

## INVESTIGACION PURA E INVESTIGACION APLICADA

Rómulo Ochoa Luna \*

### INTRODUCCION

La investigación científica pura, sólo puede realizarse en las disciplinas básicas, esto es en

MATEMATICAS  
FISICA  
QUIMICA Y  
BIOLOGIA

Asimismo las investigaciones en las ciencias combinadas como la Biofísica, Bioquímica, Fisiología y Ciencias de la Tierra y del Espacio son por su raíz también investigaciones básicas, cuya aplicación inmediata son las ciencias médicas.

Toda otra forma de investigación es aplicada y su desarrollo se conoce como tecnología. Sin embargo hay trabajos de investigación científica que caen en el umbral de ambos tipos y son los resultados los que definen su clasificación.

Ahora bien, se plantea la siguiente pregunta: ¿debe realizarse en el Perú investigación básica prioritariamente a la investigación aplicada?. Estando

---

\* PUCP, Departamento de Ciencias, Sección Química.

nuestro país en vías de desarrollo, aparentemente, la investigación aplicada resulta obvia a fin de satisfacer las necesidades más imperiosas de desarrollo de nuestros recursos sin necesidad de tecnología extranjera. Si bien es cierto que así debe ser, empero nos atrevemos a pronosticar que el arribo a la tecnología propia tomaría mucho tiempo porque inevitablemente tendríamos que importar investigación básica para acelerar la creación de tecnología.

No es un juego de palabras y conceptos, sino simplemente una realidad que tiene que encararse. Los responsables de la dirección de la Universidad, deberán meditar seriamente para establecer el equilibrio docencia-investigación, interviniendo y dando normas de carga docente y realización de investigación. Y que ésta lleve el sello de investigación científica básica.

Como un ejemplo de la forma cómo los países desarrollados han prestado atención a las actividades de investigación científica y tecnológica, presentamos algunos hechos históricos de este aspecto, en los E.U.A., que teniendo el mismo tiempo, casi 500 años, y culturas semejantes, procedentes de Europa, los países latinoamericanos no han tenido el mismo desarrollo industrial.

#### INVESTIGACION BASICA EN LOS E.U.A.

La ciencia ha jugado un rol clave en el desarrollo en los E.U. de un número de pequeñas colonias en la costa este Norte América a una gran potencia mundial, y naturalmente el crecimiento del esfuerzo científico de la nación es paralelo al crecimiento del poder como nación. El mismo paralelismo se observa en todas aquellas naciones en los que la investigación prosperó.

Nuestra seguridad, salud y economía dependen en gran proporción de la investigación científica. El poder nuclear, los satélites artificiales y los antibióticos son ejemplos recientes de la contribución de la investigación científica al bienestar de la nación. Estos avances ocurren en la medida que se adquiere el conocimiento fundamental a través de la investigación básica y es canalizado a la investigación aplicada y desarrollo.

La velocidad del progreso científico y tecnológico es por consiguiente determinado en gran parte por el énfasis puesto en la investigación básica.

#### *Tipos de investigación*

La investigación básica es la continua búsqueda del nuevo conocimiento, una búsqueda sistemática para satisfacer el desafío de lo desconocido, pero sin dirección salvo la que el mismo investigador le da. El se guía primordial-

mente por su interés en aprender más de las obras de la naturaleza. Su trabajo puede contrastar con el de los científicos e ingenieros que conducen investigación aplicada (estudios de laboratorio que conciernen la aplicación práctica de un conocimiento nuevo), o desarrollo, que toma la investigación aplicada fuera del laboratorio y lo traduce a la producción. Los términos *investigación y desarrollo (I y D)* se usan para reunir los tres conceptos: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo.

La secuencia siguiente ilustra los dos tipos de investigación y su acción:

Maxwell postuló la existencia de ondas de radio en 1865 y probó su existencia experimentalmente en 1886 (*investigación básica*). Las investigaciones en la década posterior produjeron finalmente al primer mensaje sin hilos transmitido por Guglielmo Marconi en 1897 (*investigación aplicada*).

Esto fue seguido por la producción de prototipos de radio, televisión y radar (*desarrollo*).

Investigación básica e investigación aplicada, aunque diferentes en teoría, se superponen. La investigación aplicada no cubre mucho del conocimiento nuevo, y los investigadores básicos descubren muchas cosas útiles y prácticas. La diferenciación es un asunto de motivación más que de resultados.

Paradójicamente, mientras la investigación básica, al menos en los E.U. está en esta mitad del siglo gozando su más grande actividad, hay la necesidad vital de la continuación de su crecimiento y expansión de los esfuerzos en la investigación básica.

### *Historia de la Investigación*

La importancia de la investigación básica se entiende mejor en su perspectiva histórica. Aunque su comienzo se pierde en la prehistoria, la ciencia tal como se le conoce ahora, data solamente de tres a cuatro siglos últimos. Sus antecedentes fueron europeos, y con pocas y notables excepciones el progreso de los comienzos de la ciencia americana dependía casi enteramente de las investigaciones que se realizaban en Europa. Esta dependencia fue rota rápidamente en lo que concernía a los inventos mecánicos y su desarrollo tecnológico, pero persistió por buen tiempo la dependencia en investigación básica y teoría.

## *Expansión de la Investigación Americana*

Los colonos siempre vieron a Europa para las ideas científicas y la educación en general. Es remarcable que de las 90 y pico de revistas científicas que había en el mundo antes de 1815, 85 eran inglesas, francesas, alemanas e italianas. Y sólo una era americana "Revista de Ciencia Americana".

A mediados del siglo XIX, sin embargo, el crecimiento de la industria y agricultura americanas trajo consigo la creciente demanda de científicos e ingenieros en el despertar de su rebelión contra los clásicos y los humanísticos. En 1861 la Universidad de Yale fue la primera universidad americana en conceder el grado de doctor en ciencias.

En los 15 años subsiguientes ya habían 25 universidades que concedían similares grados y mientras la educación científica para los americanos continuaba en Europa, el número de entrenados disminuía en cada década. Este tren se aceleró enormemente por causa de la guerra en Europa, dando como resultado una fenomenal expansión de la investigación tanto básica como aplicada en los E.U. durante el siglo XX. De los 128 premios Nobel concedidos de 1901 a 1930, 15 fueron para los científicos americanos. 34 de los 67 premios Nobel fueron para los americanos de 1943 a 1956 por los trabajos sobresalientes en física, química, medicina.

Europa continúa siendo un centro vital de investigación científica. Naturalmente, las comisiones científicas en muchos de los países del mundo aumentan en productividad, y la ciencia en la Unión Soviética asume dimensiones nunca antes vistas. Probablemente en el resto del mundo los esfuerzos económicos por la investigación en gran escala igualan al de los E.U.

Tal vez la diferencia más pronunciada entre la investigación en los E.U. y la mayoría de otros países es el grado de aliento de las industrias americanas y la extensión de la participación de científicos e ingenieros empleados en la industria.

Otras características distintivas de los esfuerzos del país por la investigación son el ámbito y la variedad, su énfasis sobre la ciencia aplicada y sus sobresalientes logros en tecnología. Cualquiera que sea el éxito en tecnología la fortaleza del interés por la investigación básica ha crecido al punto en que su significado es ampliamente conocido, mas no entendido universalmente.

## NATURALEZA DE LA INVESTIGACION BASICA

El conocimiento de la investigación básica se enriqueció en 1945 con la publicación de un prototipo informe CIENCIA: FRONTERA SIN FIN preparado por Vannervar Bush a pedido del Presidente Franklin D. Rossevelt. En su informe Bush escribió: *"La investigación básica se lleva a cabo sin pensar en los fines prácticos. Se realiza para el conocimiento general y el entendimiento de la naturaleza y sus leyes. Este conocimiento general provee los medios para responder un número grande de problemas prácticos importantes, aunque bien no podría dar una completa y específica respuesta a algunos de ellos. La función de la investigación aplicada es proveer de esta respuesta completa. El científico que hace investigación básica puede no estar interesado en la aplicación práctica de su trabajo, pero el progreso posterior del desarrollo industrial puede eventualmente estacionarse si no se pone atención por algún tiempo a la investigación científica básica"*.

Hoy en día es más cierto que nunca que la investigación básica marca el paso del progreso tecnológico.

En el siglo XIX, el ingenio mecánico del norteamericano, basado mayormente en los descubrimientos básicos de los científicos europeos, pudo hacer progresar las artes técnicas. Ahora la situación es diferente.

Una nación que depende de otras en el conocimiento científico básico será lenta en su progreso industrial y débil en su posición competitiva en el mercado mundial, así sea poseedor de habilidad mecánica.

A la investigación básica se le llama "un modo de hacer hablar a la naturaleza" dicho por Polykarp Kusch, un líder americano de la física nuclear. *"Recibo una buena patada al olvido",* dice él, *"además de aprender algo que no conocía antes"*. Otro investigador de física nuclear, Tsung Dao Lee, quien también ganó el Premio Nobel ha dicho que *"algunos de nosotros envueltos en la investigación fundamental no subestimamos la importancia de sus usos prácticos, pero un compositor está primordialmente interesado en componer, y las orquestas sinfónicas nunca podrían actuar sin él"*.

### *Crecimiento de la Investigación y el Desarrollo*

La ayuda a la investigación y al desarrollo ha crecido enormemente desde la Segunda Guerra Mundial. Se ha estimado que los E.U. gastan en investigación y desarrollo en un sólo año, más de los que gastó en toda su historia desde la Revolución Americana hasta el final de la Segunda Guerra Mundial. En

la década de 1951 a 1960 los gastos llegaron a los 80,000 millones de dólares, esto es, cuatro veces más de lo que gastó en la década anterior, período que comprendió la guerra mundial. Estos 80,000 millones igualaron el presupuesto de la nación del año 1961. Aproximadamente el 9% de esta suma se dedicó a la investigación básica: 7000 millones de dólares; ha habido un continuo aumento en los fondos para la investigación y desarrollo, como para la investigación básica.

Los gastos en investigación y desarrollo han aumentado a una velocidad mayor que el producto nacional bruto (PNB), el valor total de la producción nacional de mercadería y servicios, desde un 1.4% del PNB en 1953 hasta un 2.8% en 1961. Esto es probablemente en su mayor parte debido a las necesidades defensivas, del lanzamiento de los Sputniks soviéticos y el deseo de elevar el nivel de salud y la curación de enfermedades, como a las realizadas de las industrias más progresivas que comprenden que la investigación y desarrollo es la llave del crecimiento y prosperidad.

Una idea del tremendo costo del desarrollo comparado con la investigación básica y aplicada puede obtenerse de los datos publicados por la Fundación Nacional de Ciencia. En 1960 del total de los fondos para la Investigación y desarrollo de 12,600 millones de dólares, 1,200 millones fue para investigación básica, 2,900 millones para investigación aplicada y 8,600 millones para su desarrollo.

### *Auspiciadores de la Investigación*

El gobierno federal es la fuente primera de los fondos para la investigación y desarrollo que llega alrededor del 65% del costo total. Los fondos son canalizados a través de contratos con la industria, donaciones y contratos con las escuelas superiores, universidades, institutos tecnológicos y otras instituciones no utilitarias y por sus propios laboratorios.

Los mayores auspiciadores de la investigación y desarrollo nacional son: el Ministerio de Defensa, la Comisión de Energía Atómica (AEC), el Ministerio de Salud, Educación y Bienestar, la Fundación Nacional de Ciencia, el Ministerio de Agricultura, Interior y de Comercio y la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Estos ocho departamentos ó agencias reúnen más del 95% del presupuesto total para la investigación y desarrollo.

La Fundación Nacional de Ciencia respalda aspectos generales de investigación básica en todas las ciencias, mientras que las otras agencias federales se encargan principalmente de la investigación básica íntimamente relacionada

con las áreas de su especialidad, tales como la NASA en el espacio y la AEC en energía nuclear.

### *Razones para el Auspicio del Gobierno*

Por varias razones el Gobierno Federal financia la investigación como una función propia. Necesita de los resultados de la investigación y debe estar capacitado a exhortar a los cerebros más competentes para tal tarea. Más aún, el interés del gobierno, debe coincidir con los de las instituciones no públicas.

Además, los científicos reconocen que ciertas áreas de investigación, por el interés del bienestar público, deberían ser ampliadas y financiadas más allá de lo posible con fondos de la actividad privada.

Finalmente, el gobierno tiene la obligación de asegurar el progreso del conocimiento fundamental para que sus propios laboratorios incursionen en áreas donde el trabajo no es apropiado para la industria o no puede ser realizado bajo las condiciones que coincidan con los requerimientos del gobierno. El rol del gobierno en investigación básica va en aumento.

Mientras que esto es verdad, la ayuda federal en investigación básica no ha estado libre de críticas, generalmente hechas por gente no científica, tratando de desviar el trabajo de la verdadera investigación o la dirección de sus metas. La situación de la investigación y la educación siendo como es en los E.U. es difícil concebir cómo puede financiarse tan alto costo que demanda la investigación científica sin el auspicio del gobierno federal. Y lo que es más, las agencias tales como la NSF, cuya estricta política es evaluar y procurar fondos para los proyectos de investigación sin estar ella misma envuelta en la investigación en el laboratorio, ha mitigado el temor a la mayoría de las críticas de la ayuda federal a la investigación.

Hay hechos innegables de la vida profesional hacia la inevitabilidad de la ayuda del gobierno federal a la investigación. El potencial humano de alto nivel educacional científico de la nación forma un grupo móvil. Sus miembros raramente residen ó trabajan donde nacieron o se educaron. Cuatro de cada cinco PhD en los E.U. trabajan fuera del lugar donde nacieron o se educaron. Tres de cada cuatro científicos se graduaron fuera del sitio de nacimiento. Más aún, tres de cada diez trabajan en los estados que han exportado más Ph Ds que los que importaron de otros estados. Es fácil ver entonces porqué hay una renuencia en muchos legisladores estatales en destinar grandes cantidades de dinero que se necesitan para entrenar y mantener el gran número de científicos graduados que el país necesita urgentemente.

## *Educación e Investigación*

Mientras que el gobierno federal aumenta y es la mayor fuente de recursos para la investigación básica, las universidades continúan su tradición de realizar la mayor parte de la investigación básica de la nación, ya que las Universidades sólo contribuyen con el 12% de los fondos disponibles para la investigación básica y gastan casi el 47% de suma total es evidente porqué estas instituciones tienen que mirar al gobierno federal como la fuente principal para su financiación.

Aproximadamente las dos terceras partes de los fondos para la investigación básica se dirigen a las ciencias físicas tales como ingeniería, física y química. La otra tercera parte va para las ciencias de la vida (agricultura, biología y medicina); la proporción varía desde la industria, que gasta el 90% de investigación básica para las ciencias físicas, hasta el gobierno, que gasta el 66% y las Universidades el 50% para las ciencias físicas.

Un pronunciamiento fundamental de un informe a la mitad del siglo presente hecho por el Presidente de la Comisión Consejera de la Ciencia es que el proceso de investigación básica y la educación avanzada, juntos "dice el informe", son el alma de la ciencia americana y ellos deben crecer más fuertes, juntos o nada", "La verdad es simple como importante: Sea cual fuere la cantidad y calidad de la investigación básica y la educación avanzada en los E.U., sea adecuada o inadecuada, depende primordialmente del gobierno de los E.U."

Entre las otras conclusiones del comité estuvieron el trabajo de calidad debe ser respaldado y reforzado, no importa dónde se realiza, se necesitan urgentemente centros adicionales de excelencia, mejoramiento de las facilidades, y expansión de la educación superior de postgrado. Es de importancia atraer a los estudiantes de talento a seguir carreras científicas, los centros superiores de enseñanza científica necesitan de constante modernización, se necesita continuar y reforzar el financiamiento de la educación de post-grado. El mismo comité concluyó también que se necesitaba alentar nuevos campos de investigación y educación y evitar instalaciones separadas de investigación siempre que fuese posible. Además debe agregarse a las universidades laboratorios para campos de investigación especiales siempre que fuesen practicables.

En lo que se refiere a personal, el informe del comité puso especial énfasis en alentar a los miembros del cuerpo docente por los estudios post-doctorales, junto al reconocimiento de sus costos, dando énfasis a la posibilidad de una conexión fructífera de científicos fuera de la universidad con las de las escuelas de grado.



## *Metas de Investigación*

En un estudio crítico sobre el nivel de la ciencia, la tecnología y la educación de los E.U la Fundación Nacional de Ciencias, pensó establecer algunas metas y proyecciones para la década de 1960, cuyo informe llevó el nombre de Invertir en el Progreso Científico. El grupo de estudio encontró que para conseguir determinadas metas deseables en la década aludida, los E.U. requerían mucho más aulas y laboratorios así como mucho más equipo de investigación básica en los centros superiores y universidades. Se necesita con urgencia un incremento brusco de los miembros de la docencia universitaria y personas envueltas en investigación científica básica, así como de los fondos de operación y gastos generales. El estudio concluyó que los costos para investigación básica en las universidades para 1970 deberían triplicar aquéllos de 1960; del mismo modo que se incrementarán los presupuestos en aspectos educacionales relacionados con la ciencia, en la misma proporción.

## REFERENCIAS

National Academy of Science

National Research Council

Hoover and Herbert, *The Vital Need for Financial Support of Pure Science Research*, NRC, Washington 1925.

Kruyt and Hugo, "Pure Science, Applied Science and the Application of Science". *Chemistry and Industry*, April 7, 1951.

Strauss and Lewis, "A Good Investment, Basic Research" *Chemical and Engineering News*, August 24, 1953.

NSF, "Symposium on Basic Research", Washington 1959.

A.T. Waterman, "Basic Research: Key to Scientific Progress". Congreso de los EUA, Set. 22, 1961.



## **INVESTIGACION QUIMICA**

