

Física para químicos*

Vicente Talanquer Artigas**

Antecedentes

A raíz de la reforma académica en la Universidad Nacional, promovida por el rector Javier Barros Sierra en 1966, se llevaron a cabo un año más tarde modificaciones en los planes y programas de estudio en la Facultad de Química de la UNAM (Organización Académica FQ, 1980). En este proceso el plan anual entonces vigente fue sustituido por un plan semestral, en el que quedaba establecido un tronco común de dos semestres para todas las carreras impartidas en esta institución. Junto con las modificaciones subsecuentes realizadas en 1971 sobre la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo, la formación básica en el área de Física de los estudiantes de la Facultad de Química de la UNAM quedó comprendida por el conjunto de asignaturas que se señalan en la tabla 1.

En este plan, las materias Física I y Física II eran impartidas en clase teóricas de tres horas semanales, pues el trabajo experimental correspondiente debía, en principio, realizarse en los entonces laboratorios de Ciencia Básica que se cursaban junto con ellas en los dos primeros semestres (tronco común) de todas las carreras (tabla 2). Por su parte Física III, IV y V eran asignaturas teórico-prácticas de tres horas de teoría y dos horas de laboratorio semanales, mientras que Física VI se contaba dentro del grupo de materias optativas para ingenieros químicos y químicos con un programa no muy bien definido en el que se trataban temas de física moderna. La asignatura de Física VI obligatoria para ingenieros químicos metalúrgicos tenía un programa de estudios diferente que se enfocaba a cuestiones más específicas de esta área.

Para la década de 1980, el trabajo sobre los planes y programas de estudio entonces vigentes (periodo 1971-1986, tablas 1 y 2) había permitido detectar ciertos problemas claros en el área de Física, entre los que destacaban:

I. Los programas de Física I (Cinemática) y Física

II (Dinámica) debían ser reestructurados para equilibrar la carga académica en cada uno de ellos.

II. El trabajo experimental sobre prácticas de Física en el Laboratorio de Ciencia Básica se reducía a dos o tres sesiones a lo largo del año académico en que se desarrollaban los cursos, y por tanto, el curso de Mecánica en la Facultad carecía de fundamentos prácticos adecuados.

III. La formación en el área de Física de los estudiantes de la carrera de Q.F.B. era muy deficiente. El último curso de Física en su plan de estudios (Física III) debía proporcionarles una formación básica en electricidad, magnetismo, óptica, y mecánica de medios continuos, lo que evidentemente resultaba imposible en un semestre académico.

IV. Los laboratorios para las materias de Física III, IV y V carecían de material para desarrollar adecuadamente las prácticas. La falta de planeación académica y administrativa en el área de Física había obligado a contratar a muchos profesores de laboratorio que carecían de la formación y experiencia necesarios para desarrollarse convenientemente, lo que hizo que poco a poco el trabajo experimental en Física en nuestra Facultad fuera menospreciado por grandes sectores de la comunidad.

V. En general, la imagen de la Física en la Facultad de Química se encontraba muy deteriorada a pesar del esfuerzo aislado de algunos profesores del área. Las materias se daban sin que muchos docentes tuvieran claro el papel que la Física debía jugar en la visión integral del plan estudios. Los estudiantes demandaban de ellas el aprendizaje de métodos y técnicas para resolver problemas prácticos específicos, ante la ausencia de una definición clara que hiciera evidente su carácter de materias formativas en el desarrollo de habilidades para el razonamiento crítico, y en la estructuración de una visión general para la comprensión global del comportamiento de la naturaleza.

No obstante esto, durante el periodo de 1980 a 1987 los porcentajes promedio de aprobación, reprobación y deserción en las asignaturas de Física (tabla 3) fueron bastante aceptables si se les compara con los valores

* Los datos estadísticos incluidos en este artículo fueron proporcionados por la Secretaría Académica de Asuntos Escolares y la Secretaría de Atención a Alumnos de la Facultad de Química de la UNAM.

** Facultad de Química, UNAM.

Tabla 1. Asignaturas del área de Física en los planes y programas de estudio de la Facultad de Química, vigentes en el periodo 1971-1986

Materia Carrera	Física I	Física II	Física III	Física IV	Física V	Física VI	% relativo al total de créditos por carrera
Químico	✓	✓	✓	✓	✓	Optativa	9.3
Ing. Químico	✓	✓	✓	✓	✓	Optativa	8.0
Ing. Quím. Met.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10.0
Q.F.B.	✓	✓	✓	—	—	—	5.1

Tabla 2. Materias del tronco común en los planes y programas de estudio de la Facultad de Química, vigentes en el periodo 1971-1986

Primer semestre	Créditos	Segundo semestre	Créditos
Física I	6	Física II	6
Fisicoquímica I	6	Química Inorgánica I	10
Matemáticas I	10	Cálculo Dif. e Int.	12
Matemáticas II	8	Fisicoquímica III	6
Fisicoquímica II	6	Serie Analítica I	5
Laboratorio de Ciencia Básica I	10	Laboratorio de Ciencia Básica II	10

medios para todas las materias impartidas en la Facultad de Química (aprobación 67.5 %, reprobación 19.50%, deserción 13.00 %, en el periodo 80-87), y los particulares obtenidos en aquellas asignaturas clasificadas como del tronco básico en los diversos planes de estudio (Matemáticas, Química General, Fisicoquímica).

Durante el proceso de revisión de planes y programas de estudio iniciado a finales de la década de los setenta, y que integraría posteriormente el denominado Proyecto No. 9 para los cambios realizados a partir de 1986, gran parte de la problemática antes mencionada no fue considerada, y la formación básica en el área de Física fue menospreciada y relegada por el creciente número de asignaturas de especialización. A pesar de los continuos señalamientos de los profesores de Física sobre las deficiencias formativas de los currículos diseñados, los planes de estudio puestos en vigor de forma global en el periodo 1986-1988, consideran tan solo el

Tabla 3. Porcentajes de aprobación, reprobación y deserción en las materias obligatorias del área de Física, durante el periodo 1980-1986

Índice Materia	Aprobación	Reprobación	Deserción
Física I	54.6	26.3	19.1
Física II	65.9	22.5	11.6
Física III	65.8	20.0	14.2
Física IV	73.3	14.6	12.1
Física V	74.8	17.6	7.6

grupo de asignaturas de Física que se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Asignaturas obligatorias del área de Física en los planes y programas de estudio de la Facultad de Química, puestos en marcha en el periodo 1986-1988 (hoy vigentes)

Materia Carrera	Cinemática y Dinámica	Electromagnetismo	Estática	Ondas y Óptica	% relativo al total de créditos
Químico	✓	✓	—	✓	6.4
Ing. Químico	✓	✓	✓	—	5.6
Ing. Quím. Met.	✓	✓	—	—	3.6
Q.F.B.	✓	✓	—	—	3.7

Nota: Las materias corresponden a 3 horas de teoría y 2 horas de laboratorio.

Esta nueva estructura curricular corresponde a una reducción efectiva en el tiempo dedicado a la formación en Física de nuestros estudiantes de:

Carrera	% de reducción
Químico	31.5
Ingeniero Químico	30.0
Ingeniero Químico Metalúrgico	63.9
Químico Farmacéutico Biólogo	27.1

Es claro que, con esta decisión, ninguno de los problemas antes señalados pudo solucionarse y, por el contrario, se agravaron y generaron otros:

I. Los índices de aprobación, reprobación, y deserción se modificaron drásticamente reflejando, entre otras cosas, la falta de tiempo para profundizar en el contenido de los programas e incluir diversas actividades de trabajo y recuperación en clase, así como la inconformidad del profesorado al trabajar con programas de estudio ajenos e impuestos (ver tabla 5).

II. Aparte de la reducción en el tiempo asignado a cada tema en el programa y el deterioro en el nivel y la profundidad con que se tratan, fueron excluidos un conjunto de conocimientos básicos en la formación de cualquier profesional de la química:

Tabla 5. Porcentajes de aprobación, reprobación y deserción para las asignaturas comunes a todas las carreras en los nuevos planes y programas de estudio. Periodo 1986-1989.

Materia \ Índice	Aprobación	Reprobación	Deserción
Cinemática y Dinámica	42.8	24.7	32.5
Electromagnetismo	48.2	25.6	26.2

Químico: gravitación, movimiento relativo, movimientos oscilatorios, mecánica de cuerpos rígidos, ondas en medios elásticos, sonido, elasticidad, propiedades eléctricas y magnéticas de materiales.

Ingeniero Químico: gravitación, movimiento relativo, movimientos oscilatorios, ondas en medios elásticos, elasticidad, sonido, óptica, ondas electromagnéticas, propiedades eléctricas y magnéticas de materiales.

Ingeniero Químico Metalúrgico, Químico Farmacéutico Biólogo y Química de Alimentos: gravitación, movimiento relativo, movimientos oscilatorios, mecánica de cuerpos rígidos, ondas en medios elásticos, elasticidad, sonido, óptica, ondas electromagnéticas, propiedades eléctricas y magnéticas de la materia.

Estamos formando así profesionales que no tienen la menor idea de los fundamentos físicos de la mayoría de los equipos con los que trabajan, que carecen de una cultura física media que facilite su proceso de actualización en etapas posteriores y que, por supuesto, están condenados a vivir al margen de la comprensión de los avances científicos y tecnológicos más importantes de su era.

III. La capacidad formativa de los cursos actuales es muy deficiente. Como indicador podemos recurrir a los resultados del examen diagnóstico aplicado por la Facultad de Química de la UNAM a sus alumnos de primer ingreso. Este examen cuenta desde 1989 con 25 preguntas básicas de cada una de las siguientes áreas: Química, Matemáticas, Física, y Conocimientos Gene-

rales. Se aplica desde entonces antes de iniciar el semestre (primera aplicación) y al finalizar éste (segunda aplicación), para tener una idea del aprovechamiento de los estudiantes. Los resultados obtenidos hasta ahora se muestran en la tabla 6. De ella es claro que la preparación en Física de nuestros estudiantes es muy deficiente, y que el curso inicial de "Cinemática y Dinámica" tal y como está diseñado no les ayuda mucho a superar sus problemas (este curso corresponde a tan solo el 18.2 por ciento de los créditos en el primer semestre contra el 36.4 y 45.4 por ciento para las áreas de Matemáticas y Química, respectivamente).

IV. Puesto que en la estructuración final de los planes hoy vigentes las materias de Física se mantuvieron, al margen de su profesorado, más por compromiso que por convencimiento de su utilidad, no es claro para nadie cuál es su papel dentro de la filosofía general de los planes de estudio (la cual, por cierto, nadie controla ni evalúa). Así, día con día, se trabaja en ellas sin claridad en las metas a alcanzar, y sin objetivos que las ligen a la estructura curricular general. Ante la ausencia de evaluación la toma de decisiones para establecer medidas correctivas se complica, y se avanza dando palos de ciego sin un rumbo definido.

El problema de la Física en la Facultad de Química de la UNAM ha sido siempre atribuido a la mala calidad académica de su profesorado. Sin embargo, en ese sentido, su situación es similar a la de las otras áreas que conforman la institución. Desde la implantación de los nuevos planes y programas de estudio en 1986, se han venido buscando alternativas que, sin modificar el currículo, signifiquen una mejoría de la problemática planteada. Así, se ha desarrollado un "Taller de Cinemática y Dinámica" (Talanquer, 1990) que trabajando con alumnos de primer ingreso pretende:

- Motivar a los estudiantes en el aprendizaje de la Física.
- Establecer actividades de recuperación para los conocimientos adquiridos en el curso de Cinemática y Dinámica.
- Abrir espacio para temas fundamentales excluidos

Tabla 6. Resultados del Examen Diagnóstico para Alumnos de Primer Ingreso a la Facultad de Química. Periodo 1989-1990 (Porcentaje de aciertos)

		Química	Matemáticas	Física	Conocimientos Generales	Inglés	Total
1989	Primera aplicación	46.6	29.2	27.0	44.2	55.3	37.2
	Segunda aplicación	65.9	44.9	34.1	51.6	62.6	49.6
1990	Primera aplicación	45.5	29.4	27.3	44.8	60.6	37.3
	Segunda aplicación	65.9	45.8	35.7	51.7	68.6	50.3

del programa por falta de tiempo.

- Desarrollar actividades que establecen un vínculo directo entre la Física y la vida cotidiana.
- Facilitar el acceso a material bibliográfico que muestra la Física desde una perspectiva más atractiva.
- Desarrollar actividades que enfrentan las concepciones físicas del estudiante con el comportamiento del mundo real, para tratar de eliminar concepciones erróneas.

Probado con algunos grupos piloto en los semestres académicos de 1989-1990, aunque cumplió con la mayoría de sus objetivos, el Taller no ha podido solucionar los problemas centrales del curso: la falta de tiempo para trabajar con los estudiantes y la calidad de las condiciones materiales y humanas con las que se opera. De forma similar, en el segundo semestre de 1989 se desarrolló un "Proyecto de Electromagnetismo"¹ en el que un grupo de profesores del área trabajaron de forma integrada impartiendo tanto la teoría como el laboratorio de esta asignatura. Fueron elaboradas series de problemas, prácticas de laboratorio, traducciones de lecturas y experiencias de cátedras, que integradas en un próximo manual se espera ayuden a cubrir algunas de las deficiencias en esta materia. Sin embargo, la evaluación de los resultados del proyecto, en el que el curso fue cubierto ajustándose a los tiempos indicados en el programa, señala claramente que el tiempo es insuficiente para desarrollar todas las actividades que asegurarían una formación más sólida de los estudiantes.

Es claro entonces, después de casi ya cuatro años de buscar alternativas a la problemática del área de Física dentro de esquemas que se ajusten a los planes y programas vigentes, que si bien existen deficiencias didácticas generales en el abordaje de la enseñanza de la Física en la Facultad de Química, y no ha podido resolverse de manera adecuada la desvinculación entre la teoría y la práctica, no podrá darse solución efectiva a problemas centrales tales como índices de aprobación, reprobación, deserción, calidad de los aprendizajes, etcétera, mientras no se dé el espacio y se creen las condiciones necesarias para que los profesores del área desarrollen su trabajo convenientemente y se establezcan mecanismos adecuados para evaluarlo.

La cuestión a discutir sigue siendo si el estudio formal de la Física es de utilidad al profesional de la Química. Independientemente de la cultura general que se le pueda proporcionar para facilitar su comprensión del mundo que les rodea, es innegable que si lo que pretendemos es formar químicos y no alquimistas, de-

bemos fortalecer la educación básica de nuestros estudiantes. El estudio de la Física proporciona una ventajosa capacidad de análisis de la realidad, que pocas disciplinas son capaces de fomentar. La frontera entre la química y la física es cada día más difusa, y los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos exigen la profunda comprensión de los fenómenos que se estudian en las dos áreas. Los nuevos planes y programas de estudio en la Facultad de Química optaron por la especialización sobre la formación básica, y al hacerlo están dejando hueco el soporte conceptual que puede asegurar su éxito. La pregunta es si esperaremos otros veinte años para corregirlo.

La propuesta

Ante esta situación, en el Departamento de Física y Química Teórica de la Facultad de Química de la UNAM se han venido discutiendo un conjunto de soluciones posibles a la problemática que se plantea. Sin embargo, dado que la estructuras curriculares actuales están excesivamente sobrecargadas en créditos, las opciones viables se reducen drásticamente. Entre éstas, se considera:

I. Homogeneizar todos los cursos de Física que se ofrecen en la Facultad de forma que correspondan a 3 horas de teoría, 2 horas de discusión y 2 horas de enseñanza experimental (10 créditos en total). Esto permitiría, por lo menos en las carreras de Química e Ingeniería Química, cubrir con los contenidos y actividades mínimas de formación básica en el área. Establecidas estas condiciones de trabajo sería más fácil convencer al grupo de docentes responsables del desarrollo de las asignaturas, de la necesidad de incluir dentro de las actividades de sus clases teóricas y de discusión, sesiones de participación grupal que enfrenten al estudiante con las implicaciones de sus propios preconceptos, permitan el análisis físico de experimentos desarrollados como experiencias de cátedra, utilicen recursos didácticos computacionales accesibles a la Facultad de Química, se involucren directamente en las actividades experimentales, recurran a métodos de enseñanza no tradicionales que en la mayoría de los casos requieren de más tiempo para ser desarrollados, etcétera.

II. Separar, administrativamente, la enseñanza teórica de la Física de su contraparte experimental, dividiéndola en dos troncos interdependientes pero bien diferenciados. Con una estructura como ésta se daría flexibilidad al trabajo experimental, se facilitaría su integración lógica, adquiriría figura propia y seriedad ante los estudiantes, se optimaría el uso de los recursos asignados, se definirían objetivos específicos que redundarían en una mejor formación de los alumnos, etcétera. Es claro que establecer dicha separación administrativa no significa desvincularlas académicamente. Por el contrario, es deseable y factible, sobre todo en el caso de la materia de Cinemática y Dinámica para estudiantes de primer ingreso —para la cual ya se han hecho algunas

¹ El trabajo del grupo "Proyecto de Electromagnetismo" estuvo avalado por el Consejo Técnico de la Facultad de Química de la UNAM, y fue desarrollado por Carlos Amador, Ma. Eugenia Costas, Fernando Estrada y Vicente Talanquer, con la colaboración de Marta de la Vega, Joel Gutiérrez, Glinda Irazoque y Silverio Sánchez.

pruebas exitosas—, que el profesor de teoría se hiciera responsable del avance del curso de física experimental, involucrándose directamente en él.

III. Reorganizar los programas de las materias del área, de forma que para las carreras de Ingeniería Química y Química los tres cursos de Física presenten la estructura y contenido que se señalan en la tabla 7. Esta organización pretende optimar el tiempo y espacio dedicado a cada tema, aprovechando mejor la formación previa del estudiante de acuerdo con los planes y programas de estudio vigentes. La propuesta contempla la inclusión de contenidos básicos de Física que no se consideran en la actualidad, y sin embargo son centrales para la comprensión de temas de especialidad en los que las carreras de química tienen fuerte incidencia, como propiedades mecánicas, ópticas y eléctricas de materiales, estudios cuánticos y mecánico-estadísticos de sistemas fisicoquímicos, fenómenos cinéticos no lineales, etcétera. Establecidos los contenidos mínimos, la discusión deberá centrarse, en esencia, en cuestiones relativas a orden, tiempos, enfoques y metodologías. Es por ello urgente crear los mecanismos necesarios para evaluar y modificar continuamente los planes y programas de estudio de forma que, con base en la experiencia docente, pueda decidirse cuáles son la estructura, secuencias, técnicas, actividades, etcétera, que permiten alcanzar de forma más eficiente los objetivos del área, y desarrollar en los estudiantes una actitud más favorable para el estudio de la Física.

IV. Analizar, junto con los responsables de las carreras de Ingeniero Químico Metalúrgico, Químico Farmacéutico Biólogo y Químico de Alimentos, las mejores opciones para sus carreras que sólo contemplan un curso de Física adicional al de "Cinemática y Dinámica".

Los planes y programas de estudio vigentes deben ser revisados y fortalecidos en su tronco básico. Es indispensable que, independientemente del área de especialización, todos los estudiantes de la Facultad de Química adquieran los conocimientos y formación que se proporcionan en los siguientes cursos:

Matemáticas

Álgebra
Cálculo de una Variable
Cálculo de Varias Variables
Ecuaciones Diferenciales
Estadística
Computación y Métodos Numéricos

Física

Cinemática y Dinámica
Mecánica de Medios Continuos
Estructura de la Materia
Termodinámica
Electromagnetismo
Ondas y Óptica

Es en ellos donde se desarrollan en gran medida la capacidad de abstracción y análisis, la metodología más adecuada para la resolución de problemas, la habilidad para operar con entidades abstractas y razonar sobre

Tabla 7. Estructura programática propuesta para los tres cursos obligatorios de Física para las carreras de Ingeniería Química y Química.

Cinemática y dinámica	
I.	Sistemas de unidades
II.	El lenguaje del movimiento
III.	Mecánica de partículas
IV.	Trabajo y energía
V.	Mecánica de cuerpos rígidos
Medios continuos, ondas y óptica	
VI.	Mecánica de fluidos
VII.	Elasticidad
VIII.	Movimientos oscilatorios
IX.	Ondas en medios elásticos
X.	Ondas sonoras
XI.	La luz y la óptica geométrica
XII.	Interferencia y difracción
XIII.	Polarización
Electromagnetismo	
XIV.	Fenómenos electrostáticos
XV.	Campo eléctrico
XVI.	Energía y potencial electrostáticos
XVII.	Capacitancia, dieléctricos y conductores
XVIII.	Corrientes estacionarias y circuitos CD
XIX.	Introducción al magnetismo
XX.	Fenómenos magnéticos
XXI.	Inducción electromagnética
XXII.	Circuitos de corriente alterna
XXIII.	Ondas electromagnéticas

suposiciones hipotéticas, la capacidad para establecer relaciones lógicas, analizar las implicaciones de un resultado, tomar decisiones con base en ello, etcétera. Es decir, el conjunto de habilidades y destrezas que distinguen a un buen científico y profesional de un mal técnico especializado.

La experiencia ha demostrado que los planes y programas de estudio vigentes presentan algunos errores que deben corregirse de inmediato. Más aún, la Facultad de Química requiere urgentemente definir con precisión cuál debe ser la filosofía y política educativa de nuestra institución. Es necesario revertir la tendencia actual a fragmentar los planes y programas de estudio en carreras de especialidad, con lo que se dispersan los recursos, se hace endeble la formación básica, y se debilitan los posgrados. La enseñanza de la física, las matemáticas y la química básica debe ser fortalecida y apoyada, con el convencimiento de que sólo así lograremos formar profesionales versátiles capaces de incidir en el desarrollo y la transformación científica y tecnológica del país. 

REFERENCIAS

- Organización Académica de la Facultad de Química 1980-1981. Facultad de Química, UNAM. México, 1980.
Talanquer, V., Costas, M. E., y C. Amador. *Taller de Física. Cinemática y Dinámica*. 3era edición. Facultad de Química, UNAM. México, 1990.



Mallinckrodt

®

REACTIVOS ANALITICOS

Una línea de amplio prestigio en el mundo
desde 1867...

Hoy nuevamente en México

Distribuidor autorizado:

INDUSTRIAS CARSA, S.A. de C.V.

Prosperidad #7, Colonia Escandón,
México, D.F., C.P. 11100

Teléfonos: 272 4530 y 515 0630
Telefax: 272 4470



Mallinckrodt