

## EN TORNO A LA INVESTIGACION BASICA

por el prof. MANUEL ESPINOSA

Del Consejo Superior de Investigación Científica de España

*Investigación fundamental o básica.* No es fácil introducir en el extraño mundo de la investigación básica a los que viven fuera de sus fronteras. Es ésta una actividad muy especial, y para seguirla se requieren hombres superdotados, con un alto espíritu de dedicación y de renuncia, lo cual es difícil de encontrar en la vida moderna. Sin embargo, tal forma de aprovechar el caudal de posibilidades que atesoran los sabios es el promotor más poderoso del progreso y del bienestar del mundo, en nuestros días, y es también, por desgracia, el origen de sus mayores tragedias. A la investigación básica hay que achacar la aparición de drogas como las penicilinas, y ella es también la responsable de la aplicación tanto a los avances del progreso como a la decadencia de la guerra —fría y caliente— de los modernos y espectaculares ingenios de la llamada energía atómica. Ardua empresa será siempre tender un puente entre el sabio investigador de conocimientos básicos y el hombre de la calle; porque no es fácil, por ejemplo, para quien no ha profundizado en la física del núcleo, digerir la importancia del descubrimiento de un nuevo mesón; y, por otra parte, al hombre de cierto nivel tampoco le resulta sencillo vulgarizar su ciencia hasta ponerla al alcance de cualquiera.

¿Qué es investigación básica? Cuando se hizo esta pregunta a un Secretario del Gobierno de los EE. UU., responsable de la distribución de fondos para el armamento, medio en broma y medio en serio, contestó: "es lo que se hace cuando no se sabe lo que se hace". Hay quienes prefieren explicarla como "lo contrario de la investigación práctica", ya que en esta última, una vez hallado lo que se busca, se le encuentra inmediata aplicación. A nuestro juicio, la investigación básica podría definirse como "el estudio de las leyes naturales exclusivamente inspirado en el afán de su propio conocimiento", esto es, sin pensar en una posible o inmediata aplicación. Y así se comprende la gran dificultad con que, en general, tropieza su financiación: el capital necesario para sostenerla no ve, lógicamente, un rendimiento claro, próximo y seguro.

Mas no obstante, la investigación fundamental en toda su pureza, es la auténtica responsable de todos los descubrimientos que jalonan la marcha del progreso. Lo que la sigue, hasta la aplicación práctica o industrial del hallazgo, aunque también sea investigación en el

sentido amplio que tiene que darse a esta palabra, tiene ya un objetivo dirigido y es la meta de unos trabajos que requieren otra calificación. La investigación básica descubrió a lo largo de las generaciones, los hechos cruciales de todas las actividades científicas, técnicas e industriales, aunque no siempre se tuviera la visión inmediata y precisa de su valor potencial: Luis Pasteur anunció que las enfermedades eran producidas por gérmenes, y la reacción que ello produjo fue una sonora carcajada; los trabajos de Einstein, Hahn y otros físicos —ingleses, alemanes, franceses e italianos— fueron decisivos en la obtención de lo que luego fue la bomba atómica; en 1900, el químico inglés Kipping sustituyó el carbono por el silicio en una serie de compuestos orgánicos, y nadie pensó que pudiera haberse creado el cubrión de la hoy potente química de las siliconas; y así podríamos seguir.

Para dar a entender Faraday la importancia de la investigación básica, preguntaba: "¿para qué sirve un recién nacido?"; y a renglón seguido, él mismo se contestaba: "pues de un lactante provino Newton".

La investigación básica está íntimamente ligada a la sorpresa: con ideas audaces que surgen en los cerebros escogidos, con la búsqueda de la verdad en los más variados horizontes de la vida, con descubrimientos inesperados. Es tan extraordinario el interés de la investigación fundamental para el futuro de la humanidad, que éste dependerá del hallazgo de nuevos hechos y de su ulterior aprovechamiento. Desafortunadamente, la investigación básica es cara, hasta el punto de que no hay administración pública ni organización privada en la tierra capaz de sufragar toda la gama de estudios fundamentales que el panorama científico ofrece a la mente del hombre. Y es por eso inevitable que muchas ideas, quizá trascendentales, estén condeñadas a la incompreensión o a un largo periodo de tinieblas.

*Características de la investigación fundamental.* Si el descubrimiento básico ha de serlo realmente, tiene que tener una pura y absoluta originalidad. Podría argüirse que no es fácil buscar lo inesperado o encontrar lo que, por desconocido, no puede anhelarse; pero a ello opondríamos que la investigación básica, aunque sea nueva en un campo ancho y profundo, y aunque sea peligroso fijarle dimensiones y fronteras, siempre cons-

tituirá un destello de luz, sólo accesible a mentes superiores y escogidas que han merecido el regalo de acertar a percibir lo que la naturaleza guardaba con amoroso recato de virginidad.

H. Selye postula tres características fundamentales en la investigación básica, o de los grandes descubrimientos: deberán éstos ser *ciertos*; no sólo como hechos, sino también en su interpretación. Serán, asimismo, *generalizables*. Por último, en el estado de los conocimientos contemporáneos, constituirán una auténtica *sorpresa*.

A veces, lo hallado será una *verdad*; pero no fundamental. Otras, aunque la verdad desvelada sea generalizable y reproducible, puede no constituir una *sorpresa* (las revistas técnicas están llenas de ejemplos que corroboran ambas ideas). En fin, reuniendo estas dos condiciones, ha de constituir, además, un *descubrimiento*, porque no es lo mismo *ver* que descubrir. Hans Zinsser, el famoso bacteriólogo, declaraba: "en la historia de la medicina es frecuente que los descubrimientos científicos no hayan servido más que para esclarecer hechos que ya se habían observado y utilizado, empíricamente, mucho tiempo atrás: el principio del contagio era cosa conocida, y los invisibles microorganismos fueron postulados por Fracastorius un siglo antes de que apareciera el primer microscopio". Y de todos es conocido el descubrimiento por el canadiense Banting, de la insulina, extrayéndola del páncreas, y su dramático empleo, primero con perros y, posteriormente, en el hombre; sin embargo, 17 años antes, el fisiólogo francés Gley había llevado a cabo experimentos similares, con un resultado que se tradujo, simplemente, en una comunicación reservada sin efectos positivos para la humanidad doliente.

La investigación fundamental debe ver, pero también ha de descubrir. Debe penetrar profundamente en el más allá, atravesando la corteza de los conocimientos contemporáneos; mas sin perder la necesaria ligazón con lo que deja atrás, y manteniendo libre y limpio el camino que la una con la realidad conocida y experimentada. Lo cual exige considerar, con singular acierto, todo el complejo de conocimientos ya adquiridos y registrados. El hombre de ciencia, investigador de cosas nuevas, ha de estar al tanto de todo lo que en su campo se sabe. Y ha de saber abstraerse para bucear en lo ignoto, con esa difícil facilidad de los que son capaces de manejar una intuición desembarazándose de las ligaduras que atan, involuntariamente, al cerebro con la memoria.

Esto sentado, no parecerá inútil reclamar una cierta moderación a la imaginación y al pensamiento, y pedir que la investigación de principios esté exenta de excentricidad, y no adolezca de una exagerada tendencia a lo abstracto, ni de demasiada fe en ideas *felices*

que indefectiblemente conducen al aislamiento y al fracaso.

*Investigación aplicada.* La investigación aplicada es otra cosa. Es también una actividad científica. Pero es actividad fundada en el conocimiento de hechos y descubrimientos previos y en el de los procesos de producción: todo ello apoyado en pacientes y sistemáticas experiencias que permitan asegurarse de que lo proyectado es correcto y su aplicación útil. En general, lo que se persigue en los procesos de investigación de una técnica aplicada es la obtención de un prototipo y la concreción de una forma conveniente de industrializarlo.

En cualquier caso, la investigación técnica se beneficia de conocimientos básicos o de verdades comprobadas para obtener un producto que ha de multiplicar la industria. Y el éxito —que en este caso ha de ser primordialmente financiero— suele estar fuertemente engarzado con el término feliz de la investigación. Incluso cuando el resultado es negativo, el *no* puede significar una enseñanza de gran valor.

La investigación aplicada, como el adjetivo indica, busca un objetivo concreto, y éste debe ser de utilidad. Ahora bien, así como la investigación pura siempre lo es, la aplicada se solapa frecuentemente con la *práctica*, porque no sólo necesita de conocimientos previos que ha de aplicar al fin que se propone, sino que muchas veces ha de inquirir otros, quizá secundarios, quizá de menor entidad en el terreno de la ciencia pura, pero típicamente básicos, que accidentalmente le son indispensables para remontar una dificultad surgida inesperadamente. No es por eso fácil trazar una línea divisoria que marque la frontera entre ambos tipos de investigación.

El descubrimiento del transistor es un excelente ejemplo de lo que decimos. Con los trabajos en semiconductores de Bardeen y Brattain y los estudios teóricos de Shockley, se adentró el hombre en el "más allá desconocido" de los *electrones libres* y *huecos*, y de sus movimientos en cristales sometidos a campos. Una investigación básica —impulsada por una gran empresa que creyó vislumbrar en el tema un porvenir espléndido y no lejano— fue seguida por el apresurado empeño de obtener pronto prototipos útiles e industrializables. Se buscaba —y se logró— la obtención para la venta de un nuevo y original componente electrónico. Lo que empezó en 1948 como una investigación exclusivamente básica, adquirió pronto un formidable impulso, y *no se respiró* hasta conseguir desplazar del mercado mundial la mitad de la producción de las válvulas de vacío.

Otro ejemplo; la escisión del núcleo de uranio conseguida por Hahn y Sressmann, en Berlín, en 1939.



También fue auténtica investigación básica. Pero Bohr dio la voz de alarma en los Estados Unidos. Einstein había escrito la ecuación  $E = mc^2$ . Y la escisión del núcleo de uranio que Hahn había conseguido aplicando métodos de microquímica, ponía de manifiesto una pérdida de masa, con la consiguiente necesaria aparición de energía.

Fermi, que trabajaba con Einstein, comenzó a inquirir, y pronto pudo decidirse a lanzar su audaz hipótesis de la emisión de varios neutrones.

Joliot, el mismo año, en Francia, confirmaba esta hipótesis de Fermi: ¿era posible la reacción en cadena? Desde entonces hasta el 30 de diciembre de 1939, cerca de cien trabajos habían visto la luz sobre el trascendental fenómeno. Muy poco después, en ambos lados de la recién iniciada contienda se tendió una espesa cortina de silencio. Pero la investigación básica se había convertido en *aplicada*; en investigación ingenieril, como dicen los sajones. Y la primera bomba atómica alumbró los desiertos de Nuevo México el 16 de julio de 1945. Una vez bien conocida la *verdad básica*, la explosión fue el resultado de un trabajo febril de investigación técnica, salpicado, de cuando en cuando, con los destellos de brillantes ideas que bien merecían el honor de figurar en el campo reservado a las genialidades calificadas de puras.

#### *Ciencia, investigación, ingeniería, desarrollo*

Cuando los ingleses quieren diferenciar la investigación básica de la aplicación, escriben *Science* o *Engineering*. Ambas palabras las definen muy simplemente: la *science* —explican— se preocupa de los descubrimientos originales en el terreno del conocimiento; la *engineering* está ligada a los conocimientos adquiridos por invenciones ya aplicadas. Los americanos, menos precisos, dicen *research and development*, entendiendo por *research* la investigación propiamente dicha, sin discriminación entre la básica y la aplicada (cierto es que también hablan algunas veces de la *basic research*) y cuando piensan en objetivos concretos mediante la aplicación de fenómenos conocidos a un trabajo de investigación que debe dar lugar a prototipos y a procesos industriales, entonces lo llaman un *desarrollo*. Por otra parte, si el período de estudio estrictamente científico está alejado, en el tiempo, de los que preceden inmediatamente a la aplicación, suele haber una clara separación entre la labor de investigación y la de desarrollo o ingeniería; mientras que si el descubrimiento científico es de naturaleza original y nueva, a los esfuerzos de los ingenieros *realizadores* pueden preceder estudios de adaptación, que constituyen así una auténtica nueva técnica.

Hay ejemplos muy ilustrativos: tal, la investigación

sobre el comportamiento de un ala de avión en sus desplazamientos supersónicos a través de un gas: los proyectos que han llevado a los modernos aviones y cohetes con velocidades de varias unidades de Mach, exigieron largos estudios teóricos para profundizar en un sector poco explorado de la física. Otro, lo que ha ocurrido y ocurre con los estudios sobre el comportamiento del cuerpo humano sometido a las grandes aceleraciones y a la falta de oxígeno que han de acompañar a la conquista de la alta atmósfera y del espacio exterior. En éstos y otros casos no es raro ver que un hombre, primordialmente formado para la investigación fundamental, llevado del amor que en todos despierta la creación personal, extiende su trabajo hasta penetrar en el campo de una auténtica producción.

También ocurre con frecuencia, en la industria, el caso contrario: que el ingeniero bien preparado se adentre en los principios fundamentales, esto es, en campos de investigación pura, olvidando, aunque sea por poco tiempo, que su orientación apuntaba a dar forma útil e industrial a los prototipos que otros hubieren ideado. Un caso típico se da en estos momentos, en varias naciones del mundo, con los grupos de ingenieros, físicos y técnicos que, en centros importantes, están intentando dominar la inmensa energía que podría obtenerse, convirtiendo el átomo de hidrógeno pesado en helio, para acercarse a la solución integral del problema mundial de la energía. Para comprobar los valores de parámetros que se han debido postular con anterioridad, hay que acometer continuamente investigaciones aplicadas y estudios básicos. Por ejemplo: ¿cómo medir una temperatura de 20 millones de grados?, ¿cómo y dónde encerrar la materia a esta temperatura?, ¿cómo domeñar los fenómenos oscilatorios que se producen dentro del plasma conseguido y observado?

Hay ocasiones en que el físico que comienza una investigación fundamentada, por ejemplo, en algo tan oscuro como el comportamiento de las órbitas de electrones en un átomo, descubre una aplicación de verdadero valor, que entidades políticas o industriales poderosas estiman de urgentísima y fecunda aplicación.

En resumen, los modernos conocimientos y la actual técnica están acercando los conceptos de ciencia e ingeniería, o, dicho de otro modo, de investigación científica básica e investigación científica aplicada.

#### *Hay que investigar*

La investigación científica admite también un enfoque diferente: *investigar*, quiere decir inquirir para hallar algo; y se puede desdoblar en *buscar* (hacer diligencias para encontrar alguna cosa) y *descubrir* (hallar lo que estaba ignorado o escondido). Ambas facetas exigen un esfuerzo intelectual, personal o colectivo, y

un ansia de remover o escarbar en el más allá, bien con un fin claro, bien siguiendo la intuición de encontrar novedades que se vislumbran.

El gran hallazgo de la penicilina y de sus propiedades microbicidas, fue un auténtico descubrimiento. Muchos bacteriólogos habían visto que los cultivos de microbios se estropeaban con frecuencia cuando quedaban expuestos a la acción de ciertos mohos; la consecuencia que deducían era que al cuidar los cultivos había que mantenerlos bien limpios y alejados de los diminutos hongos. Fue el genio de Fleming el que, al estudiar el fenómeno, pensó en la posibilidad de aprovecharlo para matar los gérmenes que en el organismo del hombre dan lugar a ciertas enfermedades. Lo que el insigne sabio inglés descubrió, aunque se aplicó a un fin determinado, siguiendo varios procesos organizados de desarrollo, fue fruto de un rayo de luz que iluminó su mente superdotada.

Hace algunos años, en el Instituto Nacional de Electrónica de Madrid se observó un extraño fenómeno: puesta una válvula de vacío en el haz de una emisión de ondas centimétricas, se apreció una curiosa interacción

entre la radiación y la válvula. Se repasó la bibliografía y no se encontró nada: ni las más cuidadas revistas técnicas americanas hacían referencia al hecho. Fue un verdadero descubrimiento, que, más tarde, encontró aplicación práctica en el desarrollo de un tubo de vacío detector de microrondas. En cambio, la pasada guerra mundial y también los años transcurridos de la postguerra están saturados de ejemplos típicos de investigación absolutamente dirigida, apuntando hacia objetivos determinados.

El actual sentir del mundo se inclina resueltamente hacia una gran dedicación de esfuerzos y medios a los afanes de investigación científica. Hay que buscar *hechos y verdades* en todos los sectores del saber, y hay que verificarlos experimentalmente. Y ¡pobre de la colectividad humana que desdeñe o no se ocupe diligentemente en esta indispensable actividad! Su vida se desenvolverá absolutamente por lo que otros hacen y ofrecen en los escaparates del mundo. Y el afán de libertad e independencia que late en lo más íntimo del hombre, se sentirá cada vez más esclavizado por el inquieto trabajo de los demás.

## DISTINCION DEL CONSEJO UNIVERSITARIO AL PROF. GABRIEL ALVIAL

El Consejo Universitario, en sesión celebrada el 25 de noviembre pasado, acordó felicitar al prof. Gabriel Alvial, Director del Centro de Radiación Cósmica, por sus trabajos de investigación. El acuerdo fue tomado luego de que el Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, don Carlos Mori, "a propósito del informe presentado por el prof. Alvial sobre el cumplimiento de su comisión en el extranjero, se refirió en elogiosos términos a las investigaciones dirigidas y realizadas por el señor Alvial. Al efecto —se lee en el acta respectiva del Consejo Universitario—, expresa que, en representación de la Corporación, el profesor Alvial participó en la Conferencia Internacional de Radiación Cósmica, celebrada en Japón, en septiembre

pasado, especialmente invitado por la IUPAP. En esta conferencia despertó gran interés su trabajo sobre la proporción en que existen núcleos superpesados en la radiación cósmica. Estos núcleos más pesados que el hierro, inciden a la tierra con energías muy elevadas. Agrega el señor Mori que, en abril de 1960, el profesor Alvial presentó una primera evidencia de tales núcleos al Meeting de la American Physical Society, que se desarrollara en Washington. Terminada la Conferencia de Japón, fue invitado por las autoridades pertinentes para visitar los centros científicos de Italia y Brasil, lo cual le permitió imponerse del desarrollo de las investigaciones espaciales y de radiación cósmica de esos países. Expresa el señor Mori que eminentes investigadores extranjeros han reconocido que el trabajo del profesor Alvial está a la altura de los mejores del mundo. Cree que estos elogiosos conceptos deben significar un gran estímulo para la Corporación y, al mismo tiempo, dan margen para asegurar que Chile, aun a costa de los mayores esfuerzos, debe continuar avanzando en el campo de la investigación".