

recursos especiales que le permitan afrontar las medidas correspondientes. Esta solución ofrece la perspectiva, a mi juicio muy atractiva, de combinar los estudios básicos de primer y segundo años de medicina humana y veterinaria en forma paralela, con personal docente de ambas profesiones que podrían trabajar juntos en programas combinados de biología y patología comparada. Para materializar esta iniciativa, a partir de 1965, se necesitará obligadamente de aportes financieros extraordinarios, pues, no podríamos cubrir estos compromisos con los actuales recursos presupues-

tarios, que son los mínimos indispensables para mantener la calidad de formación que creemos adecuada. La formación de un médico es una misión que basta por sí sola para llenar una existencia. El costo de los estudios médicos es subido y la calidad de la enseñanza que se imparte guarda estrecha relación con los recursos humanos y financieros que se proveen. Cuando se presiona a las Universidades para que incrementen la producción de profesionales, no debe olvidarse este factor tan esencial.

ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN NUESTROS LICEOS

por el prof. NAHUM JOEL

Del Depto. de Ciencias Matemáticas y Naturales de la Fac. de Filosofía y Educación

Creo que debemos preguntarnos primero para qué enseñamos Física en nuestros establecimientos educacionales de enseñanza media; en seguida podríamos examinar cómo lo estamos realizando; y, finalmente, qué podemos, o mejor dicho, qué debemos hacer para realizarlo mejor. Por razones obvias me extenderé más en aquellos tópicos que son controversiales, y poco o nada en aquellos sobre los cuales hay menos diversidad de opinión.

1 Para qué enseñamos Física en nuestros Liceos

La razón fundamental por la cual la Física está incluida en la enseñanza que se imparte a los jóvenes de 15 a 17 años (además de un estudio más elemental en un período anterior al mencionado), es simplemente que ella forma parte importante de la cultura contemporánea.

Algunos agregan otra razón: la de que nuestras vidas están cada vez más entrelazadas con aplicaciones técnicas de las ciencias, la Física entre ellas; y que si dependemos de estas aplicaciones en tan gran medida es indispensable comprender el origen de ellas. Estoy de acuerdo con esto, pero quisiera agregar un hecho significativo: esta presencia de las aplicaciones de las ciencias es un fenómeno muy general; así como han moldeado las formas de vida en el pasado: edad de piedra, edad de bronce, etc., así también ellas moldean las formas de vida de todas las sociedades contemporáneas de nuestro planeta, sociedades que tienen orígenes históricos muy diversos y regímenes políticos muy variados. Y si nos encontramos ante un fenómeno tan general, no podemos sino reconocerles un lugar

importante en la cultura contemporánea a los conocimientos de los cuales emanan estas aplicaciones y a los métodos por los cuales se adquiere estos conocimientos, vale decir: las ciencias naturales (entre ellas la Física) y el método científico.

Es interesante, y a la vez de gran valor educativo, constatar que las aplicaciones de los descubrimientos científicos no dependen de dónde se hizo el descubrimiento. Además, en la enseñanza de la Historia en nuestras escuelas secundarias se destaca demasiado poco el rol que han desempeñado algunos hombres de ciencia y sus investigaciones. A mí me parece evidente, aunque no soy capaz de demostrarlo, que si alguna de las muchas batallas pequeñas en la Europa de la Edad Media hubiera tenido otro resultado que el que tuvo, el cambio que ello hubiera significado para nosotros hoy es insignificante comparado con el efecto que Galileo ha ejercido sobre nuestras vidas. El que Chile hubiera conseguido su independencia 40 años más temprano o más tarde habría sido de poca influencia sobre nuestra vida de hoy comparado con un posible adelanto o atraso de 40 años en la invención de la radiotelegrafía o el desarrollo de la aviación.

Hay descubrimientos científicos y técnicos de laboratorio que han tenido un impacto formidable sobre la vida contemporánea: por ejemplo, el descubrimiento del electrón y la posibilidad de disminuir eficientemente la presión de un gas en un recipiente cerrado. La consecuencia ha sido la industria electrónica, la radiotelegrafía, la televisión, el radar, la automatización, el control remoto, para citar sólo ejemplos conocidos por todos.

Los profundos cambios que han ocurrido y están ocu-

riendo en nuestro mundo, suceden con tal rapidez que se los puede observar dentro del lapso de la vida de un hombre. Además, son cambios irreversibles. Un ser culto debe comprender los aspectos fundamentales de este proceso, y por eso es tan inculco quién no conoce la obra del físico y matemático Newton como quién no conoce la obra del dramaturgo Shakespeare (1); y en la segunda mitad del siglo xx es más inculco aquél que no conoce la diferencia entre un motor a reacción y un motor a pistones que aquél que no distingue entre Luis XIV y Luis XV; es tan importante comprender lo que es la física de los cuanta como la personalidad de algún emperador romano; y es absolutamente fundamental ver en su correcta perspectiva el colosal impacto que están teniendo sobre nuestras vidas los sistemas de transporte, los sistemas masivos de comunicación, los materiales sintéticos, los avances medicinales y sanitarios, además de las terribles aplicaciones militares.

Por un lado, las aplicaciones de la ciencia influyen poderosamente sobre nuestras vidas; pero por otro lado no se las usa con todo su extraordinario poder para resolver problemas mundiales urgentes como son la producción y distribución adecuadas de alimentos, el mejoramiento del nivel educacional, la supresión del engaño y la crueldad, para citar sólo algunos ejemplos obvios.

Lo dicho hasta ahora nos permite reconocer en las ciencias algunas características, como son su universalidad, la forma acumulativa en que se desarrollan (basando cada investigador sus trabajos en los de sus predecesores), el rol que en ellas desempeña el experimento, su estructura lógica, su objetividad. Y éstos son valores importantes. Pero nos permite también reconocer que la ciencia no es buena ni mala; no tiene compromisos éticos. Nos seres humanos, ya sea que los designemos por sociedad, o políticos, o gobernantes, o industriales, o lo que se quiera, estos seres humanos han aplicado y aplicarán la ciencia con diversos fines, cada uno de los cuales puede ser enjuiciado como bueno o malo, según sean los principios éticos del que forme dicho juicio.

Peró por encima de todo esto está el valor metodológico de una ciencia como es la Física. Enseña al que la estudia el valor del razonamiento y del experimento. Precisemos esto un poco más. Repetir de memoria una definición de lo que es una palanca no es saber Física; si lo es, en cambio, saber reconocer una palanca dentro de una máquina más compleja y comprender el papel que aquélla desempeña dentro del conjunto. Recitar alguna teoría sobre la naturaleza de la luz no es saber Física; si lo es, en cambio, comprender cómo los resultados de experimentos sucesivos realizados a lo largo de 300 años, seguidos de un análisis lógico, han

ido modificando las teorías acerca de la luz. No es saber Física el repetir que existen átomos y que su tamaño es tal o cual; si lo es, en cambio, darse cuenta de qué observaciones y qué experimentos de laboratorio han conducido a la conclusión de que hay átomos y su tamaño es tal o cual.

La Física, lejos de ser puramente descriptiva, es una ciencia esencialmente cuantitativa y con una constante preocupación por la relación causa/efecto. Y me parece que en el mundo contemporáneo una persona podría defenderse mucho mejor de las vaguedades y del engaño, tanto en la propaganda política como en la publicidad comercial, aprendería a relacionar y analizar lo que ocurre en la vida diaria, y comprendería mejor la dinámica de los intereses en juego, si tuviera una mente más habituada al análisis de causas y efectos y al reconocimiento de las relaciones cuantitativas. En efecto, esta capacidad permite discernir cuáles son los factores importantes en una cierta situación que pueda presentarse.

Es de interés mencionar también que en un análisis de la historia de muchos descubrimientos científicos importantes se puede destacar 3 factores esenciales que todo ser culto debe comprender: el rol que la imaginación creadora desempeña en la actividad científica; la necesidad permanente de una actitud crítica, con el fin de disminuir la posibilidad de error; los cambios que tienen lugar en la "imagen" que tenemos del mundo físico.

Creo que lo dicho más arriba ayuda a comprender por qué enseñamos Física a nuestra juventud. Resumiendo, estimo que los objetivos a alcanzar son:

- 1 Ayudar a los alumnos a comprender el mundo físico en que viven.
- 2 Enseñar a los alumnos a observar y a ejercitar sus facultades de imaginación y razonamiento, en contacto con la realidad material.
- 3 Acostumbrar a los alumnos a analizar situaciones en forma cuantitativa.
- 4 Dejar en los alumnos una preocupación constante por la búsqueda de relaciones causa/efecto.
- 5 Destacar el rol que desempeñan en una ciencia las hipótesis y las teorías en relación con las observaciones y los experimentos, y también el rol que desempeñan los procesos mentales de deducción e inducción.
- 6 Mostrar a los alumnos el lugar destacado que la Física ocupa en la cultura contemporánea.
- 7 Enseñar a los alumnos a experimentar; y conseguir que, a través de la experimentación en Física, adquieran la noción de que se puede experimentar e investigar en muchos otros campos.
- 8 Ayudar a los alumnos a comprender algunas de las aplicaciones de la Física y apreciar la complejidad de algunos aspectos del mundo artificial contemporáneo.
- 9 Permitir a los alumnos iniciarse en la comprensión del formidable impacto que la Física (y otras ciencias) han tenido y están teniendo sobre la vida en nuestro planeta... Y pronto también en otros planetas.
- 10 Dar a los alumnos los elementos necesarios para que se den cuenta de que muchos problemas del mundo contemporáneo pueden ser resueltos eficazmente si se emplea para ello los conocimientos científicos y los recursos tecnológicos de que dispone la especie humana.
- 11 Enseñar a los alumnos a aplicar casos particulares a teorías generales y a ilustrar teorías generales con casos particulares.
- 12 Enseñar a los alumnos a formar juicios objetivos (basados en observaciones o experimentos, seguidos de razonamiento o de

(análisis cuantitativo) para que de este modo puedan dar su justo valor a las diversas opiniones que se les presentan: desde aquellas basadas en el saber popular o en la sola costumbre, pasando por los anuncios publicitarios pseudocientíficos e inescrupulosos, hasta llegar a las propias teorías científicas.

Estos objetivos parecen ambiciosos, pero no son imposibles de alcanzar. Además, casi está demás decirlo, no se afirma aquí que la enseñanza de la Física sea la única manera de alcanzarlos.

2 *Cómo enseñamos Física a nuestros jóvenes*

Los factores en juego son muy diversos: el profesor, el alumno, el mayor o menor deseo o posibilidad de ambos para concentrarse en su trabajo, los valores en que está fundada la sociedad, la estructura económica de la sociedad, la escuela, el programa del curso, los textos empleados, el laboratorio, etc. Algunos de estos factores son demasiado generales para ser analizados en el presente estudio que se refiere a Física en particular. Una manera constructiva de enfocar la cuestión es a través de un análisis de los resultados de la enseñanza de la Física en nuestras escuelas secundarias.

Podría pensarse que apreciar los resultados del trabajo en Física (o de otra asignatura) en nuestra enseñanza media es una cuestión necesariamente muy subjetiva y muy difícil de evaluar. Sin embargo, no es así. Y en un intento de introducir un poco más de objetividad en este análisis, hice en 1961 un estudio detallado del material contenido en 555 exámenes escritos de Física correspondientes a las pruebas de Bachillerato de ese año y publiqué un extracto tomado de dicho material (2). En dicha publicación aparecen más de 600 respuestas textuales con sus errores de redacción, ortografía y puntuación. Los resultados del análisis de ese abundante material son alarmantes.

En primer lugar, y esto ya lo sospechaba, la gran mayoría de los jóvenes repite palabras de memoria, sin comprenderlas; lo cual está claramente demostrado por el hecho de que emplean palabras y partes de frases que aparecen en los textos de Física, pero combinando estos elementos en forma errónea, dando lugar así a las frases más disparatadas y sin sentido. Y éstos son los jóvenes que ya han pasado por los exámenes del 4º, 5º y 6º años de humanidades.

La segunda constatación alarmante se refiere a la noticia que tienen los jóvenes de lo que es un experimento para comprobar una afirmación respecto a un fenómeno natural. A la pregunta "describa un experimento sencillo que sirva para comprobar que la velocidad de propagación de la luz en el aire es mayor que la velocidad de propagación del sonido en este mismo medio", la casi totalidad de los jóvenes contestó de memoria, y generalmente con errores, uno de los dos

ejemplos que suelen citarse en clase. Era muy fácil sugerir otros experimentos, y aún más sencillos que los dos recién mencionados. Pero la idea de decir algo que no fuera una simple memorización parecía estar fuera de sus posibilidades. En cuanto a lo que un alumno consideró como un experimento sencillo, y aquí no hubo memorización, es interesante citar esta respuesta: "si chocaran dos estrellas el resplandor producido por el choque se vería primero y después llegaría el sonido del impacto a nuestros oídos". Además de olvidar que el sonido no se propaga en el espacio interestelar, este joven no comprende lo que es un experimento sencillo. Y la falta de conocimiento del papel que el experimento desempeña en la Física y en otras ciencias es muy general entre nuestros alumnos.

Una tercera conclusión, tan triste como las anteriores, es que la mayoría de estos jóvenes candidatos a bachilleres no distinguían lo que es posible de lo imposible. Es decir, enfrentados con el mundo físico, con una situación real del mundo en que vivimos, del mundo del cual formamos parte, no tienen una idea del orden de magnitud de las cosas. Veamos la siguiente pregunta: "Expresé en el sistema MKS una densidad de 10,5 gr/cm³". La respuesta correcta es 10.500 kg/m³, y es posible llegar a ella con sólo saber aritmética elemental y recordar que 1 kg equivale a 1.000 gr, y 1 m. equivale a 100 cm. Entre los 119 exámenes de este grupo había sólo 8 con la respuesta correcta. Los otros 111 exámenes incluían respuestas que iban desde 1.050.000.000.000 hasta 0,000 000 010 5 kg/m³. Es decir desde cien millones de veces el valor correcto hasta la billonésima parte del valor correcto. ¿Qué significa esto en términos más concretos, aparte de que los alumnos no saben hacer operaciones aritméticas elementales? 10,5 gr/cm³ es la densidad de la plata. Por cierto no hacía falta saberlo. Lo digo sólo para indicar que como densidad de un sólido es un valor corriente y típico. Unas 10 veces la densidad del agua; y esto si debas saberlo los alumnos. Pedir que se exprese esta densidad en el sistema MKS equivale a preguntar cuál es la masa en kg. de un metro cúbico de este material. Ahora bien, un metro cúbico es bastante más que una tina de baño llena. Y, ¿cómo podría la masa de este volumen ser una pequeñísima fracción de kilogramo? Y, ¿cómo podría la masa de un metro cúbico ser 1.050.000.000.000 kg.? Si sobre la Plaza de Armas de Santiago se construyera un cubo de 100 m. de altura, hecho de este material, y si luego se tomaran 100 cubos iguales a éste, se tendría la masa recién indicada. Esta desconexión entre lo que el niño estudia bajo el nombre de Física y la realidad del mundo físico es algo increíble. Probablemente sea también una de las causas de por qué no le interesa estudiar Física.

Una cuarta conclusión, y esta es probablemente más

inquietante aún que las anteriores, es la siguiente: además de no saber lo que deben saber del programa de Física de Humanidades, la casi totalidad de estos alumnos no saben expresar sus ideas, no se dan cuenta de que están contestando preguntas que no han sido formuladas, no son capaces de pensar en forma ordenada respecto a un tema simple que se les propone, lanzan palabras y frases que no significan nada, se contradicen en una misma frase. Quiere decir que también en la enseñanza del Castellano y de las demás asignaturas algo anda mal. ¿Es esto un consuelo? ¿Nos cruzamos de brazos, no hacemos nada y esperamos que los otros profesores les enseñen a razonar? De ningún modo. Porque precisamente uno de los papeles importantes que la enseñanza de la Física tiene en la enseñanza media es el de fomentar la adquisición de esas cualidades que he echado de menos en este párrafo. Pero ello no se consigue a través de la simple memorización.

Aquí ha llegado el momento de ser honrado y reconocer que si los alumnos memorizan es probablemente porque sus profesores lo fomentan de un modo u otro. Se me ha dicho en una oportunidad que la respuesta a toda pregunta envuelve un proceso de memoria. Es cierto, pero cuando hablo de memorizar y pensar me refiero a dos situaciones como éstas:

En una se trata de una pregunta cuya respuesta es una frase que no puede ser sino una frase contenida en tres líneas consecutivas de un texto.

En la otra situación se trata de una pregunta cuya respuesta requiere asociar ideas contenidas en un párrafo de una cierta página del texto con ideas contenidas en otros capítulos del texto y posiblemente con resultados de observaciones ya sean de laboratorio o del mundo natural.

Esto me lleva al tema del laboratorio. Es evidente que una buena enseñanza de Física requiere un laboratorio de Física en el cual los alumnos vean experimentos realizados por el profesor y también hagan experimentos con sus propias manos. Esto es cada vez más cierto, porque la Física se va ocupando cada vez más de fenómenos producidos en laboratorios y que no existen o no son fácilmente observables en el mundo natural sin intervención humana. En otras palabras, no sólo se observa el mundo sino que se experimenta con él. Por ejemplo, experimentos en campos eléctricos, magnéticos o gravitacionales muy intensos, experimentos en atmósferas enrarecidas, experimentos que requieran la observación de la ordenación de los átomos en un sólido, el estudio de una reacción nuclear, el análisis de la luz emitida por un gas en condiciones especiales de presión y temperatura o de las ondas hertzianas emitidas por una estrella invisible, etc. Estos son temas que requieren laboratorios especializados. Pero hay muchos aspectos fundamentales de la Física que, sin disponer de

un laboratorio especial, pueden ser enseñados con un laboratorio improvisado o aún con referencias al mundo de la vida diaria. Las dificultades empiezan cuando se llega a la escala atómica, pero aún allí no son insalvables. Y en todo caso, muchos capítulos de mecánica, de acústica, de calor, de magnetismo, de electricidad, de óptica (y estoy usando aquí deliberadamente los nombres que se suele dar a estas materias en los programas y textos usados en Chile) pueden ser enseñados, y muy bien comprendidos, haciendo referencia a fenómenos naturales fácilmente observables o a experimentos que pueden ser realizados con útiles caseros u otros objetos de la vida diaria*. Cuando digo hacer referencia, no quiero decir simplemente mencionarlos. Eso no bastaría. El profesor puede pedir a los alumnos que hagan observaciones cuantitativas, que midan, que hagan gráficos, que verifiquen o busquen relaciones entre las variables que están estudiando. Es decir, estaría pidiéndoles que descubran en la Física el carácter cuantitativo y la relación causa/efecto.

Otro punto que vale la pena mencionar es el programa. Es sabido que no basta tener un buen programa; además de otros requisitos, hay que disponer de buenos textos y material de enseñanza, y de profesores que quieran y puedan ponerlo en práctica. Estos tres elementos: programa, texto, profesores, han dado lugar en Chile a un círculo que no ha sido posible aún romper y que nos tienen sumidos en una situación de atraso que es tan trágica como ridícula. Esta situación de atraso se refleja fielmente en el programa de Física actualmente vigente para nuestros liceos. Veamos algunas comprobaciones. Creo que vale la pena analizarlo, porque si bien es cierto que es más importante tener buenos profesores y buenos textos que tener un buen programa, sin embargo, el programa refleja la intención y la meta de la autoridad educacional y constituye una orientación para los profesores y para los alumnos. La palabra átomo no aparece en forma explícita en ninguna de las cuatro páginas del programa; tampoco aparece ninguna palabra derivada de ella. Es cierto que puede suponerse que está implícita en varios párrafos del programa; pero sigue siendo cierto que es posible hacer un curso ateniéndose a dicho programa sin mencionar átomos, y por lo tanto sin recurrir a ellos para explicar y relacionar las propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases. Tampoco aparece mencionada explícitamente en el programa la palabra electrón, lo que es igualmente lamentable.

En la mecánica de gases se ha dejado la compresión, pero se ha omitido el vacío (es decir bajas presiones). Es sabido el papel preponderante que la "física del vacío", por llamarla así, ha desempeñado en la Física y en la tecnología contemporáneas.

¿Por qué en el capítulo de motores se menciona expli-

citamente el motor de explosión y el motor Diesel, pero no el motor a reacción? etc.

Si examinamos en detalle el programa, veremos que no contiene nada posterior al año 1900 con la sola excepción del efecto fotoeléctrico (1905), que extrañamente está en el 69º año de Letras, pero no en el de Ciencias, los diodos (1904) y los triodos (1907). ¿Qué quiere decir esto? Simplemente que al niño que viene a estudiar Física en el segundo ciclo de nuestras escuelas secundarias, realmente lo estamos engañando. Le estamos engañando. Le estamos dando la Física de hace 60 años. En otras palabras, le estamos diciendo: nuestro conocimiento del mundo físico es el de 1900, el que tenían nuestros abuelos o bisabuelos. ¿Hemos de sorprendernos si a los jóvenes no les interesa esto?

Otra manera de enfocar este asunto es preguntarnos: ¿Cuántos de los temas que han merecido un Premio Nobel de Física están representados en dicho programa? Y no seamos muy exigentes; démonos un margen de unos 20 años y preguntemos: ¿cuáles de los temas que han merecido premios Nobel entre 1901 y 1940 están representados en nuestro programa? La respuesta es desalentadora: casi ninguno. Y los que están representados, como descargas en gases enrarecidos, rayos catódicos, rayos X, radiactividad, corresponden a descubrimientos realizados antes de 1900 y están mencionados muy de pasada en el capítulo de ondas electromagnéticas.

¿Dónde están los experimentos que confirmaron la teoría de la relatividad? ¿Dónde están los trabajos sobre la naturaleza cuántica de la luz? ¿Y los experimentos de difracción de electrones y sus importantes consecuencias acerca de la naturaleza ondulatoria de un haz de partículas en movimiento? ¿Dónde están los experimentos que demostraron que los átomos poseen un núcleo cuyo diámetro es unas 100.000 veces más pequeño que el de los átomos? ¿Y los isótopos? ¿Y el neutrón? ¿Y la fisión nuclear? etc. Es decir, falta todo aquello que se refiere a la estructura de los átomos.

De la física cuántica no hay absolutamente nada, y los trabajos de Planck, Einstein, Bohr, Rutherford, Heisenberg, para mencionar sólo algunos, no tienen cabida en él. La difracción de rayos X en cristales, descubierta por Laue en 1912 y aplicada de inmediato por Bragg padre e hijo a la investigación del ordenamiento de los átomos en los cristales, no existe en el programa. Esta es una omisión grave, porque una gran parte de lo que se comprende hoy día acerca de las propiedades físicas de los sólidos (incluidos los transistores) tiene sus fundamentos en dichos trabajos. Pero cómo iba a contener el programa el tema de la difracción de rayos X si no contiene siquiera el de la difracción de la luz.

La difracción de la luz es conocida desde hace más de 300 años, y lo que de este tema habría que enseñar

en las escuelas secundarias lo conoce la humanidad con bastante detalle hace más de 100 años. Esto no hace de la difracción un asunto anticuado. Por el contrario: Es un fenómeno importante, siempre presente cuando se limita un frente de onda, y no está restringido a la luz sino vale para cualquiera onda. Hay también difracción de sonido, de ondas de radio, de electrones, de neutrones, de rayos X, etc. La difracción es uno de los conceptos importantes de la Física contemporánea, pero no aparece en el programa. Ni siquiera hay la excusa de que es difícil: se puede hacer experimentos de difracción de luz usando un disco de fonógrafo o aún las pestañas de nuestros ojos.

Siguiendo con óptica, me hago la siguiente pregunta: ¿será mucho pedir a la Física de las escuelas secundarias el que les muestre a los alumnos que el color azul del cielo y los colores crepusculares son un fenómeno físico cuya explicación es muy simple?

Con la exploración del universo más allá de este planeta (con lo cual el lugar que el hombre ocupa en el universo se ve ahora como necesariamente más modesto), es también de interés hacer notar a nuestros alumnos que los satélites artificiales constituyen la primera comprobación de laboratorio de las leyes que rigen los movimientos de los astros.

Y así podríamos seguir con otros capítulos del programa. Pero se podrá decir que no hay tiempo para agregar todo eso que falta. Para esto hay dos respuestas:

Primero, suprimase lo que no es esencial y réstesele extensión a lo que es de poca importancia.

Segunda respuesta, y ésta es la verdaderamente importante: no todo ha de decirse en clase. El profesor debe decir lo más fundamental y lo más difícil; debe introducir los conceptos nuevos y discutirlos. Los alumnos deberán luego leer su texto y otros libros, y usar otro material. En clase se podrá luego comentar y discutir estas lecturas y trabajos, y contestar consultas y preguntas. De este modo la eficiencia de la enseñanza aumenta considerablemente. Siempre me ha parecido extraño el que haya tanta gente que parece olvidar que la imprenta se ha estado usando con todo éxito desde hace más de 500 años.

Y esto nos lleva al problema del texto. Nuestros textos son necesariamente malos por dos razones fundamentales: primero porque están basados en un programa anticuado; y segundo porque están escritos como resumen de las clases dadas por el profesor, es decir están inspirados en la idea de que el texto es una ayuda memoria. Están fundados en el principio de que el texto debe contener todo lo que dice el profesor, y no más que eso; y que ese texto es todo lo que el alumno debe saber del ramo.

El remedio es muy simple. Los jóvenes deben leer libros sobre las aplicaciones modernas de la física (y demás

ciencias), deben leer libros sobre historia de las ciencias, deben leer libros en los cuales se coloca en su justa perspectiva el efecto que ciertos descubrimientos e invenciones han tenido sobre la vida contemporánea, ya sea el alumbrado eléctrico, los antibióticos, la válvula electrónica, la linotipia, la fotografía, los derivados del petróleo, los plásticos, los transistores, las calculadoras electrónicas, etc. Deben leer también libros en los cuales se les explica el efecto que han tenido fenómenos físicos que parecían desprovistos de aplicación práctica cuando fueron descubiertos, por ejemplo, la inducción electromagnética, los rayos catódicos, las reacciones nucleares. Deben leer libros en los cuales se exalta el valor del conocimiento científico como parte integrante de la cultura. Deben leer libros en los que se muestra lo que significa el trabajo creativo de las mentes audaces que lograron combatir con éxito contra la ignorancia y el prejuicio, y que por primera vez comprendieron lo que hoy está al alcance de todos. Deben leer libros en los que se muestra el notable acercamiento que se ha producido entre las ciencias y el proceso de síntesis que está teniendo lugar entre ellas, por ejemplo, entre la química, la física, la biología. Deben leer libros sobre lo que se hace en los laboratorios de investigación, y cómo se hace. Una tal literatura existe. Es cuestión de que las autoridades se preocupen del asunto en forma masiva.

En cuanto a lo que habitualmente se llama textos de Física, sería aconsejable que los hubiera de contenidos y enfoques diferentes. Por ejemplo, el texto de Sabato y Maiztegui (dos colegas argentinos) es actualmente uno de los mejores textos en castellano que conozco. Su grado de excelencia es tal que cuando fue publicado, hace unos 10 años más o menos, podía competir de igual a igual con textos norteamericanos o europeos. Intentos para conseguir que este texto fuera recomendado oficialmente a los liceos, resultaron infructuosos. ¡La razón que se dio fue que se trata de un texto argentino!

Entre tanto, especialmente en los últimos cuatro años, se han hecho esfuerzos extraordinarios y muy exitosos en Estados Unidos en materia de enseñanza de Física. Existe desde comienzos de este año una traducción al castellano de un texto realmente excelente hecho por el Physical Sciences Study Committee de los Estados Unidos (rssc). Además se ha hecho progreso muy notable en los últimos años en materia de medios audiovisuales, material simple para experimentación, y aun en los fundamentos mismos de los métodos de enseñanza.

Me he referido hasta ahora en esta segunda parte principalmente al rendimiento de los estudios de Física en nuestros liceos, a la importancia excesiva que se está dando a la memorización, al programa y al texto. Qui-

siera decir que junto con enmendar las fallas que he anotado hay que modificar algunos aspectos metodológicos de la enseñanza; y hay que hacer algunos profundos cambios de énfasis, a los cuales atribuyo mucha importancia. Hay que mostrar la Física como una ciencia en desarrollo; hay que mostrar la unidad que hay en la Física, vale decir, las conexiones entre los viejos capítulos; y hay que destacar el valor de la curiosidad científica y la creación científica como actividad intelectual.

3. *¿Qué hacer para mejorar la enseñanza de la Física en nuestras escuelas secundarias?*

Antes de hacer un esquema de algunas de las cosas que podría hacerse para remediar algunas de las fallas anotadas, quisiera expresar bien claramente lo que sigue: según mi opinión, lo que falta no es saber qué hacer sino el deseo de hacerlo. No es información lo que falta sino voluntad de hacer. En lo que a nuestra enseñanza secundaria se refiere, y también en algunos otros aspectos de nuestro sistema educacional, nosotros los chilenos, como nación, como un ente social, estamos mostrando falta de visión, falta de imaginación, falta de comprensión de hacia dónde van los cambios en el mundo, pero sobre todo falta de capacidad de acción. Una prueba de esta falta de capacidad de acción: hay una excelente publicación de los profesores Irma Salas y Egidio Orellana, de 1958, sobre *Correlación entre el Liceo y la Universidad* (6).

Contiene un análisis muy completo y acertado de la situación y sugiere planes de acción. Otro trabajo importante fue el de los profesores Octavio Palma, José Herrera y María Etcheverry (7). ¿Qué han realizado entre tanto en esta materia nuestras autoridades educacionales? Muy poco, casi nada. Esta falta de acción amenaza dejarnos muy pronto en un atraso irrecuperable. Atraso no solamente en comparación con los países del hemisferio norte (y en este sentido Australia está incluida en dicho grupo), sino con respecto a Brasil y Argentina. Hay personas aquí y en posiciones muy influyentes, que no se dan cuenta aún que la supervivencia de las naciones o grupos regionales depende ya no solamente de sus riquezas naturales sino en gran medida de su nivel educacional. Y en la segunda mitad del siglo xx, nivel educacional significa en gran parte nivel científico.

Observemos qué pasa en Estados Unidos, en Rusia y en la mayor parte de los países de Europa. Los jóvenes van a la escuela hasta la edad de 15 o 16 años. Muchos de ellos, aun los que no van a universidades, continúan estudiando hasta los 17 o 18. Aquí en Chile, sólo el 70% de los niños que hacen el 1.º año de primaria siguen en el 2.º año, y sólo el 30% o menos de los que

hicieron el 1er año llega al 6º año de primaria. Y nuestro analfabetismo no se limita a eso. Tenemos además otro tipo de analfabetismo: el que hace que nuestros jóvenes que han terminado sus estudios secundarios a la edad de 17 años no conocen el lenguaje del mundo contemporáneo; las matemáticas y las ciencias. Las universidades corrigen esto en gran parte para los que pasan por ellas. Pero eso no basta.

Es fácil apreciar cuál será nuestro destino, a corto plazo, sin continuamos cruzados de brazos, sin hacer nada. Mientras en Europa florece un nuevo Renacimiento, nosotros nos sumiremos en una nueva Edad Media.

Los diversos programas de acción que sugiero brevemente a continuación tienen la siguiente ventaja: se les emplea, y con éxito, en países de estructura económica tanto capitalista como socialista, en países grandes y países chicos. No hay motivo alguno para que no funcionen en Chile... siempre que queramos que funcionen.

A) Inundar el país con buenos textos de matemáticas y de ciencias, y también con libros en que estas asignaturas están tratadas en forma amena y de acuerdo con lo que expuse en la segunda parte.

B) Preocuparse seriamente por atraer lo mejor de nuestra juventud a la carrera del profesorado secundario. ¿Qué se puede hacer para ello?

1 Dotar de inmediato a los Departamentos de Ciencias de los Institutos Pedagógicos del país de un presupuesto adecuado para su buen funcionamiento. Preocuparse no sólo de la cantidad, sino también de la calidad de los nuevos graduados.

2 Dotar de inmediato a los Institutos Científicos de las Universidades, entre ellos al Instituto de Ciencias de la Universidad de Chile, de un presupuesto adecuado, para que contribuyan a la formación de científicos. Muchos de estos podrán dedicarse a la docencia universitaria contribuyendo así a mejorar la calidad del proceso de formación de profesores secundarios.

3 Anunciar en 1963 un buen número de becas, para ser con cedidas en enero de 1964, por ejemplo 400 becas. Estas becas serían ganadas por concurso por jóvenes bachilleres con el fin de que estudien Matemáticas, Física, Química o Biología en los Institutos Científicos y en los Institutos Pedagógicos del país.

4 Estas becas serían de un sueldo vital y medio, obligarían al estudiante a dedicarse exclusivamente a sus estudios, y serán considerados como un honor y un premio, no una limosna.

5 Elaborar un sistema de remuneraciones para el profesorado, que se aplicaría a todos los que se gradúan a partir de 1967, el cual consulte una renta inicial de por ejemplo dos o tres sueldos vitales con ligeros aumentos de renta por año de servicio y considerables aumentos de renta por méritos. Este sistema debe adoptarse de inmediato si se desea que nuestros jóvenes talentosos ingresen a los estudios del profesorado. Junto con esto se ha de aumentar a partir de este año, el rendimiento de los estudios en los Institutos Pedagógicos.

6 El dinero no lo es todo. Es muy importante el valor social que se atribuye al profesorado. Con las técnicas que de la psicología moderna es fácil, si las autoridades lo desean, levantar o hundir el valor social de una profesión. Los estimulos van desde la posibilidad de que los profesores en ejercicio puedan hacer estudios avanzados gozando de permiso con sueldo, promociones por mérito, considerar sus puntos de vista en materia de su competencia, fomentar un mayor contacto entre profesores secundarios e investigadores, aceptar la posibilidad de una movilidad entre estos dos grupos, castigar la ineficiencia y estimular la iniciativa, etc., hasta llegar aún a pequeños trucos que son elementales aunque no triviales. Se me ocurre, por ejemplo, ¿por qué el Presidente de la República visita la Escuela Militar con motivo de la ceremonia de graduación, y no visita una Escuela Normal o un Instituto Pedagógico?

7 Y por encima del dinero y el valor social está el valor intelectual de una profesión. Es urgente, y es posible, puesto que se hace en muchas partes, tomar medidas que hagan de la enseñanza secundaria un trabajo que, además de ser remunerado y tener algún prestigio social, y además de satisfacer aspiraciones vocacionales, lleve consigo alguna satisfacción intelectual. Esto se consigue dando a los profesores una asignación para comprar libros, dotando a los Liceos de libros, estimulando a los profesores a que se perfeccionen y comuniquen sus resultados a sus colegas, promoviendo algún contacto entre Liceos y centros de investigaciones, distribuyendo a los Liceos revistas de física tanto científica como de interés pedagógico, estimulando a los profesores que escriban y publiquen en revistas científicas, etc.

C) Cursos de perfeccionamiento obligatorios para los profesores en ejercicio. Creo que, por ejemplo, la décima parte de los profesores de Física que trabajan actualmente podrían hacer un curso de un semestre en alguna universidad del país y así en 5 años se cumple un ciclo de perfeccionamiento. Algunos de éstos, los que se destaquen en estos cursos, podrán ser enviados también al extranjero por un año o dos para continuar estudios superiores.

Sobre estos cursos de perfeccionamiento debo agregar que hay la posibilidad de hacerlos y que mientras físicos chilenos dan tales cursos en otros países de nuestro continente, en Chile no ha sido aún posible por falta de apoyo de nuestras autoridades.

D) Instituir una brigada de visitantes de ramos científicos. Para Física bastarían unos 3 o 4 para empezar, y ojalá no sean puestos permanentes. Ellos controlarían, pero especialmente aconsejarían, a los profesores del ramo, pasando, por ejemplo, una semana en cada liceo. Pero esta brigada debe estar constituida por personas muy preparadas y de mucha iniciativa.

E) Todas las otras medidas de política educacional general que se refieren no sólo a Física:

1 Dar a los Rectores de los Liceos más libertad de acción para que elijan los buenos profesores que ellos desean tener en sus liceos. Un poco de competencia entre los Liceos en este sentido puede ser beneficioso.

2 Dar más flexibilidad a los programas de estudio estimulando la iniciativa de los profesores en este aspecto del trabajo. Un programa totalmente uniforme para todo el país frena la experimentación pedagógica y atrasa los intentos de renovación.

3 Organizar concursos anuales entre Liceos no solamente en fútbol o en belleza femenina, sino también en realizaciones intelectuales. El concurso en Física podría ser organizado y controlado, por ejemplo, por una comisión de la Sociedad Chilena de Física.

4 Diversificar el segundo ciclo de la enseñanza media de modo que tras un examen de selección sólo entren al segundo ciclo del Liceo los jóvenes con suficientes aptitudes intelectuales.

5 Ofrecer miles de becas a los alumnos de escuelas secundarias, a lo largo de todo el país.

6 Clausurar esas extrañas instituciones en las cuales personas inescrupulosas, sin la suficiente preparación científica y pedagógica ofrecen dar 2 o 3 años en uno, ofrecen preparar para el bachillerato, etc. Esas instituciones constituyen intereses contrarios al mejoramiento de nuestra enseñanza. El que existan en nombre de la libertad de enseñanza sólo prueba que no sabemos lo que es libertad y que no nos preocupa la calidad de la enseñanza. ¿En qué otra profesión ocurren estos abusos? ¿Se permite a alguien que no sea médico ejercer la medicina? ¿Se permite a algún ciudadano que no sea ingeniero diseñar y construir un puente? Al respecto, hay un interesante artículo del profesor Waldemar Cortés en el Boletín de la Universidad de Chile. (8).

7 Procurar que las escuelas primarias enseñen a los niños principalmente castellano (vale decir, leer y escribir) y aritmética;

y un poco de ciencias, historia y geografía. Pero por sobre todo castellano y aritmética, y el hábito de leer, el deseo de cultivarse, la capacidad de escuchar y pensar.

8 Meditar en lo que significa que en Chile en 1957, sólo 6 liceos de un total de 122 liceos tenían todas sus clases de Matemáticas y Física servidas por profesores titulados. En 1957, sólo el 38% de los profesores secundarios de Matemáticas y Física poseían su título de profesor; en 1959, ya eran solamente 35% (233 de 664). En 1957, el déficit de profesores de Matemáticas y Física se estimaba en 154, aparte de los cientos de profesores sin preparación suficiente. Y todas estas estadísticas se han ido agravando con los años.

9 Meditar en lo que significa para Chile el que tengamos una proporción de habitantes menores de 15 años, mayor que los países de Europa y América del Norte. Tenemos que educar a una proporción mayor de niños con menos profesores, sin una larga tradición en materia educacional, y con serios problemas ambientales, sanitarios y económicos. Y si no hacemos algo imaginativo, y a la vez eficiente, nuestro problema demográfico-educacional continuará agravándose más y más.

10 Y por encima de todo, redistribuir el presupuesto fiscal dando más dinero a la educación; con la idea clara de que nuestro problema educacional, que es hoy gravísimo, pronto pondrá en juego nuestra supervivencia como comunidad civilizada.

*Un libro muy útil al respecto (y en Castellano) es el "Manual de la UNESCO para la Enseñanza de las Ciencias" (3) y un artículo del profesor Brian Holmes en el Boletín de la Universidad de Chile (4).

*Hay informaciones interesantes en el libro (3) que se publicó sobre una Conferencia Internacional realizada en París en el tema de la Enseñanza de la Física.

REFERENCIAS

- 1 Ver también: G. P. Snow. *The two cultures and the scientific revolution*. Cambridge University Press, 1959.
- 2 N. Joel. ¿Qué saben de Física nuestros alumnos de Liceo? Boletín de la Universidad de Chile. N.os 26 y 27, noviembre y diciembre, 1961.
- 3 *Manual de la UNESCO para la enseñanza de las ciencias*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1959.
- 4 Brian Holmes. *Cómo poner en marcha un laboratorio con 30 escudos*. Boletín de la Universidad de Chile, N.º 10, abril, 1960.
- 5 *International Education in Physics*. Proceedings of the International Conference on Physics Education, Unesco House, Paris, John Wiley, New York, 1960.
- 6 Irma Salas y Egidio Orellana. *Correlación entre el Liceo y la Universidad*, 1958.
- 7 Octavio Palma, José Herrera y María, Etcheverry. *El problema de la enseñanza científica en el Liceo*. Editorial Universitaria, Santiago, 1958.
- 8 Waldemar Cortés. *Profesión docente y colegio de profesores secundarios*. Boletín de la Universidad de Chile, N.º 33; septiembre, 1962.
- 9 *Año Pedagógico 1959*. Instituto de Educación, Universidad de Chile.

URGENTE NECESIDAD DE MATEMATICOS

En el *Bulletin* de agosto de este año de la Asociación Internacional de Universidades, se reproduce un artículo publicado en *Izvestia* de Moscú, por un grupo de académicos soviéticos, proponiendo medios para satisfacer la creciente demanda de matemáticos que existe en la URSS.

En el artículo se afirma que desde la década anterior, la ciencia ha estado desempeñando un papel creciente en el desarrollo de la sociedad, lo que se ha debido al descubrimiento de las nuevas fuentes nucleares de energía. La revolución en la física y su concomitante desarrollo repentino de la técnica, acompañada por el establecimiento de nuevas industrias, ha creado una demanda de gran número de físicos y científicos de especialidades vecinas: matemáticos, expertos nucleares, químicos y otros especialistas. Con el fin de desarrollar ciertas importantes ramas de la ciencia y la tecnología, la Unión Soviética creó un nuevo tipo de establecimientos de enseñanza superior, que en 15 años ha producido el número necesario de científicos de la calidad requerida. Nos referimos al Departamento de física y tecnología de la Universidad de Moscú, que ahora ha sido transformado en un instituto independiente. El mismo principio ha sido

adoptado recientemente por el Instituto de Ingeniería Física de Moscú, por la Universidad de Novosibirsk, por ciertos departamentos de la Universidad de Moscú y por algunos grupos de otras universidades. Lo que los físicos emprendieron hace unos 20 años, los matemáticos lo están haciendo ahora. Los principios revelados por los matemáticos han precedido normalmente a otras ciencias en una substancial extensión y han esperado diez y a veces hasta cientos de años antes de ser llevados a la práctica en física y en la tecnología. A causa de la aceleración general de la ciencia, durante los últimos 20 años, se ha producido un cambio fundamental en esta situación y en las matemáticas ha ocurrido una revolución de especial calidad.

En 1945 fue creado el primer computador digital electrónico, una máquina capaz de resolver intrincados problemas y de reemplazar a miles de calculistas. Los principios en que estaba basada (memoria, operaciones lógicas, etc.) han probado ser de particular beneficio en diversas ramas de la ciencia y la tecnología, y en especial en la automatización; justamente así como los físicos modernos han dado nacimiento a la industria nuclear, los matemáticos han dado vida a