

---

# Traducción

---

## Universidad y Ciencia Básica

GLENN T. SEABORG

(Tradujo: Dr. Rafael Grinfeld, jefe del Departamento de Física de la Universidad de La Plata)

### PALABRAS DEL TRADUCTOR

La conferencia del profesor Dr. Glenn T. Seaborg, sobre "Universidad y Ciencia Básica" que he traducido del original inglés, fue dictada por el mismo con motivo de serle otorgada la medalla Perkin de 1957, por sus múltiples y notables contribuciones originales a la física y la química modernas. La misma fue publicada en la Revista "Chemistry and Industry", del 2 de marzo de 1957.

El profesor Glenn T. Seaborg es uno de los más famosos físico-químicos nucleares del mundo. En 1951 recibió el Premio Nobel de Química compartido con su colega el profesor Dr. Edwin McMillan por ser ambos los que descubrieron y aislaron dos elementos transuránicos: *neptunio* y *plutonio*, en el Laboratorio de Radiación del Departamento de Física de la Universidad de California, de Berkeley.

El profesor Seaborg se ha distinguido asimismo por su capacidad de organizador de la investigación científica y docente que le valió ser nombrado rector de la Universidad de California en Berkeley. Desde hace pocos meses es presidente de la Comisión N. A. de Energía Atómica.

El profesor Seaborg me ha autorizado publicar su conferencia cuyos conceptos comparto. Creo que su divulgación y discusión en el ambiente universitario y extra-universitario será de gran utilidad en relación con nuestra organización universitaria general y en particular con los regímenes de dedicación exclusiva, contratos, etc.

## TRADUCCION

### DEFINICIÓN DE "CIENCIA BÁSICA" \*

Creo lógico iniciar esta conferencia tratando de precisar lo que entiendo por "Ciencia básica". La semántica es una especie de "teoría relativista no física" que pone de manifiesto el sistema de coordenadas al que referimos las palabras usadas, cuyo significado nos parece perfectamente claro. En verdad, nuestra actitud respecto a la expresión "Ciencia básica" depende de nuestra educación y de nuestro sistema de referencia científico.

La persona que al hablar de su condición de científico lo hace con énfasis tal que trasluce su vocación y hasta un sano orgullo por ser considerado como tal, a no dudar que considerará su actividad como investigación científica fundamental; mientras que definirá como ciencia aplicada o ingeniería a todo trabajo cuyos resultados tengan la más mínima utilidad práctica inmediata. Sin embargo es posible que otro científico más "puro" aún considere la labor del primero como una crasa desviación comercial de la actividad científica.

Según mi opinión ambos pertenecen a esa élite universitaria que ubica a la investigación básica en el nivel más alto y más puro posible. Esta actitud, que involucra la idea de la búsqueda de la verdad por la verdad misma, sin claudicaciones, sin una mancha, incontaminada, inadulterada, sin restricciones, es la fuerza motora que explica la dedicación de tanto investigador científico tan mal pago; vocación que constituye un verdadero sustituto del dinero, con tal

que se haya casado con la mujer apropiada...

Pero el mundo consta de muchas clases de personas y muchos científicos no contemplan la expresión "ciencia básica" con anteojos de igual color. Algunos emplean esta expresión como un epíteto solamente. La distinción entre "doctor en ciencias" (Ph. D) y, por ejemplo, el "doctor en medicina" (M. D.) se reduce, para cierta gente, a considerar que el "Ph.D" es una clase de doctor que no hace bien a nadie... Creo oportuno recordar aquí que un director de uno de los grandes laboratorios de investigación industrial parece haber afirmado que la investigación básica es aquella actividad científica que no produce resultados prácticos que recompensen financieramente a quienes la costean.

Estoy seguro que la gran mayoría de los que estamos hoy reunidos aquí adherimos a la definición de ciencia básica en su acepción más pura. Yo la suscribo. Sin embargo la mayor parte de nosotros ha estado vinculada muy estrechamente con problemas prácticos, no sólo para su aplicación militar durante la guerra, sino en investigaciones industriales, en el desarrollo de nuevos agentes quimioterápicos, etc. en cuyo caso nuestra pureza ha sido seriamente maculada. No deja de ser sintomático que, para defender la importancia de la investigación básica entre legisladores, altos funcionarios administrativos o directores de industria, apelemos casi sin excepción, a la mención de las más trascendentales conquistas técnicas y juremos que las mismas no se habrían

\* Adoptamos la terminología del autor por ser actualmente la más generalizada en los ambientes científicos norteamericanos y europeos; la expresión "ciencia básica" substituye pues las de: "ciencia pura" y "ciencia fundamental". Sin embargo, en el texto de la traducción empleamos, a veces, las tres como equivalentes. (N. del T.)

conquistado si no se hubiera realizado en años anteriores investigaciones básicas. Me permito afirmar que uno de los mayores usos pacíficos de la bomba atómica ha sido para hacer saltar los tientos que mantenían cerradas tantas carteras de donde salió, los últimos años, mucho dinero en apoyo de la investigación básica en física. Aún así, es sorprendente la cantidad de megatones equivalentes de persuasión que se gasta con dicho objeto.

Se puede admitir, en cierto sentido, que la investigación básica no es esencialmente diferente de la investigación aplicada: es investigación aplicada defasada o diferida en el tiempo. La satisfacción con que una persona se dedica a la investigación pura está frecuentemente relacionada con su disposición para tolerar dicho defasaje. Williard Gibbs, tal vez el más grande de los científicos norteamericanos, no alcanzó a presentar casi ninguna aplicación técnica de sus monumentales contribuciones a la termodinámica, pero dudo que ello le haya preocupado en lo más mínimo. Se puede decir que en cuanto al mismo aquel defasaje era infinito... Son conocidos científicos que han dedicado diez o más años de su vida para la investigación básica estimulados solamente por razones intelectuales sin ningún propósito utilitario, habiendo, después, reorientado sus carreras para dedicarse a la aplicación práctica de alguno de sus descubrimientos básicos. Ocurre frecuentemente que esas personas se sienten muy a gusto con su trabajo en ambas fases de su dedicación y es probable que su felicidad en el trabajo se vería muy afectada de haber sido obligadas a continuar toda su vida con la investigación fundamental. El defasaje temporal, al

que aludimos antes, es para esas personas del orden de una década.

En el otro extremo de esta escala existen las divisiones industriales de "investigación" donde a un joven científico le es permitido dedicarse unos meses a un problema fundamental de gran interés científico básico con tal que el final de este proceso creador conduzca a algo concreto y productivo. El defasaje de aplicación cae aquí a meses o microsegundos...

Me apresuro a declarar que no es mi intención establecer un defasaje que sirva para distinguir la investigación fundamental de la aplicada. Porque no se debe tomar en serio la sugerencia de que no existe una diferencia verdadera entre la investigación básica y la aplicada y que debemos ser suficientemente tolerantes con el investigador puro dándole más tiempo para que produzca resultados utilitarios. En realidad lo utilitario no es una base correcta para desde ella enfocar la investigación básica. Volviendo sobre el tema diré que no existe una razón que se oponga a que una contribución básica tenga una aplicación inmediata importante y hasta financieramente productiva. Recuérdase que los rayos X ya se empleaban en un hospital de Viena a sólo tres meses de su descubrimiento por Röntgen en 1895; pero esto no quiere decir que Röntgen no hizo ciencia pura. Pero tampoco existe razón alguna para sostener que los resultados de toda investigación fundamental habrán de tener una aplicación práctica claramente discernible. Para mí, la diferencia entre investigación fundamental y aplicada reside en la motivación y el criterio por el cual se decide la realización de un determinado estudio como así también en los cambios que se introduzcan durante el

## TRADUCCION

desarrollo de la investigación. La fuerza motivante de una investigación no consiste en el deseo de obtener resultados utilitarios sino en la búsqueda de un conocimiento más profundo del universo y de la naturaleza de los fenómenos orgánicos e inorgánicos que ocurren en él. El motivo fundamental, la piedra angular, es la curiosidad intelectual.

Reconozco que se han publicado muchos floridos desatinos sobre este tema. Se ha descrito al científico como un dedicado buscador de la verdad, que aplica toda su vida para extraer el más mínimo detalle de comprensión de una naturaleza renuente; que desdén la aplicación utilitaria de su trabajo; que es completamente altruista, que queda satisfecho con la íntima alegría de sus creaciones; que desprecia el dinero, la fama y las recompensas exteriores... Esta imagen no se aplica a mi persona. Es probable que valga para ustedes pero es casi seguro que no creerán que esta imagen sea cierta con relación a quienes se sientan a vuestra derecha o izquierda... Yo pienso que en su inmensa mayoría los científicos son gente común. Dentro del campo de su especialización su capacidad intelectual natural y su adiestramiento es ciertamente mayor que las del promedio humano; pero como seres humanos están sujetos a los mismos defectos, las mismas necesidades, deseos e impulsos que sus congéneres. No obstante creo que es correcto afirmar que la oculta fuerza motivante de la investigación básica es la curiosidad intelectual y que esta curiosidad debe considerarse como una de las más excelsas cualidades del hombre. Ciertos investigadores pueden tener caracteres desdorosos en muchos aspectos; la curiosidad intelectual de que habla-

mos arriba tal vez sea más de su profesor o director que del mismo, pero en algún aspecto de su actividad se hallará siempre el deseo de saber el *porqué*, el *cómo* o el *qué*.

Existen ciertas claves que permiten determinar si un programa de investigación es básico o no y en qué medida. Si el objetivo final está muy bien precisado, es probable que el plan no sea realmente uno de investigación básica. Si el investigador no tiene libertad para hacer cambios radicales en su programa para seguir la pista de un interrogante inesperado que se le presente a raíz de su trabajo y que excite su curiosidad dirigida a nuevos *porqué* y *cómo*, el programa muy probablemente no es básico.

Sirva lo dicho como esbozo de lo que pienso cuando hablo de ciencia básica.

A riesgo de aparecer inconsistente permítaseme decir que los argumentos que usamos ante los legisladores y los altos funcionarios administrativos nacionales y provinciales como frente a los cuerpos directivos de empresas particulares son indudablemente válidos: y en verdad los resultados prácticos que resultan de las investigaciones básicas constituyen una razón muy buena para su apoyo. Sin embargo este es un argumento algo peligroso, salvo que se deje bien aclarado que esos resultados prácticos pueden venir mucho tiempo después de que los estudios puros han sido realizados y que no se debe esperar frutos prácticos de la mayor parte de los programas para los que se solicita apoyo financiero. Por eso es necesario un amplísimo y variado plan de investigaciones dirigidas a objetivos definidos en forma muy amplia si se esperan descubrimientos de importancia.

El clima propicio para que la ciencia básica prospere está en relación directa con la comprensión que de esa vinculación algo sutil vayan ganando los administradores gubernamentales, autoridades universitarias y gerentes industriales. Es cierto que en las últimas décadas, particularmente en estos años de post-guerra, se ha progresado mucho en ese sentido y que el entendimiento entre los científicos y los administradores ha sido bastante bueno. Pero, naturalmente, queda aún mucho por hacerse. Una apreciación pobre de este punto por parte de los administradores de fondos para la investigación puede significar la asfixia de los estudios básicos por el requerimiento de programas excesivamente detallados, por justificaciones precisas, etc., que sugieren al investigador el hecho que si al final del plazo acordado no alcanza el objetivo especificado, es poco probable que el contrato se renueve. Una política tal sólo podrá traducirse en programas que representen extrapolaciones fáciles de hechos conocidos que desgastan la originalidad científica del recurrente.

#### INVESTIGACIÓN BÁSICA EN LAS UNIVERSIDADES

La Universidad por su misma naturaleza y objetivo es y será el centro natural de la investigación básica. La adjudicación de fondos provenientes de los presupuestos regulares de nuestras Universidades más renombradas ha sido en general dirigida a fomentar la investigación básica. El crecimiento del costo de tales estudios, particularmente en las ciencias físicas, y el incremento de la participación de corporaciones y fundaciones privadas, la Fundación Nacional para la Ciencia (National Science

Foundation) y las agencias provinciales y nacionales (particularmente la Organización y la Comisión de la Energía Atómica) han creado un problema nuevo. Los aportes significativos que estas instituciones han volcado en la investigación han tenido una influencia positiva incuestionable en el crecimiento de la investigación básica. Además, las personas encargadas de la administración de esos fondos han tenido una apreciación correcta del valor de los estudios básicos. Sin embargo, debido a su responsabilidad doble; por un lado hacia el científico y por el otro ante el público o el accionista no ha sido posible elaborar hasta el presente un mecanismo de gastos de los fondos de investigación que eluda la tendencia hacia el régimen del proyecto pequeño, con todo el expedienteo, supervisión y justificación reduciendo la libertad al investigador talentoso de pasarse de acuerdo a su voluntad a regiones intelectuales y científicas nuevas e inexploradas. Debiera ser posible decir cada vez a mayor número de científicos de probada competencia y responsabilidad:

*“Aquí tiene usted dinero para permitirle trabajar. Prosiga sus estudios y haga lo que más le guste. No se preocupe más. Si encuentra algo interesante publíquelo en una revista científica. Todo lo que le pedimos es que trabaje mucho. De hecho, no haga esto tampoco si usted puede alcanzar sus objetivos de otra manera”.* Algunas de las donaciones presentes ya tienen estas normas y dan resultados excelentes. Apoyar la investigación fundamental es, en el fondo, apostar, tener confianza en la persona que lo realiza, no en el valor del programa que propuso antes de iniciarlo.

## TRADUCCION

Tengo pocas dudas que a la larga, en igualdad de condiciones, se conseguiría más y mejores resultados si se adoptara con más generalidad el sistema sugerido arriba. Siento que la investigación básica conducida por las Universidades se realizaría más eficientemente y con mayor éxito en el hallazgo de nuevos e imprevistos descubrimientos si las instituciones donantes proveyeran a las altas casas de estudios de sumas globales para que éstas las dediquen a la investigación de acuerdo con su modalidad tradicional en lugar de atomizarlas y darlas para proyectos y títulos restringidos y específicos. Estoy seguro que esta situación mejorará. Es que la actual tendencia de apoyar en gran escala a la investigación universitaria de parte de instituciones oficiales y privadas ha crecido tan rápidamente que nos vimos forzados a usar arreglos contractuales improvisados que en muchos casos se prestan más para el desarrollo de proyectos objetivos limitados que para alentar la investigación fundamental.

Me apresuro a agregar que la habilitación de fondos generosos para la investigación básica no es suficiente en sí. El dinero no engendra ideas nuevas. Tenemos que atraer un número creciente de gente dotada de pensamiento creativo. Tradicionalmente, la dedicación hacia la investigación libre ha sido centrada en el profesor universitario que además cumplía con el papel de maestro. La unión de estas dos actividades es, en mi opinión, excelente, porque por un lado la enseñanza en un nivel elevado es seguramente más inspiradora si viene de alguien que posee un conocimiento directo, de primera mano, independientemente de sus cualidades didácticas y segundo no hay nada más

estimulante para el pensamiento creador que las preguntas no-restringidas de las sucesivas generaciones de estudiantes. Ahora estamos ante el dilema delicado de prever la disponibilidad de fondos para la actividad creadora sin estar seguros que habrá bastantes profesores que sean capaces de hacer el mejor uso de dichos fondos. Creo que las Universidades deben recibir suficiente apoyo como para poder crear más posiciones comparables a las de profesor, en libertad, prestigio y estabilidad. Que estos cargos de "profesores investigadores" involucren o no la obligación de dictar cursos no es tan importante como lo es el contacto con los estudiantes graduados (licenciados) y en general la influencia de la atmósfera universitaria. En todo caso, lo que deseo puntualizar es que no se puede edificar un sano y sostenido incremento en la investigación básica en las universidades sobre la base de gente con contratos anuales por generosos que éstos sean. Tiene que haber un aumento general del número de docentes permanentes aunque su cantidad sobrepase las necesidades normales de la enseñanza.

También pienso que nuestras Universidades tienen que incrementar el personal auxiliar que actualmente colabora con un investigador distinguido. Existe una gran nostalgia por el solitario individualista, de la era científica de los tubos de ensayo, el lacre y el carretel de alambre. Creo que llegó el tiempo en que debemos reconocer como anacrónica la idea de que el investigador debe hacer, él mismo, todo lo concerniente a su trabajo y que, en general, no es dable esperar importantes avances científicos con ese criterio. La responsabilidad de que ello ocurra recae a menudo sobre los directivos de nues-

tros departamentos científicos en gran parte por falta de medios económicos pero también por una política organizativa de poco alcance. Considero que uno de los espectáculos más patéticos en una universidad moderna, es el que ofrece un investigador destacado, contratado, a veces, con un gran esfuerzo financiero, forzado a disminuir su producción científica por tener que dedicar días a la solución de una insignificante dificultad de su equipo electrónico, que habría sido resuelto en veinte minutos por un técnico competente. Este tipo de trabajo puede acaso ser bueno para su propia confianza pero es contraproducente para el progreso científico. Pasó la época en que era dable esperar que un científico comprendiera cada detalle del equipo experimental con el que investiga. La ama de casa ha sido liberada de muchos menesteres por todo un conjunto de artefactos mecánicos y electrónicos cuyo funcionamiento no comprende. Nuestros sobrecargados científicos debieran poder gozar de un lujo no menor...

En concreto y en relación a nuestras Universidades creo que debiéramos actuar con suficiente decisión e imaginación aumentando drásticamente el servicio auxiliar para sus investigadores. Por ejemplo, creando talleres electrónicos centrales en los que se pueda construir y mantener, por orden del investigador, instrumentos y equipos complejos; facilidades de medidas radioactivas con el instrumental más avanzado que estimule el uso de elementos radioactivos en la investigación de todos los centros universitarios sin que cada investigador tenga que ser un experto en contadores Geiger; un centro de pedidos, recepción y tratamiento de substancias radioactivas; un centro computador a

disposición de todas las dependencias universitarias; un laboratorio central para asistencia a los investigadores de las ciencias biológicas, etc. Para la creación de tales centros hará falta fondos especiales para pagar personal especializado, para nuevas construcciones, adquisiciones de equipos y para su mantenimiento, pero el dinero necesario no vendrá si no lo pedimos y no se pedirá si no estamos convencidos de su verdadera necesidad y si no hacemos conocer a otros su gran importancia. Algunos críticos dirán que mi propuesta pretende substituir el trabajo tradicional del audaz investigador individual por el de un equipo; para ciertas personas el trabajo en equipo es de calidad inferior contra el cual una Universidad debiera estar permanentemente prevenida. A mí me parece, sin embargo, que el juicio individual o colectivo se manifiesta en la elección del experimento y las técnicas experimentales y no en la magnitud y asistencia requerida para la construcción y mantenimiento del aparataje empleado.

#### INICIACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

El papel que desempeña la investigación básica en la formación de científicos y de ingenieros es muy importante. No tengo duda alguna que el régimen de estudios post-graduados es lo mejor que se ha ideado hasta el presente para cultivar la fuerza intelectual de un investigador científico potencial. El objeto principal de ese régimen universitario es enseñar a buscar nuevo conocimiento. En principio, no existen límites al planteo de interrogantes ni a la búsqueda de respuestas. Una atmósfera de esta naturaleza es ideal para la inspi-

ración de lo mejor del intelecto humano y para excitarlo al máximo rendimiento. Podemos citar muchos ejemplos de hombres de valer que han sido estudiantes mediocres en las escuelas primarias o secundarias porque el sistema educacional por el que pasaron está concebido para el término medio, por lo cual no fue capaz de prender en aquellos la chispa del interés. Algunos de ellos tampoco hallaron en la Universidad la inspiración necesaria a causa de profesores torpes y faltos de entusiasmo como de malos métodos de enseñanza. Dicha gente seguramente desertó de la vida universitaria con lo que gran parte de su poder intelectual quedó para siempre inactivo.

Por suerte, otros sobreviven esos primeros años de estudio, llegan a licenciarse y pasan al nivel de estudiantes graduados. Es aquí donde su capacidad e inteligencia prenden fuego, se iluminan, al ponerse en contacto con el verdadero significado de la investigación científica. No existe una inteligencia humana, por grande que sea su genio, que no encuentre un estímulo a su capacidad al contemplar los problemas de la estructura del núcleo atómico, la naturaleza de la unión química, la fisiología de los organismos vivientes, el significado de la vida, o el origen y futuro del universo. Cuanto más, la Universidad o cualquier otra institución dedicada a la investigación básica, puedan seguir fomentando el pensamiento humano no restringido, tanto menos probable será que los intelectos sobresalientes se vean impedidos de ponerse en contacto con las grandes cuestiones científicas no explicadas aún.

Creo que es correcto decir que los programas de investigación para los graduados en la inmensa mayoría de

nuestras Universidades están orientados hacia problemas básicos. Y creo que el estudiante procura un desarrollo mejor de sus cualidades científicas y su curiosidad intelectual debido a ello. Es probable que las compañías y laboratorios a los que van nuestros egresados no compartan nuestro entusiasmo por este sistema y de su divorcio prácticamente total de los problemas de tipo económico o industrial. Es frecuente que cuando nuestros doctores en ciencia consiguen su primer empleo pasen por un período agonizante. No es fácil precisar si ese período es más agonizante para el flamante doctor o para su empleador...

Existe una diferencia fundamental entre los estudios de los primeros años y el trabajo del graduado o licenciado: el estudiante no graduado se dedica primordialmente a aprender lo que otros han creado, mientras que el postgraduado trata de conquistar conocimientos nuevos. Esta actividad le enseña a ver cuanto queda por aprender y le dan la confianza de que él puede ayudar a revelar lo desconocido. Lo esencial es que sin una visión directa, un contacto personal con la frontera que divide lo conocido de lo incógnito, es probable que el estudioso tenga un falso concepto respecto de las tierras fértiles que existen más allá de esa frontera y que habrían frenado su intento de conquistarlas. Nuestros antecesores científicos han sido muy diligentes. Nuestras bibliotecas están atascadas con los informes de sus descubrimientos y nuestra vida diaria está tan plena de máquinas, herramientas, artefactos maravillosos basados en sus hallazgos que resulta difícil eludir el sentimiento de que prácticamente todo ya ha sido encontrado. Nues-

tros libros de texto que tienden a presentar a la ciencia de una manera demasiado ordenada y hasta dogmática, refuerzan ese sentir. Estamos luchando por medio de libros, conferencias, programas televisados y exposiciones para probar cuán errónea es esta idea; pero el concepto equivocado está profundamente arraigado en nuestro subconciente y hacen falta esfuerzos extenuantes para superarlo. La investigación científica fundamental es el mejor antídoto para ello. Por ejemplo, nadie que actualmente realice investigaciones sobre las nuevas partículas subatómicas de la física puede tener la más mínima duda que lo que conocemos del núcleo atómico es insignificante en relación a lo que ignoramos del mismo. Se pensó antes que con el protón y el neutrón se había descubierto las únicas partículas elementales que forman el núcleo y por unos años descansamos pensando que un poco de teoría aclararía dicho problema permitiéndonos dedicar nuestros afanes a la solución de asuntos nuevos. Pero, ¿qué sucedió? Ahora tenemos mesones "pi", mesones "mu", "tau", "kapa", "theta", partículas V y muchas más, algunas de las cuales se presentan en tres variedades: positivas, neutras y negativas. En los últimos años el número de "partículas elementales" —y aquí el término es usado en forma asaz libre— ha sobrepasado la veintena.\*

La actividad en este campo de la ciencia puede ser descripta como afiebrada. Aquí tenemos ciencia básica por excelencia. Aquí estamos frente a un problema cuya solución no es posible barruntar siquiera, a pesar de los redob-

blados esfuerzos de los físicos de todo el mundo. Bristol, Milán, Bruselas, Escuela Politécnica de París, Padua, Manchester, Bombay, Columbia, Brookhaven, Cornell, MIT, California, Chicago, etc., son nombres de un profundo significado para los investigadores de este campo. Si bien los que se ocupan de estos temas reciben una paga por su trabajo, no existe un salario capaz de compensar la dedicación, el ingenio, la pasión que esa gente pone de manifiesto en la persecución de su elevado objetivo. Lo que los mueve es la curiosidad intelectual y la emoción que causa contribuir a develar los secretos que permitirán una mejor comprensión de nuestro universo. También aquí se pone de manifiesto el papel formativo de la investigación básica, pues en cada uno de esos laboratorios internacionales se halla un ansioso grupo de jóvenes licenciados que participan entusiastamente en los respectivos programas de estudio. No hace falta dictarles clases sobre el método científico, urgirles el aprendizaje de matemáticas o el adquirir la necesaria destreza experimental; no es necesario decirles que el mundo físico no ha sido aun completamente explorado y explicado. A su alrededor ven numerosas hipótesis descartadas. Descripciones matemáticas de gran complejidad figuran en sus conversaciones diarias; circuitos electrónicos rápidos, técnica de emulsiones, cámaras de expansión y de burbujas constituyen los aparatos imprescindibles para descubrir los datos experimentales buscados. La exigencia es grande y el desarrollo de su capacidad manual y mental para cuando fi-

\* Nota del traductor: Actualmente el número de partículas y antipartículas elementales es de 30.

## TRADUCCION

nalicen sus carreras será la mejor recompensa a sus afanes, aunque sus futuras actividades los aleje del mundo subatómico. Permítaseme contar aquí la anécdota de un físico que trabajó en el diseño del reactor atómico del submarino *Nautilus*: Dicen que se quejó porque habiendo sido adiestrado en "física subatómica" ha debido dedicarse a la física atómica para un sub... marino.

### ENERGIA ATOMICA

Tengo, naturalmente, un interés especial en la energía atómica. Yo creo que nuestra Comisión de Energía Atómica está en lo correcto al apoyar la investigación fundamental en un amplio campo científico que nada tiene que ver, dentro de lo previsible, con su programa específico actual. No creo oportuno, entrar a una descripción aunque sumaria de ese programa, dado el tiempo limitado del que dispongo. Como es sabido, el mismo cubre grandes áreas de la física, las matemáticas, química, metalurgia, biología, medicina y numerosas cuestiones relacionadas. Gran parte de la investigación que lleva a cabo está directamente vinculada con reactores atómicos, dispositivos term nucleares, cohetes y armas; pero buena parte se dedica a estudios de ciencia básica en el sentido puro de la expresión. Aunque la proporción mayor de sus fondos de investigación son asignados a trabajos que se realizan en los grandes laboratorios pertenecientes a la Comisión de Energía Atómica, una proporción razonable se dedica para apoyar la investigación fundamental a través de cientos de contratos con Universidades, Institutos y Laboratorios organizados por fundaciones privadas e indus-

triales. Pero el progreso esencial en el desarrollo futuro de la producción de energía industrial basada sobre la fisión nuclear dependerá de los resultados que se obtengan de las investigaciones básicas; por ello deseo puntualizar algunos puntos donde se requiere, según mi opinión, un gran incremento en los estudios puros. Uno de dichos campos es, ciertamente, la termodinámica de altas temperaturas. Existe un número de áreas de ingeniería, como la transmisión de calor, que caen en esa categoría (dejando de lado, momentáneamente mi definición de ciencia básica). En mi opinión, uno de los factores que constituyen una limitación esencial para el uso futuro de la energía atómica reside en resolver el problema de las cenizas atómicas y aquí, me parece que el camino hacia una solución ideal está muy lejos de todo lo que actualmente se piensa al respecto.

### PRESUPUESTO PARA LA INVESTIGACIÓN BÁSICA

Deseo comentar, en lo que sigue, más específicamente lo referente al monto total y a la proporción de los presupuestos dedicados a la investigación básica en nuestro país. Actualmente, el gasto anual total para la investigación científica por parte del gobierno, la industria, las universidades e instituciones no comerciales es superior a los 5 mil millones de dólares. Todo intento de estimar el porcentaje de esa suma dedicada a la ciencia básica pone sobre el tapete la dificultad de su definición. Sin embargo, aunque se adopte la definición más generosa de la investigación fundamental el resultado es que para la misma no se invierte más que entre un 5 y 10 por ciento de aquella

cantidad. En mi opinión el porcentaje de dicha suma global que se gasta para la investigación básica es muy inferior a lo que debiera ser. Creo que debemos trabajar con ahínco para que a la mayor brevedad se duplique, por lo menos, esa cantidad, que podrá emplearse eficientemente para impulsar los estudios básicos, a pesar de la deficiencia de investigadores. La duplicación de los fondos invertidos de esa manera no producirían un aumento de los resultados por un factor de dos sino por mucho más y yo creo que ésta será la inversión del pueblo norteamericano por la cual obtendrá un rendimiento jamás igualado. En ese sentido cabe decir que la Fundación Nacional para la Ciencia ha probado su valor al estimular y sostener la investigación fundamental en un amplio y variado campo de la ciencia y su presupuesto puede ser muy aumentado con gran provecho. A resultas de una actitud muy encomiable, en los dos últimos años la Comisión de Energía Atómica ha incrementado su presupuesto dedicado a la investigación básica en un 50%. Estoy seguro que sus directivos estarán de acuerdo conmigo que aun su presupuesto actual para la ciencia fundamental puede ser incrementado en mucho y con gran provecho, en los próximos años. La corrección de la proporción actual entre lo que se dedica a la investigación básica y la aplicada conduciría pronto a un avance tecnológico tal que lo producido, evaluado sobre cualquier base objetiva, sobrepasaría fuera de toda medida el pequeño aumento de lo invertido. Hoy día el problema de un esfuerzo bien balanceado dirigido a la investigación científica es un problema de capital importancia no sólo para nuestra defensa, sobre la cual

resta nuestra existencia misma pero también porque toda nuestra economía depende cada vez más y rápidamente de nuestro progreso tecnológico.

También deseo hacer algún comentario sobre nuestra aguda deficiencia de científicos y de ingenieros. Es evidente que mi posición en favor de mayores presupuestos para la investigación básica se aplica, con fuerza mayor aún, a la necesidad de más investigadores. Aunque no tengo tiempo para discutir esta importante cuestión con algún detalle, sí quiero recordarles que prácticamente todos los análisis efectuados indican que se produce una pérdida importante de científicos en potencia en los colegios secundarios y en el paso de éstos a la Universidad. Debemos hacer algo efectivo para conquistar a un mayor número de estudiantes secundarios para los estudios superiores, mejorando la calidad de la enseñanza de las materias científicas en esos colegios, lo que solamente se podrá llevar a cabo si mejoramos la posición de sus profesores de manera de atraer hacia esa profesión más gente realmente capaz. Esta lamentable situación parece no preocupar a numerosos científicos; cierto número de bachilleres elegirán las carreras científicas aún en las presentes circunstancias pero es imposible que se consiga el aumento de inscripciones que es necesario si no se hallan nuevos incentivos.

#### EDUCACIÓN CIENTÍFICA POPULAR

Antes de concluir con el tema referente a la necesidad de mejorar la educación científica pre-universitaria, deseo agregar unos comentarios sobre la educación científica popular. Yo creo que es lógico pensar que una mejor educa-

## TRADUCCION

ción y un mayor entendimiento de lo que es la ciencia por el pueblo en general pueda ser tal vez un prerrequisito para salir de la crisis internacional creada por las terribles armas producidas por el progreso científico para los dos bandos en conflicto ideológico. Este hecho fue expresado en otras palabras por uno de los directores de una gran empresa industrial de nuestro país, quien después de definir la cultura como "un estado particular de la civilización y las

características expresiones de tal estado", y al hombre culto "como una persona que tiene suficientes conocimientos para adaptarse a su medio ambiente", dice que la ciencia debiera ser considerada ahora como una de las materias humanísticas y "por ello, no existe razón alguna que se oponga a que todos los hombres cultos no puedan y no deban adquirir un conocimiento estimable de lo que es ciencia básica y cuáles son sus problemas".