frente a las artificiales prolongaciones de vidas vegetativas), la eugenesia (cuando la nueva biología está abriendo posibilidades de mejorar nuestro caudal genético), la ingeniería genética (con la revolución del DNA recombinante), la ingeniería fenotípica (con el aldabonazo de las fertilizaciones in vitro), y la guerra biológica (potencial). En definitiva, el impacto de la «nueva biología» sobre el hombre es tan grande que hace prever la inevitabilidad, e incluso la conveniencia de una muy importante evolución de la moral. La evolución es una de las leyes más básicas de la biología. Y la moral no puede estar al margen de ella. La ciencia de hoy quizá no dicte la ética de mañana, pero al menos la teñirá intensamente. La selección natural arrinconaría a los que se empeñasen obstinadamente en mantener una moral inmutable en un mundo esencialmente mutable y ahora hipermutable.

Los científicos en general, y los biólogos en particular, ya no podemos estar en una torre de marfil. Debemos relevancia para la sociedad. Y como mensaje general, diría que la investigación científica buena, para todo el que tenga un fondo de vocación, es un camino abierto a grandes satisfacciones intelectuales y potencialmente muy útil. Aunque pueda estar mal remunerado y hasta más bien poco estimado.