

# Didáctica de la Física en la Universidad

---

II SEMINARIO

---

INCIE

DEPARTAMENTO DE PERFECCIONAMIENTO  
DEL PROFESORADO







*II Seminario sobre:*

**DIDACTICA DE LA FISICA  
EN LA UNIVERSIDAD**



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS DE LA EDUCACION

Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado

*II Seminario sobre:*

DIDACTICA DE LA FISICA  
EN LA UNIVERSIDAD

Celebrado en el Salón de Actos del INCIE,  
durante los días 5 y 6 de abril de 1976.  
MADRID

Texto: INCIE.

Edita: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. 1976.

Depósito Legal: M. 28.143 - 1976.

I.S.B.N.: 84-369-0040-5.

Imprime: ARTEGRAF. Sebastián Gómez, 5. Madrid-26.

Printed in Spain.



**Moderador de todas las sesiones:**

**D. Luis BRU VILLASECA**

Catedrático de Física del Estado Sólido. Decano de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid. Académico de la Real Academia de Medicina.

**Coordinador del Seminario y de esta publicación:**

**D. Luis ROSADO BARBERO**

Departamento de Ciencias de la UNED y Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado del INCIE.



## INDICE

	Págs.
Introducción, por <b>Luis Rosado Barbero</b> .....	11
Objetivos del Seminario .....	17
Programa .....	19
Participantes .....	21
Resumen y conclusiones del Seminario, por <b>Luis Brú Villaseca</b> .....	29
<b>LA ENSEÑANZA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD</b> (Resumen de la ponencia), por <b>Nicolás Cabrera Sánchez</b> .....	37
<b>TECNOLOGIA INFORMATICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS FISICAS</b> , por <b>Antonio R. Vaquero Sánchez</b> .....	43
<b>LA AUTOMATICA EN EL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA DE LA FISICA APLICADA</b> .....	57
<b>Primera parte</b> , por <b>Vicente Aleixandre Campos</b> .....	59
<b>Segunda parte</b> , por <b>Sebastián Dormido Bencomo</b> .....	69
<b>POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE LOS RECURSOS TECNICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA</b> , por <b>José Luis Lorente Guarch</b> .....	75
<b>PROBLEMÁTICA DE LA DIDACTICA DE LA FISICA PARA ESTUDIANTES DE OTRAS DISCIPLINAS</b> .....	81
<b>Primera parte</b> , por <b>Francisco Rubio Royo</b> .....	83
<b>Segunda parte</b> , por <b>Manuel García Velarde</b> .....	91
<b>LA LICENCIATURA EN FISICAS EN RELACION CON EL PROFESORADO DE BACHILLERATO</b> (Esquema de la ponencia), por <b>Justo Mañas Díaz</b> .....	101
<b>APENDICES</b> .....	105
<b>APENDICE 1: Programa del Seminario sobre: PROBLEMAS DIDACTICOS UNIVERSITARIOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA. (I Seminario sobre: DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD)</b> .....	111
<b>APENDICE 2: Participantes al I Seminario sobre DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD</b> .....	115
<b>APENDICE 3: Conclusiones del I Seminario sobre: DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD</b> .....	119
<b>Hoja de FORMULACION DE SUGERENCIAS</b> .....	123



## **INTRODUCCION**



## INTRODUCCION

Uno de los objetivos primordiales del Instituto Nacional de Ciencias de la Educación (INCIE), a través del Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado, es el **continuo desarrollo profesional** del docente, tanto en su vertiente humana (actitud frente al grupo de alumnos y colegas) como en la técnica (asimilación de nuevos conocimientos y métodos pedagógicos). La Ley General de Educación promueve esta continua actualización del Profesorado en ejercicio, en el contexto de la Reforma Educativa Española iniciada al principio de la década del 70.

Es interesante recordar cómo el INCIE promovió y llevó a cabo la realización del primer seminario de didáctica a nivel universitario, precisamente en Física (véanse Apéndices). Esta coincidencia es tanto más significativa cuanto ha sido en la enseñanza de la Física en la que se ha centrado, en primer lugar, la atención de perfeccionamiento del profesorado de algunos países desarrollados. Por ejemplo, a raíz del proyecto pionero del **Physical Science Study Committee** (PSSC), de 1956, los norteamericanos iniciaron la actualización de su profesorado de la física preuniversitaria continuando después con el perfeccionamiento del profesorado universitario. Otras pruebas del interés que suscita esta materia son la conferencia internacional sobre la enseñanza de la Física, celebrada en París en 1960, la publicación por la UNESCO de los volúmenes sobre **New Trends in the Teaching Physics** (1966 y 1970) y **A Survey of the Teaching of Physics in Universities** (1966), la conferencia internacional sobre la enseñanza de la Física, celebrada en Edimburgo en 1975, **Los temas de estudio para 1976**, de la Asociación Nacional de Físicos de España (A.N.F.E.), etc.

Es un hecho incontrovertible que la tradición sigue imperando como soberano único sobre nuestro sistema educativo. Este anclaje de la educación científica, ignorando la evolución rápida que se da ahora en toda estructura social, producirá, si no se pone remedio, una disociación profunda entre la Universidad y la sociedad cada vez más tecnificada. Esta es la hora de tomar conciencia de tal riesgo, que quizá algunos juzguen exagerado, y de tratar de encontrar soluciones susceptibles de su incorporación inmediata a la docencia.

El INCIE se hace eco de la demanda de una sociedad que cada día exige más a sus titulados superiores. Tal idea, que nos ha hecho tomar conciencia de la necesidad de la coordinación educativa, no es, por supuesto, privativa del país. Ya que, como hemos señalado

anteriormente, desde hace más de una década existe un empeño en la reestructuración de la enseñanza de la Física y, desde luego, de las demás ciencias. Esta puede ser otra razón que nos sirva de acicate en el cometido: no quedarnos aislados y no perder un tiempo que difícilmente se podrá recuperar después.

Otra de las ideas que se ha tenido en cuenta a la hora de organizar el Seminario ha sido la de dar cabida en él al mayor número posible de profesores jóvenes, condición imprescindible para realizar el trámite de experiencia en el relevo continuado de las generaciones.

Como invitados-ponentes contamos con prestigiosos profesores de la Universidad española, entre ellos el Decano de la Facultad de Física de la Universidad Complutense (que fue el presidente de todas las sesiones), dos directores de Departamento de Física (Autónoma de Madrid y Universidad de La Laguna) y el director del I.C.E. de la Universidad de Bilbao. Esto es un claro exponente de la voluntad de encauzar inquietudes y dar uniformidad a las iniciativas por encima de cualquier ámbito local. Contamos también con el Vicerrector de Ciencia e Investigación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, Universidad que, con su propio ámbito geográfico —la totalidad del territorio nacional—, nos permite abundar en la idea acerca de la unificación y actualización de los planteamientos docentes.

En los últimos años han aparecido muchas novedades en el escenario de la Tecnología Educativa. La propia dinámica social ha dado origen a modalidades inéditas de enseñanza, tales como la enseñanza iniciada por la **Open University**, en 1971, de la que nuestra Universidad Nacional de Educación a Distancia, fundada en 1972, es un ejemplo típico. Paralelamente a estas innovaciones hubiera de desarrollarse una serie de técnicas educativas diferentes de las que podríamos llamar clásicas.

Por otro lado, la inserción de nuestra vida cotidiana dentro de unos módulos de comportamiento influenciados cada vez de forma más notoria por el mundo de la imagen y del sonido, hace que se pueda llevar toda clase de información o de conocimiento humano a cualquier lugar de la tierra. Esto ha dejado abiertas un sin fin de posibilidades tentadoras en el intento de enriquecer el arte de enseñar. Uno de los problemas que se plantea la didáctica de la física es de cómo podrán incorporarse los descubrimientos de la Tecnología Educativa a la docencia. Aunque los autores expresan opiniones muy diversas sobre la utilidad de estos recursos, creemos que podrá contribuir mucho a resolver el problema planteado un detenido análisis de los métodos aplicados hasta la fecha.

En el Seminario se dedica una ponencia al planteamiento general de la enseñanza de la Física en la Universidad, tres al uso de los medios tecnológicos en la Enseñanza, una a la enseñanza de la Física para no físicos y una a la preparación didáctica de físicos para la enseñanza en el Bachillerato.



Hemos podido comprobar con satisfacción que tanto el II Seminario, como los que sin duda le sucederán en el futuro, han sido ante todo un intercambio mutuo de experiencias entre los invitados-ponentes y los participantes; y que las sesiones se desarrollaron con una **activa participación** de todos los presentes.

Madrid, mayo de 1976

**Luis Rosado Barbero**



## **OBJETIVOS DEL SEMINARIO**

1. Analizar algunos aspectos de la incidencia de la informática y automática en la enseñanza de la Física Aplicada.
2. Discutir las posibilidades y limitaciones de los medios técnicos de la tecnología educativa en la didáctica de la Física.
3. Tratar de dar una respuesta a la pregunta: ¿cómo debe estructurarse la enseñanza de la Física destinada a estudiantes de otras disciplinas?
4. Plantear el problema de la coherencia entre el curriculum de los licenciados en Ciencias Físicas y las necesidades de la enseñanza de la Física en los centros de Bachillerato.



## PROGRAMA

### Día 5 de abril de 1976

- 9,30-10,00. Presentación del Seminario por:  
D. Luis ORTIZ BERROCAL  
Jefe del Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado del INCIE.
- 10,00-10,30. **La enseñanza de la Física en la Universidad**  
D. Nicolás CABRERA SANCHEZ  
Catedrático de Física del Estado Sólido, Director del Departamento de Física Fundamental. Universidad Autónoma de Madrid.
- 10,30-11,00: Coloquio.
- 11,00-11,30. Descanso.
- 11,30-12,00. **Tecnología informática en la enseñanza de las Ciencias Físicas**  
D. Antonio R. VAQUERO SANCHEZ  
Profesor Agregado de Electrónica (Informática). Universidad Autónoma de Barcelona.
- 12,00-13,00. **La automática en el contexto de la enseñanza de la Física Aplicada**  
D. Vicente ALEIXANDRE CAMPOS  
Catedrático de Física Industrial. Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid.  
D. Sebastián DORMIDO BENCOMO  
Profesor Agregado de Física Industrial (Automática). Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.

- 13,00-14,00. Debate.
- 16,30-17,00. **Posibilidades y limitaciones de los recursos técnicos en la enseñanza de la Física**  
D. José Luis LORENTE GUARCH  
Catedrático de Física, Vicerrector de Ciencias e Investigación de la U.N.E.D.
- 17,30-18,00. Coloquio.
- 18,00-19,00. Comunicaciones, propuestas y conclusiones.

#### **Día 6 de abril de 1976**

- 10,00-11,00. **Problemática de la didáctica de la Física para estudiantes de otras disciplinas**  
D. Francisco RUBIO ROYO  
Catedrático de Electricidad y Magnetismo, Director del Departamento de Físicas. Facultad de Ciencias de la Universidad de La Laguna.  
D. Manuel GARCIA VELARDE  
Profesor Agregado de Mecánica Estadística. Universidad Autónoma de Madrid.
- 11,00-11,30. Descanso.
- 11,30-14,00. Debate, comunicaciones, propuestas y conclusiones.
- 16,00-16,30. **La licenciatura en Físicas en relación con el profesorado de Bachillerato**  
D. Justo MAÑAS DIAZ  
Catedrático de Electricidad y Magnetismo, Director del I.C.E. de la Universidad de Bilbao.
- 16,30-17,30. Debate y comunicaciones.
- 17,30-19,00. Conclusiones finales.

**PARTICIPANTES**





## **PARTICIPANTES DEL II SEMINARIO SOBRE: DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD**

### **Ponentes**

ALEIXAMDRÉ CAMPOS, Vicente

CABRERA SANCHEZ, Nicolás

DORMIDO BENCOMO, Sebastián

GARCIA VELARDE, Manuel

LORENTE GUARCH, José Luis

MAÑAS DIAZ, Justo

RUBIO ROYO, Francisco

VAQUERO SANCHEZ, Antonio

### **Moderador**

BRU VILLASECA, Luis

### **Coordinador**

ROSADO BARBERO, Luis

### **Asistentes**

ALONSO ROMERO, Luis  
Profesor Adjunto de Universidad  
*Universidad de Valladolid*

ASENJO ROMERA, Rafael  
Profesor de la U.N.E.D. Madrid

BENEDITO ANTOLI, Vicente  
Profesor de Universidad  
Jefe Formación del Profesorado  
I.C.E. de la Universidad Central de Barcelona

CARTUJO ESTEBANEZ, Pedro  
Catedrático de Electrónica  
Universidad de Barcelona

FERNANDEZ CENTERO, Milagro  
Profesor Adjunto Interino de Universidad  
Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense de Madrid

FERNANDEZ MARRON, José Luis  
Profesor Adjunto Interino  
Madrid

GARCIA FERNANDEZ, Serafín  
Catedrático de la Universidad de Barcelona  
Facultad de Farmacia

GONZALEZ ABAD, Felipe  
Profesor Encargado de Curso  
Madrid

GUILLEN RUBIO, José María  
Profesor Agregado. Investigador C.S.I.C.  
Madrid

GUTIERREZ BUENO, Enrique  
Profesor Colegio Escuelas Pías de San Fernando  
Madrid

HERNANDEZ CACHERO, Antonio  
Profesor Agregado de Universidad  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Bilbao

IGLESIAS CARREÑO, Francisco  
Profesor de B.U.P. y C.O.U.  
Zamora

JIMENEZ GONZALEZ, José  
Director del Instituto de Instrumentación Didáctica  
C.S.I.C.  
Madrid

JUNCOS, Purificación  
Profesor Ayudante Departamento Física Fundamental  
Facultad de Ciencias Físicas  
Madrid

LOPEZ RODRIGUEZ, Natividad  
Colaborador Científico  
Madrid

LOPEZ RODRIGUEZ, Victoriano  
Profesor Agregado Interino de Universidad  
Barcelona

LUIS FERNANDEZ, María Begoña de  
Profesor Adjunto  
Departamento de Ciencias Físicas  
Universidad a Distancia  
Madrid

LLORET SEBASTIAN, José Luis  
Catedrático de Universidad  
Vicerrector de la Universidad de Valencia

MELLADO RODRIGUEZ, Mariano  
Catedrático de Electricidad y Magnetismo  
Universidad de Bilbao

MORENO GONZALEZ, Antonio  
Profesor  
Madrid

NAVARRO FALCON, Gregorio  
Profesor Adjunto de la U.N.E.D.  
Departamento de Ciencias  
Madrid

NUÑEZ CUBERO, Felisa  
Profesor Adjunto de Universidad  
Facultad de Ciencias Físicas  
Madrid

PEREZ CORRAL, José María  
Profesor Agregado de Universidad  
Universidad de Valladolid

PEREZ FERNANDEZ, Pedro  
Colaborador Científico  
Instituto de Instrumentación Didáctica  
C.S.I.C.  
Madrid

PEREZ DE LANDAZABAL EXPOSITO, María del Carmen  
Colaborador Científico  
Instituto de Instrumentación Didáctica Torres Quevedo  
Madrid

PUJANA I. DE ARBINA, Gregorio  
Profesor no Numerario  
Facultad de Medicina  
Bilbao

RAMOS FERNANDEZ, Felicísimo  
Catedrático de Universidad  
Badajoz

REAL FERRERO, Fernando  
Facultad de Ciencias  
Valladolid

RIBOT SANCHEZ, Emilio  
Profesor Ayudante de Universidad  
Facultad de Físicas  
Madrid

RUEDA ANDRES, Antonio  
Profesor Agregado de la U.N.E.D.  
Madrid

SANCHEZ PEREZ, Juan Manuel  
Profesor Encargado de Curso  
Facultad de Ciencias Físicas  
Instituto de Electricidad y Automático  
Madrid

SANZ GARCIA, Eladio  
Profesor Agregado de Universidad  
Universidad de Bilbao

SEGURA CLAVELLS, José  
Catedrático de Escuelas Oficiales de Náutica  
Universidad de La Laguna  
Tenerife

SOILAN, Andrés  
Profesor Adjunto de Mecánica  
Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense de Madrid

SUAREZ GARCIA GIL, Miguel Angel  
Profesor Adjunto Interino  
E.T.S. Ingenieros Aeronáuticos  
Madrid

SUCH BELENGUER, Vicente  
Profesor Agregado de Universidad  
Universidad de Valencia

TROYA LINERO, José María  
Becario de la Universidad  
Departamento de Física Industrial  
Facultad de Físicas  
Madrid

VAÑO CARRUANA, Eliseo  
Profesor Agregado Interino  
Facultad de Medicina  
Madrid

WAGNER, Christian  
Becario Investigador  
Facultad de Ciencias Físicas  
Madrid

WAGNER LOPEZ, José Guillermo  
Becario Investigador  
Facultad de Ciencias Físicas  
Madrid

**Instituto Nacional de Ciencias de la Educación**

ORTIZ BERROCAL, Luis  
Jefe del Departamento de Perfeccionamiento  
del Profesorado



*i*

## **RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL SEMINARIO**





## RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL II SEMINARIO SOBRE «DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD»

Por **Luis Brú Villaseca**

De acuerdo con el programa establecido, y después de la apertura por parte del profesor Ortiz Berrocal, Jefe del Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado del INCIE, presentó su ponencia el profesor Cabrera Sánchez, de la Universidad Autónoma de Madrid, sobre «Enseñanza de la Física en la Universidad». En ella se consideraron y discutieron muy diversos puntos, que abarcaban desde la formación a nivel del Bachillerato hasta la Universitaria completa, integrada por un ciclo básico, otro de especialización y otro de doctorado.

Se llamó la atención sobre el hecho de que se aprecia en los alumnos que llegan a la Universidad un gran confucionismo, motivado quizá por el empeño de montar un bachillerato demasiado ambicioso, que, tal vez, debería tender a dar la formación capaz de conseguirse mediante ideas más descriptivas en un conjunto de ciencias.

Se consideró el tema de la selectividad, el diferente nivel de las distintas Universidades, tanto de las completas como las que sólo cuentan con algunas Facultades.

Se señaló como punto importante que el primer año debería ser común para todos los estudiantes, incrementándose el número de horas de laboratorio, señalar la importancia de los seminarios, la utilización de películas que pudieran sustituir a ciertos experimentos de cátedra no siempre viables.

Se tocó extensamente el papel que los científicos, los físicos en particular, están jugando en el campo de la Medicina y Biología.

En el segundo y tercer ciclo deben consumirse pocas horas en las aulas, enseñar a manejar bien libros y revistas y preocuparse de forjar programas interdisciplinarios.

El coloquio fue muy animado, jugando un papel muy activo el presidente y los profesores Vañó, Gutiérrez Bueno, Pérez Fernández, García Fernández, Mañas, Iglesias, Vaquero, Rosado, Such y Brú. Se tocó con cierta extensión el tema de la Universidad a Distancia,

de la necesidad de que T.V.E. tomase parte activa en ella, tal y como ocurre con la «Open University» en Inglaterra. Como conclusión se acordó resaltar la importancia de los siguientes puntos:

- Medios audio-visuales.
- Desatino de poder hacer un C.O.U. sin Física alumnos que después vienen a las Facultades de Ciencias.
- Énfasis en la labor experimental.
- La posibilidad de una licenciatura de carácter general.
- Docencia e Investigación (difícilmente separables).
- Importancia de la Física Médica.
- Separación en los Institutos de las Cátedras de Física y de Química.
- Necesidad de contar con un fichero completo del material didáctico que puede ser utilizado.
- Coordinación entre los Profesores de Física y de Matemáticas que imparten la asignatura del primer ciclo actual.
- Fomentar la implantación de la Historia de la Física como disciplina en el segundo o tercer ciclo.

Las ponencias de los profesores Vaquero Sánchez, Aleixandre Campos, Dormido Bencomo, Lorente Guarch, Rubio Royo, García Velarde y Mañas Díaz fueron ampliamente consideradas y discutidas, siendo aceptados sus contenidos después de largos y constructivos debates en los que tomaron parte muy activa la mayoría de los asistentes, en especial los doctores Cabrera, Vaquero, Mañas, López, Pérez Fernández, Iglesias, Rubio, Dormido, García Velarde, Gutiérrez, Such, Rosado, Lloret, Mellado, Arés, Núñez, Ramos y Brú. Como consecuencia de las sesiones llevadas a cabo, que consideramos han supuesto una aportación muy positiva al tema objeto del Seminario, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La tecnología informática es un material útil en pedagogía. Es un material pedagógico más, como el libro, la pizarra, los medios audiovisuales...

2. El pedagogo debe conocer las posibilidades de la informática en la enseñanza, para usarlas en beneficio del alumno.

3. Existen aplicaciones pedagógicas de los sistemas informáticos (por ejemplo, experimentos simulados), que tienen valor de excepción, porque no podrían realizarse sin ellos.

4. Una aplicación práctica de enseñanza con máquinas ha de ser cuidadosamente preparada a través de una estrecha colaboración entre informáticos y profesores de la materia a enseñar. El informático debe acercarse al pedagogo y viceversa. Si no, el resultado de la experiencia puede ser un desastre.

5. La forma más segura de mejorar un curso es tenerlo escrito y revisarlo a la luz de los resultados de su enseñanza. La enseñanza programada proporciona métodos de redacción de cursos muy eficaces en vistas al propósito de conocer fallos pedagógicos. Y los medios informáticos son el único auxiliar auténticamente valioso para preparar la revisión de los cursos.

6. Teniendo en cuenta los puntos 4 y 5, los métodos de aprendizaje programado mejoran, en general, la calidad de la enseñanza y aumentan la velocidad de asimilación.

7. El enorme trabajo de puesta en práctica de una sesión de enseñanza a través de máquinas, para ser rentable, ha de verse compensado por el trabajo futuro que suprime al hombre y/o por la imposibilidad de impartir enseñanza con profesores.

8. La Automática es una disciplina que se ha desarrollado fundamentalmente a partir de la Física y más particularmente a partir de la electrónica por dos razones:

1. La perfección de los modelos matemáticos que representan los sistemas físicos.
2. La facilidad de transmisión y amplificación de las señales de signo métrico.

9. El desarrollo de la Automática, coordinado con el de otras Ciencias, ha provocado que esta materia sea de utilidad en otras ramas del saber, pero ello no quiere decir que no sea una importante herramienta que deba conocer el físico.

10. Si bien en el momento presente puede parecer cuestionable la introducción a nivel de primer ciclo de unos métodos matemáticos que tengan como base la Teoría de Sistemas, la ponencia estima que a nivel de segundo ciclo y en aquellas especialidades de Física Aplicada, sería muy conveniente y deseable su inclusión.

11. Dado el carácter interdisciplinario de la Automática, se estima que sería conveniente potenciar al máximo la colaboración interdepartamental a niveles no sólo de Facultad, sino dentro de toda la Universidad, en todas aquellas Universidades donde el Departamento existe.

12. A pesar de la generalidad que pone la Automática en el momento presente, más que crear nuevos Departamentos de Automática es preferible potenciar al máximo los existentes, con el fin de no romper los distintos grupos de trabajo que están en funcionamiento, y hacer que ataquen cometidos cada vez más amplios.

13. En la actualidad, la llamada «tecnología educativa» tiene una incidencia mínima en la formación universitaria, con un peso específico evaluado en menos de un 1 por 100 por la UNESCO.

14. El empleo de los recursos tecnológicos puede constituir una ayuda importante en la enseñanza de la Física, aunque ello exigirá una etapa previa de planificación y racionalización de los métodos

tradicionales (clases magistrales clases de prácticas, textos y cuadernos de trabajo).

15. Es conveniente una introducción escalonada de los distintos medios, empezando por aquellos más simples y de programación más flexible.

16. El uso de la tecnología educativa quedará limitado (salvo quizá excepciones muy específicas, como, por ejemplo, la U.N.E.D.), a experiencias piloto y a esfuerzos aislados de algunas cátedras, mientras los problemas de fondo del profesorado universitario no sean resueltos.

17. Mientras las Facultades españolas (Químicas, etc.) no impongan un curriculum previo a la admisión de sus alumnos, nos parece oportuno que las enseñanzas de Física tengan lugar a tres niveles:

- A) **Física General.**—Formativa en primero, conectando con la motivación relativa a la propia disciplina.
- B) **Biofísica.**—En el segundo ciclo, como introducción al dominio interdisciplinar y uso de la Física como instrumento.
- C) **Tercer ciclo.**—Especialización a fondo en cuestiones interdisciplinares —básicas en Física y asimismo incluso a nivel tecnológico (utilización práctica de elementos físicos).

18. El profesorado de los primeros cursos como el de Física en otras disciplinas debe ser el mejor formado, ¡el de mayor nivel y no lo que ocurre actualmente!

19. Tal y como está actualmente planteada la enseñanza de la Física en las Facultades de Medicina, Biológicas y Farmacia, el contenido de los programas debe estar dirigido fundamentalmente a la FORMACION, evitando recurrir al tratamiento físico de los complicados sistemas reales (cuerpo básico, por ejemplo).

20. Hay que fomentar el diálogo con nuestros colegas, inquiriendo sus necesidades... y poniéndonos a su disposición. Nada de imposiciones.

21. Hay que pedir que se agilicen las estructuras legales administrativas para fomentar esa comunicación interdepartamental/interfacultativa/interuniversitaria.

22. Hay que fomentar el estudio de la Historia de la Física (en sentido amplio y crítico) en nuestras Facultades y asimismo en las Facultades de Letras, para mostrarles cómo se han ido construyendo **modelos** y cuáles sean las limitaciones de los mismos. Ello posee un carácter formativo. Se pone de manifiesto así la dualidad del razonamiento en Física (a) inductivo, (b) deductivo (aplicación del lenguaje matemático).

23. La docencia y el estudio de la pedagogía (de interés especial en el Bachillerato, y en los primeros años de Universidad) está

muy desconsiderada en nuestro país. Hay que valorizar esta labor, con una coherente política educativa práctica y no demagógica.

24. Aducimos una carencia de conocimientos de Física, en el Bachillerato, en una concatenación con la falta de físicos en el mismo. Ponemos en falta la existencia de una cátedra genuina de Física en el B.U.P.

Creemos que se ha emprendido un buen camino y que, sin desmayar, debe proseguirse en esta línea llevando a cabo tan pronto como sea posible un III Seminario, cuyo título podría estudiarse de antemano.

Madrid, 26 de abril de 1976.



## **LA ENSEÑANZA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD**





## LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN LA UNIVERSIDAD

(Extracto de la Ponencia)

Por **Nicolás Cabrera Sánchez**

La problemática de la enseñanza de la Física en la Universidad española presenta tantos aspectos distintos que no pueden tratarse en una sola ponencia. En particular, eliminamos de ésta todos los problemas económicos que, evidentemente, son fundamentales si se quiere ser realista, pero cuya discusión requiere información que no poseo. Por otro lado, quisiera dar énfasis en esta ponencia a la necesidad de ofrecer una enseñanza que prepare mejor a los futuros físicos para colaborar con otros profesionales en **programas interdisciplinarios** que puedan ser de utilidad a la sociedad que nos rodea. Presentaremos esta cuestión desde el punto de vista de los distintos niveles de la enseñanza en la Universidad, empezando por el **nivel 0**, que se refiere a la situación en la enseñanza media, de la cual dependemos en gran medida.

### 0. Enseñanza Media

a) **Carácter de la Enseñanza.**—Pensando en el **estudiante medio**, está claro que la comprensión de la Física requiere **madurez**. Debe enseñarse en el Bachillerato con un **carácter descriptivo** y como parte de un programa de Ciencias, con énfasis en su **utilidad para la Sociedad**. La enseñanza debe incluir **demonstraciones**. El contenido de los cursos debería ser **limitado**, evitando al máximo la confusión.

b) **Selectividad.**—Las sociedades desarrolladas son eminentemente tecnológicas y en ellas una proporción del **25-50 por 100 de los estudiantes** reciben alguna **formación universitaria**. La selectividad **no es en cantidad**, sino en **calidad**. Deberían existir Universidades con distintos niveles, de modo que el **estudiante seleccionado** recibiera la **atención que le corresponde** de acuerdo con su propia habilidad.

## I. Enseñanza en el Ciclo Básico

### 1. Primer año (Facultad de Ciencias)

a) **Carácter de la Enseñanza. Deductivo.**—La velocidad de la **comprensión aumenta** de un modo sorprendente **si no existe confusión inicial**. El carácter deductivo requiere la enseñanza de problemas, junto con demostraciones y algunas experiencias (problema económico).

b) **Estudiantes científicos** (matemáticos, físicos, químicos, biólogos).—Los  **cursos**  deben ser suficientemente  **comunes**  para que puedan ser  **convalidables**  y permitan al estudiante cambiar de orientación después del primer año. Excepto para los matemáticos, que quizá representen una excepción, esta es una norma aplicada en casi todas las Universidades españolas.

c) **Estudiantes no científicos** (ingenieros, médicos, abogados, estudiantes de humanidades).—La sociedad tecnológica actual hace  **necesarios**  estos cursos especiales de Física, que  **deberían ser la responsabilidad de los Departamentos de Física** . Estos es muy común en el extranjero, pero totalmente inexistente en España. ¡Gran error!

### 2. Segundo y Tercer años (Facultad de Ciencias)

a) **Carácter de la Enseñanza.**—Fundamentalmente  **deductivo. Contenido limitado** . No se trata de  **enseñar a saber mucho** , sino enseñar a  **utilizar lo poco que se sabe** . Debemos enseñar el espíritu de investigación.

b) **Estudiantes físicos.**—Plan de estudios con un  **tronco de enseñanza deductiva clásica**  de la Física. Énfasis en mucha enseñanza de  **Laboratorio** , que debe tener  **carácter de asignatura independiente** .

c) **Estudiantes científicos.**—**Asignaturas optativas** de otras Ciencias, de modo que en todo momento se facilite el  **cambio de orientación**  de los estudiantes.  **Posibles programas interdepartamentales dentro de la Facultad de Ciencias** .

## II. Enseñanza en el Ciclo de Especialidades

### 3. Cuarto y Quinto cursos

a) **Estudiantes físicos.**—Plan de estudios con carácter parecido al de los cursos segundo y tercero. Las especialidades solamente se iniciarán, desarrollándose completamente en el III Ciclo.

b) **Estudiantes científicos.** — Programas interdepartamentales, tales como Química-Física, Bioquímica-Física, Biofísica, etc.

c) **Programas interdisciplinarios.**

## III. Enseñanza en el Ciclo de Doctorado

Desarrollo de los programas de investigación sobre especiali-

dades en número limitado en una Universidad dada y distribuidas geográficamente entre todas las Universidades españolas. El desarrollo de este ciclo, así como los posibles nuevos programas interdisciplinarios, dependen tanto de las personas involucradas en ellos que es inútil tratar de decir algo que se aplique de un modo general.



**TECNOLOGIA INFORMATICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS  
CIENCIAS FISICAS**



## **TECNOLOGIA INFORMATICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS FISICAS**

Por **Antonio R. Vaquero Sánchez**

### **1. INTRODUCCION**

En toda actividad, proceso, problema, etc., la Informática trata de asumir la realización de las partes rutinarias (algorítmicamente expresables de las mismas), sustituyendo al hombre en estas tareas, o sea, automatizándolas. De esta forma el hombre se ve liberado de las tareas rutinarias. Consecuentemente, el hombre se ve impelido a descubrir el algoritmo de los procesos que hasta ese momento no parecía determinista. Este proceso de liberación proporciona fiabilidad al desarrollo de las actividades, al ser realizadas por máquinas. Pero, al propio tiempo, fuerza al hombre a comprometerse en tareas cada vez de más alto nivel intelectual. Por ello, la Informática es un potente motor de progreso para la humanidad.

Así, pues, los sistemas informáticos penetran, de forma natural, a todas las áreas de la actividad humana y a todos los niveles. No es de extrañar que haya penetrado en el campo de la Enseñanza.

La Informática incide sobre distintas facetas del proceso educativo:

- a) Como tema propio de enseñanza a todos los niveles, por su importancia en la cultura actual.
- b) Como herramienta que posibilita la resolución de problemas en la enseñanza práctica de muchas materias.
- c) Como factor que remodela el contenido de otras materias de enseñanza.
- d) Como medio de gestión de la educación.
- e) Como material pedagógico que sirve de vehículo de enseñanza.

Aquí nosotros vamos a tratar solamente el punto e), como parte fundamental, y su incidencia en las Ciencias Físicas.

## 2. ENSEÑANZA CON SISTEMAS INFORMATIVOS

La informática no sólo está enriqueciendo los modos y técnicas de enseñar, proporcionando un valioso auxilio al profesor, sino que está incidiendo sobre los propios conceptos y métodos de la Enseñanza. No es extraño que la Informática vaya produciendo sobre la Enseñanza los mismos efectos que sobre cualquier otra actividad social. Así, en cualquier organización, ayuda a la realización de las tareas de la misma; pero al propio tiempo la organización puede ofrecer tareas nuevas dentro de su ámbito de operación al contar con la Informática, y todo ello incidirá en la propia estructura y métodos de la organización.

Ahora bien, la Enseñanza es una actividad bastante compleja. La cuestión esencial es, ¿cómo enseñar? La respuesta no es fácil porque no conocemos las vías y los mecanismos con los que aprendemos. J. HEBENSTREIT dice que éste es el problema fundamental que tenemos para empezar a impartir instrucción con los sistemas informáticos. Es como si quisiéramos ir a la Luna con un ingenio muy sofisticado, pero con desconocimiento de la ley de la gravitación. Ahora bien, no se puede esperar a conocer completamente los mecanismos humanos de aprendizaje para empezar a experimentar sistemas y métodos nuevos de enseñanza. Y, además, no es lícito prescindir de un medio tan valioso en todo cuanto ese medio pueda facilitar.

### 2.1. Aprendizaje programado

Si se quiere que un individuo aprenda algo, lo primero que hay que hacer es situarlo ante ese algo, pero si sólo hacemos esto, nos hemos limitado a poner al individuo en situación de aprender, sin hacer nada para facilitarle la tarea.

Pero enseñar es mucho más que dejar aprender. La enseñanza ha de crear los estímulos que activan y aceleran el aprendizaje. El problema radical de la Enseñanza es acoplar la mente del alumno a la materia objeto de aprendizaje. Esto implica una enseñanza individualizada, de forma que, dada una materia a enseñar, lo ideal sería encontrar para cada individuo el «transformador» adecuado a su nivel de entendimiento y formación que haría el «acoplo» más ajustado. Se comprende que una común técnica mecánica no es la mejor solución. Por ejemplo, la exposición de un tema, por otra parte, si se quiere, desarrollado de forma magistral, hecha de la misma manera y al mismo tiempo para un auditorio, no es el método adecuado. Desde este punto de vista, el procedimiento idóneo es el que utiliza el profesor que conoce a todos y cada uno de sus alumnos, los trata teniendo en cuenta sus características específicas y sabe el método de acoplar cada materia con cada individuo. Esto es francamente muy difícil, en cuanto el número de alumnos a los que hay que atender no sea muy reducido, incluso siendo un magnífico profesor.

Existen características que debe poseer todo tipo de enseñanza, dada una materia y un individuo potencialmente apto para asimilarla,



en relación a la eficacia del método para crear el acoplo del que antes hablábamos.

Cualquier técnica de enseñanza debe pretender provocar la «actividad» del alumno porque para aprender no puede ser un ente meramente pasivo. Para alcanzar este objetivo, «cada maestrillo tiene su librillo»; pero, hoy día, toda técnica de enseñanza ha de estar basada en la psicología individual y una teoría del aprendizaje.

Común a todo tipo de enseñanza y previo proceso de aprendizaje es definir muy precisamente los «objetivos» que se pretenden alcanzar y «organizar el material» a enseñar de la forma más lógica para conseguir estos objetivos. Los resultados han de ser, siempre que se pueda, susceptibles de «medida», de manera que se tenga un indicativo que permita dilucidar si se han logrado o no dichos objetivos.

Todas éstas son características que han de tenerse muy en cuenta a la hora de planificar la enseñanza de cualquier materia.

La solución de tener grandes maestros y pedagogos para cada grupo reducido de alumnos es, hoy por hoy y cada vez más, una utopía. En efecto, el «boom» tecnológico ha hecho que el número de tipificación de nuevas tareas a todos los niveles se incremente de forma espectacular. Y no se vislumbra, por suerte, el freno de este proceso. Las técnicas de enseñanza toman, en estas condiciones, una importancia de primer plano. La cantidad de información impresa, al ser imposible atender a nivel humano la demanda creciente de enseñanzas, se multiplica cada día.

La Enseñanza Programada, que es un intento original de acoplar el alumno a la materia propia de enseñanza, puede ser un auxilio importante al tremendo problema de instrucción planteado descarnadamente en todos los países.

Puede decirse que el creador de métodos que apuntaban ya hacia lo que hoy se llama Enseñanza Programada fue el psicólogo norteamericano S. J. PRESSEY, que, ya en 1924, previó la revolución que habría de operarse en el campo de la Enseñanza. Sus experiencias consistían en someter al alumno a una serie de pruebas que no sólo le daban un indicativo de la calidad del aprendizaje individual, sino que, al seguir las, el alumno consolidaba y perfeccionaba conocimientos previamente adquiridos en parte. La presentación de las pruebas al alumno se hacía mediante dispositivos (máquinas de Pressey) que valoraban un cierto número de elecciones múltiples.

Esta línea de trabajo no tuvo continuación hasta mucho más tarde, cuando B. F. SKINNER comienza a investigar en los fundamentos de la enseñanza y el análisis del comportamiento verbal. Sus trabajos son recogidos en la obra **Verbal Behavior** (1957), que tiene un fuerte impacto. Desde entonces muchos investigadores comienzan a estudiar el tema y se perfilan las ideas características de la Enseñanza Programada.

La Enseñanza Programada toma su calificativo de la palabra «Programa», porque la idea central es que el alumno ha de ejecutar secuencialmente una serie de instrucciones que están previamente

estructuradas. Es decir, ha de seguir un programa, de forma que al final del mismo haya aprendido lo que se pretendía.

Puede decirse que la Enseñanza Programada es un tipo de Enseñanza con las siguientes características:

- 1) Capacidad de instruir eficazmente sin participación directa del profesor y de forma que cada alumno pueda aprender a su propio ritmo.
- 2) Distribución del material en pequeñas partes y presentación de estos elementos simples en secuencias ordenadas, cada una apoyándose en la anterior, de forma que el estudiante pueda seguir aprendiendo independientemente de toda la información precedente y con un mínimo de error.
- 3) Exigencia de frecuentes respuestas del alumno, haciendo de éste un participante activo.
- 4) Confirmación o corrección inmediata de la respuesta, para que el alumno conozca el valor de su respuesta.
- 5) Pruebas del programa con estudiantes y revisión del mismo como método esencial en el desarrollo del programa, para asegurar el logro de los objetivos de la Enseñanza.

Esta definición abarca a los distintos sistemas de programación conocidos. A continuación vamos a exponer los dos fundamentales.

### 2.1.1. La programación lineal

El primero de los sistemas de programación, tanto en orden cronológico como en sencillez de presentación, es la Programación Lineal, cuyo creador fue SKINNER.

El método está basado fundamentalmente en el principio de respuesta activa llevado a sus últimas consecuencias. Este principio puede enunciarse diciendo que «el alumno aprende solamente lo que el programa le obliga a hacer». Consecuentemente, cada unidad de información contiene una pregunta cuya respuesta tiene que ser construida por el alumno. El alumno aprende su respuesta. Si el alumno ha respondido bien, aprende lo que se pretende. En este caso hay que confirmarle su respuesta, porque lo más probable es que no esté completamente seguro de que está en lo cierto. En el caso de error hay que darle la respuesta correcta, taparse a continuación y volver sobre la pregunta, hasta que la conteste bien. Una vez confirmada su respuesta, se le presentará la siguiente unidad de información.

Aunque el error puede contribuir a instruir, desde el punto de vista «skinneriano» no es aconsejable, de manera que el programa hay que concebirlo de forma que las respuestas correctas sean las más probables de construir por el alumno. De este modo aprende correctamente y se gana tiempo en el aprendizaje. Para ello hay que graduar con gran cuidado las preguntas que se hacen. Formalmente este tipo de programación sigue una secuencia lineal, lo cual es

consecuencia de los principios básicos en que se apoya, a saber: 1) Respuesta activa; 2) Errores mínimos, y 3) Conocimiento de los resultados (confirmación o corrección de las respuestas).

### 2.1.2. La programación ramificada

Evidentemente, un programa con respuesta de elección múltiple es un programa ramificado. Pero el nombre de ramificada se aplica más bien desde la aparición de un tipo de programación que su autor, Norman CROWDER, llamó Intrínseca. Este modo de programar está basado en el principio de control adaptativo aplicado al caso del aprendizaje individual. El proceso consiste en una secuencia de «pasos» a seguir por el alumno. Cada paso» consta de una «unidad» de material pedagógico para ser leído, seguido de una pregunta de elección múltiple. El alumno escoge una de las varias respuestas que se le ofrecen. La respuesta elegida condiciona la siguiente «unidad» de información que se le mostrará a continuación.

La característica fundamental de este tipo de programación es que el material que se presenta a cada estudiante está directa y continuamente controlado por la forma particular de adquisición de conocimientos que tenga éste. El itinerario seguido a través del programa es propio de cada alumno y totalmente imprevisible.

Un programa con preguntas de elección múltiple no es un programa intrínseco, a menos que, para cada elección, el material asociado haya sido preparado específicamente para el tipo de estudiante que haga esa elección. Esta es la diferencia que existe entre los programas tipo Pressey, que más bien sirven para «test» de conocimientos ya adquiridos, y los programas intrínsecos.

La base de la programación intrínseca reposa en el postulado de que el aprendizaje tiene lugar durante la exposición de la información en cada «paso». La respuesta elegida es el medio de saber qué ha aprendido el alumno y, por tanto, de decidir qué hace falta para completar la comprensión.

La técnica de programar intrínsecamente está basada en la posibilidad de detectar y corregir errores. Estructuralmente existe una «secuencia principal», por la que ha de pasar todo alumno. El alumno perfecto pasaría solamente por ella. Pero contiene muchos puntos de bifurcación desde los que se dirige al alumno, cuando no ha acertado, a «secuencias secundarias», más o menos largas, preparadas específicamente para subsanar el error que le ha llevado a elegir una respuesta determinada. El esquema correspondiente a este tipo de programación puede ser todo lo complicado que se quiera.

El problema de la decisión del estilo para redactar programas lo resuelven muchos programadores adoptando lo mejor de cada uno de los sistemas expuestos. Hay programas casi lineales y hay programas casi intrínsecos.

## 2.2. Máquinas para enseñanza programada

Para comprender el significado de algo es conveniente despojarse de falsos prejuicios. Es por lo que, de entrada, hay que decir que el sistema informático no viene a sustituir al profesor en la enseñanza, de la misma forma que a nadie se le ocurrirá pensar que va a reemplazar al médico y éste dejará de tener su papel en la nueva Medicina.

Desde este punto de vista, el profesor ha de considerar a la Informática como un nuevo material pedagógico que puede estar a su disposición, como el libro o los medios audiovisuales, para impartir una enseñanza cada vez más preparada y de más calidad.

La automatización de la enseñanza se hace posible cuando se descubren los aspectos de la misma susceptibles de formalización. Es indiscutible que muchos aspectos de la enseñanza no pueden dejar de ser controlados directamente por el profesor. Pero también es cierto que un elevadísimo tanto por ciento del trabajo que normalmente carga directamente sobre el mismo en el proceso de la enseñanza puede ser asumido por una máquina. Y no es, con ser grande, la mayor de las ventajas el relevo del hombre por la máquina en muchas tareas correspondientes al desarrollo de la enseñanza de las materias. También hay que valorar la seguridad de que la máquina desarrollará ese trabajo inexorablemente bien, con el grado de bondad con que nosotros lo hayamos previsto.

Si no hay concurso del profesor, el programa ha de ser presentado por algún dispositivo. El dispositivo de presentación más sencillo y más barato es un libro. Los métodos de Enseñanza Programada nacieron pensando exclusivamente en su puesta en práctica a través del libro programado, bien lineal con preguntas para construir la respuesta, bien intrínseco con preguntas a las que hay que responder eligiendo una de entre varias respuestas presentadas. Con textos programados se han hecho experiencias satisfactorias en campos tan variados como los relativos a conceptos básicos: Matemáticas (Álgebra, Aritmética...), Estadística, Ciencias Físicas (Mecánica, Electrónica...), Idiomas..., y también en enseñanza de tipo profesional: Procesos Técnicos, Electrónica, Programación, Contabilidad...

Sin embargo, además de otros motivos, existe una razón pedagógica importante para no utilizarle: Con un libro toda la información está disponible. En cambio, la máquina sólo mostrará una nueva información si la respuesta anterior es confirmada. Susan MEYER MARKLE, en su libro **Good Frames and Bad**, escrito según los métodos de la Enseñanza Programada para enseñar a los programadores de Enseñanza las técnicas de redacción de programas, tiene un pasaje que, en nuestra opinión, es revelador, aunque el autor lo incluye con otro fin (el de poner en evidencia la diferencia entre programación lineal y programación intrínseca). En el pasaje llegados a un punto, pregunta: «Si usted ha leído el párrafo demasiado rápidamente y se encuentra incapaz para responder a la pregunta, ¿qué debe hacer para ayudarse?». Evidentemente, lo que hay que

hacer es volver hacia atrás para releer con más cuidado. Un alumno perezoso o descuidado puede muy bien seguir adelante. En este sentido, el objetivo básico de la Enseñanza Programada, la actividad del alumno, se encuentra en entredicho. En cambio, con la máquina, el alumno no tiene acceso a la información según su capricho.

Existen dispositivos mecánicos de presentación baratos; pero que sólo sirven para presentar programas lineales. Tienen la ventaja sobre «texto programado» de que no presentan la respuesta correcta mientras se exhibe la pregunta y se escribe la respuesta. Pero lo único que hacen es presentar secuencialmente.

Los dispositivos para métodos ramificados han de ser más complejos. En efecto, han de realizar, además, de la presentación, funciones de registro de las respuestas y de selección de la siguiente unidad de información a exhibir, según la respuesta registrada. Eventualmente, pueden realizar función de comparación entre la respuesta del alumno y la contestación correcta; pero esto no es indispensable, pues desde el punto de vista operativo, a una determinada respuesta va asociada una determinada unidad de información. Después de presentada una secuencia, el alumno contesta pulsando un botón. La máquina selecciona automáticamente la secuencia siguiente. También puede contabilizar el número de errores. Las máquinas mecánicas de este tipo son auxiliares valiosos; pero su flexibilidad de adaptación es limitada. Un ejemplo primitivo de este tipo de máquina es la inglesa Auto Tutor Mark II, que se extendió durante la década pasada.

Hay otro tipo de máquinas que responden al tipo de «propósito especial», que están concebidas para una determinada tarea. Suelen ser máquinas individuales muy eficaces para la tarea específica objeto de su concepción. Así, la máquina «Saki» para la formación de perforistas de máquinas perforadoras de tarjetas. Las máquinas de este tipo son elementos muy valiosos para el entrenamiento y formación de técnicos especialistas.

También existen máquinas individuales que permiten bastante flexibilidad en el desarrollo de programas sobre muchas materias, como la francesa MITSI (Monitor de instrucción técnica y científica individual), cuyos dispositivos de presentación son audio-visuales. Esta máquina de enseñanza apareció a finales de la década pasada.

### **2.3. Enseñanza con ordenador**

Las máquinas individuales, como las pertenecientes a los últimos tipos reseñados, han de ser proyectadas de acuerdo con el número y complejidad de funciones que han de realizar. A partir de un cierto grado de evolución se impone la utilización de ordenador. Sus posibilidades y flexibilidad de adaptación a cualquier cometido las han llevado a constituir la base esencial de todo sistema complejo de Enseñanza Automatizada.

Quizá el más representativo de todos los proyectos de enseñanza con ordenador sea el PLATO, cuya primera versión estaba en fase operativa en 1961 y hoy va ya por la IV. Concebido como un labora-

torio de investigación educacional basado en ordenadores, se beneficia de la experiencia continuamente incrementada desde el principio de la enseñanza por estas técnicas. En este proyecto se han explorado muchos campos de la enseñanza no sólo primaria y secundaria, sino también superior (matemáticas, ingeniería, lenguajes, psicología) y ensayado variadas formas de control del proceso de aprendizaje. Se han logrado muchos resultados positivos en muchas áreas distintas, no sólo en la propia técnica educacional.

El proyecto incluye también el desarrollo de las necesidades tecnológicas. Así, PLATO IV es un sistema que comprende 4.000 terminales, que responden a un modelo creado dentro del proyecto. El terminal consta de una pantalla de plasma para visualización, un selector de imágenes con acceso aleatorio y un teclado alfanumérico para entrada. Puede considerarse como el más ambicioso, a la vez que realista, proyecto de investigación educativa.

La aportación que el ordenador puede prestar a la gestión del proceso de enseñanza, es decir, la enseñanza gestionada por ordenador (CMI), es un tema estrechamente relacionado con las formas de enseñanza basadas en ordenador; pero aquí sólo trataremos de estas últimas.

### 2.3.1. Forma Tutorial

Las primeras experiencias de enseñanza impartida mediante ordenador comenzaron en Estados Unidos hacia principios de la década de los 60. Las firmas constructoras han estado presentes en este campo desde el principio. Así, por ejemplo, en **1959 I.B.M. experimentaba una investigación sobre enseñanza de la Aritmética binaria con calculadora**. En octubre de 1961, organizada por la Office of Naval Research conjuntamente con System Development Corporation, tiene lugar una «Conference of Application of Digital Computers to Automated Instruction», en la cual se comunican los resultados de ciertas experiencias que ya estaban en marcha. Mencionaremos algunas de estas primeras experiencias características de la etapa inicial:

— Así, el proyecto PLATO (Programmed Logis for Automatic Teaching Operation) de la Universidad de Illinois, que en su versión PLATO II utiliza dos terminales con visualización por pantalla para presentación de información y entrada por teclado. Las contestaciones eran tecleadas por el alumno y **la máquina daba por buena la respuesta cuando coincidía con la que tenía almacenada** o bien era muy parecida dentro de un cierto límite de tolerancia. El sistema se implantó en la calculadora ILLIAC-I, construida en la misma Universidad.

— En el proyecto CLASS, de System Development Corporation, el estudiante responde a **preguntas de elección múltiple**, precisando una de entre varias teclas del dispositivo de entrada. Fue concebido como un **laboratorio de investigación**, no sólo para desarrollar sesiones de enseñanza, sino también para simular y estudiar diversas funciones dentro de un sistema educacional. La calculadora, una

Philco 2000, podía ser conectada a través de una unidad de intercambio con memorias intermedias, hasta a 20 puestos para alumnos.

— En España, hacia finales de 1964, ya estaba en fase operativa un sistema de Enseñanza Programada con calculadora, realizado en el Instituto de Electricidad y Automática. Básicamente consiste en un ordenador que controla el proceso enviando datos a un selector de información que se encarga de encontrar la «unidad» informativa exigida en ese momento y mostrada, mediante un proyector, en una pantalla. El alumno interviene a través de una máquina de escribir.

Al mismo esquema responde el sistema DOCEO, realizado en la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad de Lieja (Bélgica) hacia principios de 1965.

Puede decirse que **estas experiencias iniciales son**, desde el punto de vista pedagógico, **una puesta en ordenador de los métodos de la Enseñanza Programada**, aunque sobre dichos métodos introducen ventajas inherentes a su naturaleza: **análisis de respuestas menos rígidas; posibilidad de utilizar para elección del cuadro siguiente la historia del itinerario seguido hasta ese momento por el alumno y no solamente su última respuesta**; es decir, lo que CROWDER llamó Programación Extrínseca; **registro estadístico de todas las incidencias**, lo que puede servir, entre otras cosas, para **revisión posterior del curso**.

En esta forma de enseñar la máquina presenta información al alumno, análogamente a como lo hace un tutor. Muchos de los programas tutoriales se utilizan en diversas esferas educativas: escuelas primarias y secundarias educativas: escuelas primarias y secundarias y de formación profesional, Universidades, industria y empresas, etc. El contenido de los cursos es de áreas muy diversas: Matemáticas, Física, Química, Ingeniería Eléctrica, Informática, Biología, Técnicas Bibliotecarias, manejo de utensilios, etc.

### 2.3.2. Diálogo natural

En cualquier forma de enseñanza debe ser un objetivo el intento de respetar la libertad de expresión del alumno. Es la máquina la que debe adaptarse al hombre, no al revés.

Existen trabajos en marcha, como por ejemplo las experiencias de J. R. CARBONELL, en el M.I.T., orientadas a investigar las posibilidades y limitaciones del diálogo abierto hombre-máquina en enseñanza. Dentro de estas experiencias, el sistema LIBRO, hecho junto con M. M. KLATT en 1968, está concebido para preparar, conducir y analizar exámenes inquisitivamente en modo interactivo. El sistema SCHOLAR, operativo desde 1970, está concebido para poder mantener un diálogo abierto sobre áreas de conocimiento (por ejemplo, Geografía de América del Sur). Es un sistema tipo ISO (Information-Structure Oriented); la iniciativa en el diálogo es tomada unas veces por el sistema y otras por el interlocutor. LIBRO y SCHOLAR están diseñados en LIPS e implementados en el sistema de tiempo compartido SDS-940 de «Bolt, Beranek and Newman».

Puede considerarse que la tecnología referente al diálogo natural es rudimentaria todavía. Por ello se continuará trabajando en este área, tan difícil como prometedora.

### **2.3.3. Destreza y práctica**

Esta forma de utilización del ordenador en enseñanza está concebida como el complemento a la exposición de conocimientos para el afianzamiento y total asimilación de los mismos mediante la realización de ejercicios. La exposición de conocimientos puede tener lugar por métodos tradicionales, o bien usando como tutor un sistema informático (el mismo u otro) en tiempo real o en tiempo diferido; pero el aprendizaje se basa en la repetición y práctica de conceptos a través de los problemas y experiencias que el ordenador proporciona y propone al alumno.

Por lo general, en este modo de enseñanza se le presenta al alumno una pregunta que requiere respuesta. Si ésta es correcta, se le hace saber y se registra este desenlace. Si no, se le envía al material de repaso, durante el cual se le proponen los ejercicios a resolver.

### **2.3.4. Resolución de problemas**

Para sacar todo el partido posible durante el proceso de enseñanza se deben explotar todas las posibilidades del sistema, de forma que éste no sólo controle una enseñanza dirigida en forma «conversacional», sino que aporte oportuna y convenientemente su potencialidad de tratamiento (computational mode) para que el alumno pueda resolver, según sus aptitudes, problemas que le ayuden a alcanzar y completar las ideas. Particularmente útil a este respecto es el sistema de programación de la instalación, de forma que pueda utilizarse sin restricción alguna. Si no fuese así, el ordenador dejaría de aportar durante el proceso de enseñanza una gran parte de sus posibilidades.

La modalidad avanzada de «problem-solving» tiene en cuenta los procesos heurísticos para tratar de llegar a las soluciones de los problemas. Por este procedimiento a veces es el alumno quien controla el sistema y lo utiliza para ir avanzando y superar niveles sucesivos. Las preguntas pueden ser hechas por el sistema o por el alumno y ambos han de aportar también sus respuestas. La mayor parte de todos estos trabajos están aún en fase experimental.

Es en este apartado donde hay que incluir la posibilidad de acceso, mediante lenguajes conversacionales adecuados, del alumno a cualquier información (bancos de datos en enseñanza) que el sistema pueda proporcionarle para ampliar y mejorar su situación.

### **2.3.5. Simulación**

Un aspecto típicamente informático que está cumpliendo un cometido importante en la enseñanza es la simulación.

El estudiante que no puede tener acceso al experimento real (caso más normal) es avocado a experimentar con el modelo simula-



do. Es esta situación curiosa, pues en este caso el sistema suple a la naturaleza y la experiencia tiene lugar de alguna manera. Sin el auxilio del ordenador, se perdería la posibilidad de experimentar en muchas ocasiones o de probar un modelo. En este caso no es que el ordenador ofrezca una enseñanza más o menos buena que otra impartida por otros procedimientos. Es que ofrece una enseñanza que no tendría lugar sin su concurso. Por otra parte, las posibilidades de la simulación no se limitan, en la enseñanza, al caso en que el experimento real no sea accesible, sino que puede servir también para confrontar un modelo sintetizado mediante simulación con el sistema real asociado, analizar o controlar un experimento real, etc.

### 3. APLICACION EN LAS CIENCIAS FISICAS

Con sus excepciones y sus singularidades, los métodos expuestos son aplicables, en general, a la enseñanza de las materias de cualquier área del conocimiento y a cualquier nivel. Sin embargo, puede decirse que hasta ahora la Física ha sido contemplada por estos procedimientos más que la mayoría de las demás materias de enseñanza. Pueden ponerse bastantes ejemplos de enseñanza de Física Fundamental y de Física Aplicada que son experiencias de aplicación de los métodos expuestos en la Sección 2.

La inmensa mayoría de proyectos, experiencias y realizaciones en este campo tienen lugar en los Estados Unidos. No vamos aquí a hacer estadísticas ni a dar una lista exhaustiva de trabajos, sino a exponer solamente algunas muestras representativas de realizaciones americanas que están en marcha.

— En el M.I.T. se desarrolla un proyecto, mezcla de formas tutorial y conversacional, llamado ELIZA. Insertado primeramente alrededor de 1967, en un sistema de tiempo compartido diseñado en dicho Instituto para varias máquinas I.B.M.-7094, **conduce según los métodos de la programación extrínseca la enseñanza en modo conversacional con el alumno.** Para reconocer las respuestas del estudiante dentro de unos prudentes márgenes de libertad de expresión se sigue una complicada estrategia de comparaciones con una serie de modelos patrón de muy cuidadosa confección previa. Se han obtenido y se siguen obteniendo con este sistema muy buenos resultados en enseñanza de la Física (Mecánica, Relatividad especial, etc.), con programas diseñados por E. F. TAYLOR y colaboradores.

Un ejemplo de enseñanza de principios de la Mecánica utilizando la ponencia de cálculo del sistema (computational mode) es la experiencia de A. M. BORKS en Irvine (California). En una sesión de enseñanza se puede exigir del alumno, por ejemplo, que dibuje la trayectoria de un sistema mecánico; el sistema calcula la lagrangiana correspondiente y la comunica al alumno; de esta manera, el alumno puede ir aproximándose gráficamente al movimiento de mínima acción. En este caso el objetivo pedagógico es introducir al alumno al concepto de mínima acción y a los principios variacionales.

En la enseñanza mediante simulación se puede citar la serie de experimentos de Física General desarrollados por Science Research Associates. En el del plano inclinado, por ejemplo, el alumno puede dar, como datos, el ángulo de inclinación del plano y las masas de los cuerpos; el sistema facilitará los datos del movimiento. De esta forma el alumno puede estudiar «experimentalmente» el movimiento e intentar deducir sus leyes. Además, el sistema facilita durante el «experimento» su capacidad de cálculo, pudiendo el alumno escribir programas para calcular tensiones, velocidades, fuerzas de rozamiento, etc.

La simulación se usa también para producir imágenes animadas. A veces este procedimiento es idóneo, siendo mucho más difícil producir dichas imágenes por cualquier otro método que no use ordenador. Generalmente el ordenador calcula, numéricamente, soluciones de ecuaciones diferenciales y los estados del sistema se visualizan de tiempo en tiempo sobre un tubo de rayos catódicos. Un típico ejemplo de este método es la formulación del fenómeno de transmisión y reflexión mecanomántica en una dimensión realizada por G. GOLDBERG, H. M. SCHEY y J. L. SCHWARTZ.

— Entre los proyectos del tipo **laboratorio de prácticas** citaremos tres ejemplos representativos de distintas materias. Uno de los sistemas de la **Universidad de California (Santa Bárbara)**, diseñado como una **herramienta para el estudio del control de procesos en tiempo real**, proporciona la posibilidad de manejar, en forma interactiva, datos procedentes del experimento real. El sistema de la **Universidad de Michigan** está concebido como una **ayuda en el Laboratorio de Electrónica**, de tal forma que un alumno tiene la posibilidad de comparar resultados reales con resultados procedentes del dispositivo simulado, diseñar dispositivos, cambiar parámetros de la red, etc. El proyecto **DARE** (Differential Analyzer Relacement by on-line digital simulation) de la **Universidad de Arizona** tiene como objetivos facilitar **simulación digital on-line de sistemas dinámicos** a través de pantallas alfanuméricas y gráficas de tubo de rayos catódicos. Este tipo de ayuda está mostrando un enorme potencial para instrucción de laboratorio.

Fuera de los Estados Unidos, este tipo de trabajos han aparecido como un tímido intento, a pesar de que en muchos países actualmente se trabaja bastante en este área, incluso en relación a otras áreas tecnológicas. Excluyendo las experiencias americanas se cuentan entre los trabajos más interesantes los que se desarrollan en el marco del proyecto CERI (Centre pour la Recherche et l'Innovation dans l'Enseignement) relativo a la utilización del ordenador en la enseñanza superior, del que forman parte Bélgica, Francia, Gran Bretaña, Holanda y Japón.

**LA AUTOMÁTICA EN EL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA DE  
LA FÍSICA APLICADA**



## **LA AUTOMÁTICA EN EL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA APLICADA**

**(Primera Parte)**

**Por Vicente Aleixandre Campos**

El deseo del hombre de suprimir en su quehacer cotidiano las tareas rutinarias, para dedicarse a aquellas otras más en consonancia con su condición de ser inteligente, ha hecho aparecer en el devenir histórico dos acontecimientos importantes, en los que la Física ha jugado un papel fundamental.

El primero de ellos lo constituye el estudio de las transformaciones de la energía, que al permitir un eficaz aprovechamiento de los recursos energéticos libera al hombre de la realización de esfuerzo muscular, y le permite abordar nuevas obras y proyectos hasta entonces inimaginables. Este fenómeno conocido con el nombre de primera revolución industrial, se inició hace unos dos siglos, y la física aún tiene dentro de él un amplio campo en el que desarrollar su actividad.

Posteriormente la atención se centra en la dosificación oportuna y adecuada de la energía, para conseguir que ciertos fenómenos o procesos provocados se desarrollen en forma acorde con nuestros deseos, y a ser posible sin la directa intervención humana; así el hombre consigue liberarse de una tarea rutinaria, y nace de esta forma la era de la Automática, que se ha dado en llamar la segunda revolución industrial.

Aunque en un principio dentro de la Automática se englobaban dos vertientes distintas, correspondientes al cálculo y al control automático; en el momento actual el cálculo automático se ha desgajado de la Automática y constituye el núcleo de la Informática, que es objeto de otra ponencia en esta sesión.

El control automático, en su desarrollo histórico, al aumentar la generalidad de sus métodos, ha llegado a tener objetivos coincidentes con los de la llamada teoría de sistemas. Esta teoría trata del

estudio de los sistemas con independencia de su naturaleza, es decir, considerándolos como entes abstractos.

La denominación sistema resulta muy vaga y puede significar cosas distintas a gentes distintas; de ahí, el gran auge que ha tomado la Automática en su aceptación como «teoría de sistemas». Para un físico, la teoría de sistemas puede representar una herramienta de diseño del mejor sistema para la observación de un fenómeno físico, mientras que para un sociólogo puede representar un medio de predicción de cierto comportamiento social entre distintos estratos de una población.

Genéricamente, un sistema es un objeto, dispositivo o ente, donde se manifiesta una relación de tipo causa-efecto. Puesto que vivimos en un universo causal, podemos decir que cualquier cosa puede considerarse como un sistema. Evidentemente «cualquier cosa» no puede ser objeto de estudio de una disciplina, sino que la teoría de sistemas se limita a la consideración de los sistemas dinámicos, en los que indefectiblemente tiene lugar algún tipo de evolución en el transcurso del tiempo.

La conexión de la física, y si se quiere aún más concretamente de la electricidad aplicada y de la electrónica, con este tipo de disciplina que hemos introducido con un carácter tan general, viene motivada, aparte naturalmente de la existencia de sistemas de naturaleza física, por razones de tipo histórico, que tratamos de exponer con más detalle más adelante, pero que en forma sintética se pueden reducir a las siguientes:

1.<sup>a</sup> Dentro de las ciencias experimentales, la física se puede considerar como la ciencia reina o modélica, porque ha sido la que ha poseído un desarrollo más temprano y espectacular, al conseguir expresar en lenguaje matemático un gran número de las leyes que constituyen su cuerpo de doctrina, o lo que es lo mismo, al haber creado modelos matemáticos coherentes con las experiencias.

2.<sup>a</sup> Las variables físicas más fáciles de transmitir a distancia son las eléctricas.

Comenzamos a exponer el desarrollo histórico de la Automática refiriéndonos a su primera etapa y hablando de los sistemas de control automático. La idea fundamental de los mismos es la realimentación. En palabras de Nobert WIENER, «realimentación es un método de controlar un sistema, reinsertando en él los resultados de su comportamiento anterior». Desde un punto de vista más restrictivo diremos que un sistema de control realimentado o un sistema de control en lazo cerrado es aquel que tiende a mantener una relación prevista de una variable del sistema con otra, comparando funciones de estas variables y usando la diferencia como medio de control.

Aquí consideramos únicamente los sistemas automáticos de control, donde todas las operaciones se realizan sin intervención de un operador humano, dejando los sistemas de control manual, donde la comparación y el control son realizados por un operador manual, como sucede en muchas actividades humanas.

Tres criterios, pues, nos servirán de base para reconocer los sistemas automáticos de control con realimentación:

- 1.º Su propósito es realizar en forma automática una acción de gobierno.
- 2.º El sistema opera como un lazo cerrado con realimentación.
- 3.º El sistema incluye un elemento sensor y un comparador, como elementos físicamente separables del resto.

El tratar de establecer los orígenes de la utilización de la realimentación resulta particularmente complicado si se tiene en cuenta que todos los organismos vivientes, incluyendo el hombre, son en parte complejos sistemas de control realimentados, que reaccionan continuamente con su medio ambiente. La destrucción de aquellos provoca enfermedades como la ataxia locomotiva, que consiste en la desaparición de un lazo de realimentación, cuya misión es indicar al cerebro la posición de un miembro, cuando se ejecuta un movimiento. Los individuos que sufren esta enfermedad resultan torpes en sus movimientos, que pueden seguir ejecutando, gracias a la sustitución del lazo de realimentación de origen nervioso por la vista.

Fuera de este y otros ejemplos que podían darse, en los que se utiliza la realimentación en forma inconsciente, podemos decir que las primeras evidencias de la actividad consciente del hombre en el campo del control automático las tenemos en los sistemas de regadío empleados en Babilonia 2000 años antes de Cristo, y conocidas a través de las leyes grabadas en el Código de Hamurabi.

A partir de esta fecha, tenemos noticias de otros artificios que utilizan la realimentación para su funcionamiento. Pero el primer sistema automático de control que goza de crédito auténtico es el de la orientación de las aspas de un molino de viento, debido a MEIKLEEN, 1950, en el que mediante unas aspas de cola que hacían moverse a las principales, se conseguía colocar a éstas en la posición óptima para el aprovechamiento de la energía eólica.

Posteriormente, en 1788, James WATT construye el regulador de bolas para mantener automáticamente en un valor fijo la velocidad de una máquina térmica sin necesidad de que un operario observe y corrija las desviaciones de aquella. Este dispositivo es estudiado mucho más tarde por MAXWELL, en un trabajo «On Governors», que constituye tal vez el primer intento de análisis de un sistema de control con realimentación.

Después de la fecha de aparición del regulador centrífugo de WATT comienza a implantarse el control automático, con la creación de los más variados dispositivos con una característica común: la realimentación. En un principio tales artificios eran analizados en forma muy simplista, pues todavía no habían salido a la luz ninguna de las técnicas potentes con que la Automática cuenta en la actualidad; se procuraba expresar su operación en un contexto algebraico y el análisis se efectuaba de manera empírica admitiendo constancia de parámetros. El estudio de los sistemas de control dio un paso

decisivo con la adopción para el análisis de sus dispositivos de la transformada de LAPLACE aparecida en 1779; entonces muchos procesos podían formularse como ecuaciones diferenciales lineales ordinarias de coeficientes constantes y a través de aquella eran convertidas en simples expresiones algebraicas. La teoría de funciones de variables compleja, por su parte, contribuía al establecimiento de un rigor formal en las consecuencias de aquella.

Con la adopción de estas herramientas, las aportaciones crecen masivamente y ya en 1934 HAREN publica el compendio **Theory of servomechanisms**, donde se advierte claramente una nueva rama del saber nacida de la Ciencia y de la Técnica con un cierto desarrollo.

De todas formas, hacia estos años y aún con cierta posterioridad, los únicos sistemas que merecían interés para la Automática eran los servosistemas o sistemas físicos provistos de realimentación, en los que, por medio de ésta, se trataba de que un dispositivo de esta naturaleza realizase ciertas tareas específicas sin la directa intervención humana, y en un ambiente en el que pudieran manifestarse acciones perturbadoras imposibles de predecir y de evitar.

La razón de esta polarización hacia los sistemas físicos la debemos buscar precisamente en la primera de las causas que hemos citado al hablar de la conexión de la física con la actual automática, es decir, la existencia de modelos matemáticos en la física. Concretamente, en aquel tiempo los servosistemas se clasificaban de acuerdo con el tipo de energía que ponían en juego en eléctricos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos o en combinaciones de ellos.

Por otra parte, la preponderancia en esta etapa de los sistemas eléctricos o con parte eléctrica sobre los demás era debida por un lado a la segunda causa citada al principio, a saber, facilidad de transmisión de las señales eléctricas; y de otro, a las posibilidades de amplificación que suministraban los dispositivos electrónicos, y a que la propia electrónica tenían planteados problemas en los que resultaban muy convenientes las herramientas elaboradas para el estudio de servosistemas, tales como, por ejemplo, la respuesta en frecuencia, con lo que muchos de los que cultivaban este campo procedían del de la electrónica.

Esta situación persiste hasta, aproximadamente, 1950. Durante este tiempo, el estudio de los sistemas de control se concentra, como hemos dicho, en los sistemas de naturaleza física, en los que, además, se considera una sola variable de excitación al sistema y una sola variable de salida.

Al intentar alcanzar, en forma paulatina, objetivos más ambiciosos en el campo del control automático, aparecen cada vez sistemas más complejos, entre los que se encuentran, por ejemplo, los de entradas y salidas múltiples, denominados multivariables, para los que las técnicas existentes hasta el momento no resultan adecuadas. Enfrentados a esta situación se buscan nuevas soluciones basadas en métodos desarrollados por las matemáticas en años anteriores y surge un nuevo tratamiento de los sistemas de control,



basado más en el estudio del dominio temporal que en el frecuencial, y que se conoce con el nombre de Teoría Moderna de Control o, como hemos dicho, Teoría de Sistemas.

Hasta este momento la utilización de las técnicas desarrolladas por la automática en el estudio de sistemas de naturaleza no física, tales como los económicos, biológicos, ecológicos, etc., había sido escasa. Es a partir de la incorporación de estos nuevos métodos de estudio cuando otras ramas de la Ciencia empiezan a hacer uso masivo de la Automática, al conocer la potencia de sus métodos y al haber desarrollado cada una de esas ciencias modelos matemáticos propios para ella. Los sistemas se convierten en entes abstractos, y no se clasifican, por atnto, de acuerdo con su naturaleza, en físicos, biológicos, económicos, etc., sino desde el punto de vista matemático, en lineales, no lineales, discretos continuos, constantes, variables con el tiempo, etc.

Así llegamos a estar interesados en cuestiones y propiedades referentes a la estructura matemática básica de un sistema dinámico, y no en la forma real de los sistemas prácticos que este fuese capaz de modelar. Uuestro propósito, en definitiva, será estructurar una teoría de sistemas, que sea aplicable a cualquier sistema de naturaleza diversa, que puede representarse por el ente matemático que llamaremos sistema dinámico.

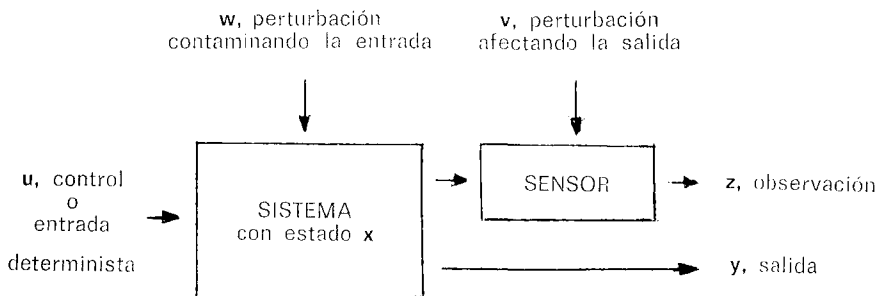
Todo lo que nos preocupa en la selección de este ente abstracto es, por un lado, que sea suficientemente amplio e interesante, representativo de sistemas prácticos, cualquiera que sea su forma física, y por otro lado que posea una estructura interna adecuada para permitirnos desarrollar una teoría de sistemas dinámicos en la que encuentren respuesta los problemas de análisis y síntesis que lleven consigo de forma inherente el estudio de los sistemas dinámicos.

Para ver cuáles son éstos consideraremos que en todo sistema dinámico es posible advertir un conjunto de estímulos (entradas) actuando sobre él, una respuesta (salidas), motivada por aquéllos, y unas observaciones, de la respuesta, detectadas por nuestros sentidos —o por algún sensor artificial.

Además de estos ingredientes es posible asignarle lo que se denomina «Estado», como ente que en cada instante resume las evoluciones pretéritas del sistema dinámica y que, junto con los estímulos, basta para determinar el comportamiento futuro del sistema.

Los estímulos que pueden actuar sobre un sistema son de dos tipos diferentes: unos, denominados deterministas, constituyen el control o señales de gobierno, y otros, denominados perturbaciones, actúan sobre el sistema en forma impredecible, bien contaminando las señales de entrada o las de salida, dando lugar en este segundo caso a una observación imperfecta y desfigurada.

Por consiguiente, el sistema dinámico más general posible adoptará la representación esquemática de la figura adjunta.



Cuando  $v$  está ausente, entonces la observación  $z$  coincide con la salida real  $y$  del sistema, y si, asimismo,  $w$  está ausente el sistema recibe el calificativo de determinista, por encontrarse sometido exclusivamente a señales predecibles.

Hasta la aparición de la teoría de WIENER para sistemas bajo señales de gobierno aleatorias, todos los sistemas de control eran considerados como deterministas. Naturalmente, se desenvolvían en ambientes aleatorios pero reaccionaban frente a las perturbaciones mediante realimentaciones adecuadas y, por tanto, podían ignorarse aquellas por completo: la realimentación aseguraba un comportamiento libre de azar.

Conforme iba avanzando la Automática, se iban logrando dispositivos más refinados que eran capaces de tratar como señales de Gobierno, señales que por propia naturaleza acarreaban cierta incertidumbre, y de ahí el nacimiento de la teoría de sistemas en el contexto, más general, arriba indicado, que permite la manipulación de señales afectadas de ruido. Con esto no pretendemos decir que la realimentación sea supérflua bajo este nuevo marco de la teoría de sistemas, sino, al contrario, la realimentación sigue siendo imprescindible para la autocorrección de cualquier sistema en cualquier ambiente real donde siempre aparecerán perturbaciones de carácter totalmente aleatorio.

En líneas generales podemos decir que la teoría de sistemas está interesada en la resolución de los cinco problemas básicos siguientes: modelado, análisis, estimación, control e implementación de sistemas. Demos una visión rápida de los mismos separadamente.

Modelado: El modelado consiste en el desarrollo de un modelo matemático que representa la situación física del proceso bajo consideración. Este problema es el más crítico, pues si el modelo no es correcto las manipulaciones subsiguientes serán inútiles. Por otra parte, el modelo matemático no debe ser demasiado complejo, puesto que podría conducir a tareas innecesarias y posiblemente inabordables. Por consiguiente, los dos atributos que se exigirán a un modelo son:

- a) que refleje el comportamiento del aspecto del sistema en que se está interesado.

- b) que sea útil, es decir, susceptible de un tratamiento eficaz y provechoso.

Un modelo matemático debe especificar, entonces, todas las relaciones existentes entre las magnitudes que intervienen en el proceso considerado, así pues deberá constar de ecuaciones que relacionen: 1) el estado  $x$  con la entrada  $u$  y la perturbación  $w$ ; 2) la salida  $y$  con el estado  $x$ , y 3) la observación  $z$  con el estado  $x$  y con la perturbación  $v$ . Además, el modelo matemático especificará la naturaleza de las perturbaciones; por ejemplo, si una variable escalar se modela como variable aleatoria el modelo matemático especificará la densidad de probabilidad o bien algunos parámetros estadísticos tales como valor, esperado y variancia.

**Análisis:** La pregunta que se trata de responder en análisis es: ¿cómo se comporta el sistema? La respuesta puede ser cualitativa o cuantitativa. Un análisis cuantitativo consistirá en darnos una información exacta de la salida del sistema, mientras que un análisis cualitativo nos proporcionará únicamente propiedades generales de la respuesta —como, por ejemplo, su estabilidad.

Cuando las perturbaciones vengan modeladas por procesos estocásticos el análisis se limitará a la obtención de las propiedades estadísticas o probabilísticas de los estados del sistema en lugar de la obtención de los propios estados. Se definen entonces las magnitudes deterministas que especifican tales propiedades estadísticas y luego se estudia el comportamiento de tales magnitudes deterministas. Estas pueden asociarse a estados de un sistema hipotético. Por tanto, el análisis de sistemas estocásticos puede realizarse en dos etapas:

1. Desarrollar un sistema nuevo cuyos estados determinen las propiedades estadísticas del sistema original.
2. Analizar este nuevo sistema como si fuera determinista.

**Estimación:** Este problema consiste en la utilización de las observaciones  $z$  para estimar (calcular, inferir, adivinar, etc.) propiedades del sistema real. Este problema se puede presentar bajo tres formas distintas que reciben los nombres de estimación de estados, identificación y estimación adaptable.

En la estimación de estados la magnitud observable  $z$  se utiliza para estimar el estado del sistema  $x$ , admitiendo que el modelo de que se dispone es perfecto.

Muy a menudo es imposible desarrollar un modelo matemático completamente especificado para el sistema físico. En el problema de identificación la observación  $z$  se utiliza para completar el modelo. El sistema que va a identificarse se modela en términos de alguna estructura a priori y de algunas variables desconocidas  $\alpha$ , cuyos valores deben ser «identificados». Tales variables  $\alpha$  pueden considerarse como 'nuevos estados' del sistema original y, por tanto, el problema de identificación puede ser considerado simplemente como un problema de estimación de estados para un sistema comple-

tamente especificado donde los estados de mayor interés son los englobados en  $\alpha$  en lugar de los estados naturales englobados en  $x$ .

La estimación adaptable es justamente la estimación del estado cuando el propio sistema requiere identificación, esto es, es una combinación de estimación de estados y de identificación del sistema.

Control: El problema de control consiste en la determinación de la función de control  $u$  de manera que el sistema adquiera un cierto comportamiento asignado a priori (bien se haga mínimo un cierto índice de coste, bien se satisfagan unas especificaciones de estabilidad, etc.). El problema de control puede considerarse desde un punto de vista determinista o bien bajo la presencia de incertidumbre. En ambos casos la solución puede presentarse bajo dos aspectos distintos: como una ley en lazo abierto, expresada en función del estado inicial y del tiempo, o bien como una ley de realimentación expresada explícitamente en función de las observaciones  $z$ . Cuando existe incertidumbre es prácticamente obligado el obtener el control en forma de realimentación, lo que exige proceder según estas dos etapas: 1) Estimación del estado o de alguna función de éste utilizando las observaciones; 2) Cálculo del control a partir de los estados estimados.

Un tipo especial de problema de control, conocido como control adaptable, se presenta cuando el sistema no está completamente especificado, es decir, cuando el sistema debe identificarse. Entonces, hablando sin demasiada precisión, la etapa de estimación en la determinación del control en lazo cerrado debe reemplazarse por una estimación adaptable. Puesto que la estimación adaptable es una versión más complicada de la estimación de estados, el control adaptable es justamente una versión más complicada del problema de control en lazo cerrado en presencia de incertidumbre.

Finalmente, diremos que la implementación es la realización material de alguna conclusión alcanzada.

Hemos definido los cinco problemas esenciales que constituyen la atención de la teoría de Automática. La elaboración de un modelo matemático conveniente para el proceso que se desea tratar es, definitivamente, el problema principal, y para su ejecución el punto que debe tenerse más en cuenta es el problema particular que va a resolverse, ya que la elección de uno u otro modelo depende de las preguntas planteadas. Le sigue en importancia el análisis, pues en ocasiones todo lo que se necesita es analizar una situación, especialmente si el análisis es combinado con el diseño (estimación y control). La importancia relativa de la estimación y del control dependerá del grado de incertidumbre presente. En sistemas deterministas el problema de estimación carece de sentido, así como también en situaciones donde la incertidumbre puede despreciarse. Sin embargo, conforme crece el grado de aleatoriedad de las señales puestas en juego, la estimación va cobrando mayor importancia hasta llegar incluso, en ocasiones, a ser más importante que el control.

Debemos poner énfasis, sin embargo, en que el desdoblamiento

de los problemas de la Automática en los de modelado, análisis, estimación, control e implementación es realizado únicamente por motivos de sistematización y de discusión. En la realidad práctica estos problemas pueden estar tan acoplados y ligados entre sí que sea imposible efectuar una separación entre ellos. De hecho, a menudo una comienza con un modelado, continúa con un análisis, prosigue con una estimación y vuelve a comenzar de nuevo cuando el análisis o la estimación le descubren alguna debilidad en el modelo.

Tras esta exposición de los problemas fundamentales que constituyen la preocupación de la Automática, y para terminar resaltamos el siguiente extremo.

Para la construcción del modelo matemático de cualquier proceso hay que recurrir al área de la ciencia más directamente relacionada con tal proceso, y hacer uso de las leyes que lo rigen. En este problema, así como en el de la implementación, es donde la Automática carece de medios propios y tiene necesidad de pedir auxilio a otras ramas del saber, por lo que muchos tratadistas sitúan estos problemas fuera del alcance de la teoría de sistemas.

Los otros tres apartados, análisis, estimación y control constituyen el núcleo actual de la Automática, que pueden ser considerada como una disciplina de utilidad en muchas ciencias, entre las que, por supuesto, se encuentra la Física, que fue la que originó su desarrollo.



## LA AUTOMÁTICA EN EL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA APLICADA

(Segunda Parte)

Por **Sebastián Dormido Bencomo**

La Automática es una ciencia aplicada. Participa, por tanto, de los predicables generales de la Ciencia (aspecto correlacional y teórico, así como la existencia de una metodología y unos axiomas básicos) y de la Tecnología (control de las transformaciones energéticas e informáticas).

Hay que tener presente que la voz Automática no es la única utilizada en la lengua castellana para referirse al tema objeto de la misma. Existe otra voz que pide iguales derechos: es la de Control, o mejor aún, la de Control Automático. La palabra Control, empleada en Automática, es sinónima de mando, mientras que en lenguaje corriente tiene un significado más débil de vigilancia. En la Europa continental existe una clara tendencia por el término Automática, mientras que en los países anglosajones es el de Control el más empleado.

El uso es el que impone leyes en el lenguaje y, por tanto, si bien parece más puro emplear la voz Automática, el amplio uso a un nivel fundamental y también quizás la mayor comodidad de Control, pujan fuertemente por su mayor empleo.

Ya en la primera parte de esta ponencia el profesor ALEIXANDRE ha presentado, muy acertadamente, el desarrollo histórico y estado actual de la Automática, pues, en nuestra opinión, una perfecta comprensión de este proceso histórico aclarará grandemente los problemas que se derivan de la estructuración de su enseñanza.

En un seminario dedicado a problemas didácticos parece natural que comencemos por analizar los objetivos que de forma genérica se plantea la Automática. En este sentido, la primera pregunta que debemos plantearnos y responder es: ¿qué queremos obtener?, para, a continuación, abordar la segunda: ¿cómo?

En primera aproximación podemos decir que nos interesa resolver los problemas planteados en la sociedad en la que nos encontramos. Podríamos matizar más y decir que los problemas que nos interesan son los referentes a la Automática y aún más precisamente «la necesidad de formar profesionales que resuelvan los problemas planteados en la sociedad en el campo de la Automática». Hemos llegado a una primera definición del trabajo en la que aparecen términos oscuros: problemas, profesionales, sociedad, de un lado, y Automática, de otro.

Para aclararlo, vamos a intentar poner de manifiesto muy sucintamente las relaciones existentes entre los tres primeros, para pasar, posteriormente, con una mayor amplitud, a plantear la cuestión básica de nuestra ponencia sobre la enseñanza de la Automática.

**Problemas-Sociedad:** El delimitar claramente cuáles son los problemas a resolver presenta varias vertientes.

1. ¿Quién define los problemas a resolver?

Creemos que la solución del MIT, donde los problemas son definidos por un grupo de asesores de grandes empresas y científicos, desvirtúa la función crítica de la Universidad, que es financiada por estas grandes empresas y alienada en sus propósitos.

2. Supuesto definido un abanico de problemas, ¿qué criterios utilizaremos para escoger?

- Criterios de rentabilidad del tipo «hay que dedicarse a aquellas cuestiones en las que se espera obtener resultados competitivos». Para ello hay que hacer una ponderación medios/fines.
- Criterios de necesidad.
- Criterios de posibilidad: se dispone de medios o no para abordar estos problemas.

3. Supongamos definidos los problemas a tratar. ¿Qué formación hay que dar para preparar científicos que los resuelvan? Con sus correspondientes implicaciones en medios que posibilitan esta formación.

### **Profesional-Sociedad**

El quehacer científico debe de integrarse en la sociedad y a ella deben de revertir sus resultados. El científico tiene que formarse en la Universidad y debe de mantener una relación no alienada con ella. Para ello hace falta desarrollar la conciencia crítica del universitario, no sólo en aspectos profesionales.

### **Científico-Problema**

Es en este punto donde definimos lo que debe perseguirse como fin. «Formar universitarios con un bagaje cultural, con capacidad creadora y conciencia crítica». Es decir, con una actitud decidida al enfrentarse con nuevos problemas y capacidad para su resolución.



## La enseñanza de la Automática

La enseñanza de la Automática en la década pasada ha estado principalmente dominada por un cambio radical, tanto en sus objetivos como en el contenido fundamental de sus materias. Básicamente, esta transición de una teoría de servomecanismos a una teoría de Control automático consistió en la racionalización de la experiencia acumulada en aplicaciones prácticas hacia unos principios fundamentales. En términos de su contenido, la característica distintiva de este desarrollo es la transformación de descripciones de métodos prácticos de análisis en presentaciones matemáticas de los modelos formales de los sistemas.

Claramente continuará esta tendencia en la próxima década. Sin embargo, la Automática no es «per se» únicamente el desarrollo de un conocimiento científico: es la aplicación sistemática de tal conocimiento estructurado a tareas prácticas. Esto es, el problema de «controlar» un sistema es un tipo particular dentro de un problema global de diseño de sistema.

En esencia, el proceso de diseño consiste en fraccionar un problema práctico dado en sus partes componentes; de manera que un conocimiento organizado se puede desarrollar sobre estas fracciones para, finalmente, combinarlas en el sistema total. Hasta ahora, las ideas que han gobernado la educación en Automática se han desarrollado siguiendo este esquema.

Primeramente, la teoría de servomecanismos emergió de las experiencias prácticas de dividir y subdividir problemas complejos en elementos y estructuras básicas. Tópicos claves de esta primera era de enseñanza en control automático son el concepto de realimentación, los trabajos de BODE y NYQUIST y el método del lugar de las raíces de EVANS.

En una segunda fase, la necesidad de procurar una comprensión estructurada, versátil y eficiente para la aplicación sistemática a los elementos y estructuras básicas llevó al reconocimiento de que los problemas de control eran esencialmente problemas en el cálculo de variaciones o en combinación de esta teoría con la teoría clásica de procesos estocásticos. La formulación precisa de estos problemas atrajo el interés de los matemáticos, cuyas contribuciones dimanaron completamente al campo de la Automática. Ejemplos típicos de este período educacional en Automática son el interés revivido en el segundo método de LYAPUNOR, el principio de máximo de PONTRYGIN, la Programación dinámica de BELLMAN y la teoría de predicción y filtraje de WIENER y KALMAN.

En esta línea cabe preguntarse por la perspectiva de futuro de la Automática. ¿Cuál será, pues, la idea clave en la educación en Automática en la próxima década? Aunque ciertamente la única característica real que se puede predecir acerca del futuro es que nunca se presenta como se espera, consideramos muy importante esta cuestión, pues, como educadores que somos, tenemos la obligación de proyectar nuestra enseñanza hacia el futuro. Así, pues, debemos estar dispuestos a enseñar a aprender, sólo así los nuevos profe-

sionales y científicos que se forman en nuestras aulas podrán adaptarse a las exigencias que esta sociedad superindustrializada exige. Pensamos que la educación en Automática en la próxima década vendrá marcada por el impacto de la teoría de sistemas sobre los procedimientos de diseño.

En este sentido, el control debe considerarse como una disciplina básica y no como una asignatura tecnológica, volcada directamente a las aplicaciones aunque éstas no falten, como son los tantas veces mencionados servomecanismos o los reguladores. El especialista en Automática no puede por sí solo, salvo que reúna dos especialidades, resolver completamente el problema de control, sino que, en todo caso, requerirá el concurso de especialistas que le ayuden no sólo a comprender el proceso a controlar, sino, sobre todo, a medirlo bien y en los puntos convenientes.

Con estas ideas presentes no hay que olvidar que, tradicionalmente, en las Universidades el trabajo por Departamentos se realiza de una manera que podríamos denominar vertical. Cada departamento organiza su trabajo contando con sus propios medios, tanto humanos como materiales, pudiendo requerir, para algún trabajo específico, la colaboración de algún miembro de otro Departamento, pero siempre con una clara tendencia a la independencia.

Frente a ello, se opone la necesidad de crear grupos horizontales, comprendiendo personas y material de distintos Departamentos, para, de esta forma, realizar los trabajos interdepartamentales de una manera óptima respecto a la eficacia, por ejemplo, en investigaciones de aplicación cara a la industria. Por lo que respecta a la realización de trabajos de Control este es prácticamente el único procedimiento viable.

Son precisamente con estas miras como están organizados la mayoría de los centros de enseñanza y de investigación en las Universidades extranjeras. Estos centros son de naturaleza fundamentalmente interdepartamental, entendiendo por tal que si bien poseen una estructura y una organización propias materializadas en un personal y unos locales, así como unos laboratorios, la mayoría de sus trabajos los realizan en colaboración con Departamentos. Este es un punto esencial. No se puede hacer Control aplicado sin colaborar con otros Departamentos. Siempre que hay algo que controlar, este algo es ajeno al propio Control.

Con respecto a esta panorámica, ¿cómo están desarrolladas en nuestro país las tareas de enseñanza e investigación en el campo de la Automática?

En general, pudiéramos decir que están excesivamente atomizadas, lo cual no es sino una consecuencia directa de la política educativa del país a escala universitaria.

Con esto queremos indicar que el planteamiento de proliferación de universidades de la última década y la puesta en marcha de

numerosas especialidades ha llevado consigo la dispersión de esfuerzos y que grupos de trabajo que estaban en una fase de conjunción hayan visto cercenadas sus posibilidades de continuación. Frente a esta tendencia somos acérrimos partidarios de una labor de concentración que llevaría consigo una mejora indudable en los niveles de enseñanza y la puesta en marcha de planes de investigación más ambiciosos.



**POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE LOS RECURSOS  
TECNICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA**



## **POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE LOS RECURSOS TECNICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA**

Por **José Luis Lorente Guarch**

### **1. EL EMPLEO DE LOS RECURSOS TECNOLOGICOS**

No vamos a realizar aquí un estudio exhaustivo sobre los diferentes dispositivos y canales de comunicación susceptibles de ser empleados en la enseñanza de la Física, tan sólo nos limitaremos a efectuar consideraciones de carácter general sobre su uso.

Los recursos tecnológicos, cada vez más perfeccionados y flexibles, de que se dispone para la educación, conducen a la idea de ser contemplados como un sistema integrado, en el que los materiales escritos, los audiovisuales y, eventualmente, las terminales de ordenador participen con unos pesos específicos adecuados para la rentabilidad óptima del conjunto.

Hasta el presente, sólo la radio y la televisión, tanto abierta como en circuito cerrado, han desempeñado un papel importante dentro de los nuevos dispositivos educativos. La televisión presenta frente a la radio la enorme ventaja de la visualización de demostraciones matemáticas y de experimentos de laboratorio. En este sentido, permite familiarizar al estudiante con instalaciones y equipos costosos, presentándole situaciones y casos reales de la investigación o de la industria. Algunos programas, como los de la Open University, de Inglaterra, o los que realiza la Universidad de Dallas en colaboración con Texas Instruments, son de gran interés y permiten el seguimiento de complicadas prácticas de laboratorio, dejando, incluso, el lapso de tiempo necesario para que el alumno evalúe los datos que han aparecido en la pantalla (bien en lecturas de agujas y escalas o bien presentados en tablas recapitulativas) y saque las conclusiones pertinentes.

Medios más sofisticados como videocassettes o diaporamas han tropezado con numerosas dificultades por la carencia de suficiente software a causa de:

- a) Producción costosa.

b) Ausencia de normalización de los aparatos y de los materiales, que disminuye su mercado potencial.

c) Falta de un fichero actualizado de material audiovisual y dificultades de intercambio internacional (royalties, derechos de autor, etcétera).

La individualización de la enseñanza (posibilidad de diálogo o feedback entre alumno y profesor) comienza a ser posible cuando existe un enlace bidireccional (por cable o por microondas) entre el centro emisor de programas educativos y la terminal del alumno. El teléfono constituye un ejemplo elemental de dicha posibilidad y, a continuación, se sitúan la filodifusión (el hilo musical para fines educativos) y la televisión por cable. Finalmente, con un grado mayor de complejidad y con un costo también más elevado por alumno, aparecerían los distintos empleos del ordenador: el C.A.I. (Computer-Assisted Instruction) y el C.M.I. (Computer-Managed Instruction), conjuntándose en este último la enseñanza y la evaluación del alumno en una sola unidad operativa. La complejidad y posibilidad del sistema son muy variadas, desde conjuntos similares a un laboratorio de idiomas, destinado a la enseñanza audiovisual de cuestiones de Física, hasta el uso de terminales de rayos catódicos unidas por teleproceso a una gran unidad central e, incluso, a bancos de datos.

El gran abaratamiento que están experimentando los pequeños ordenadores ha multiplicado su uso en experiencias en las que actúan de controladores de un proceso relativamente simple de aprendizaje y/o evaluación; este campo es bastante prometedor por cuanto el software (talón de Aquiles de todas estas aplicaciones) es, aparentemente, económico.

## **2. LA ENSEÑANZA A DISTANCIA DE LA FISICA**

Se trata de una enseñanza generalmente impartida fuera de las aulas, en base a unos textos programados que se envían por correo periódicamente, con el apoyo adicional de los multimedia y con la asistencia de tutores. Su ámbito es nacional y aún internacional; ya que la red de centros asociados permite extender este sistema educativo a geografías alejadas.

La información a distancia puede ser fresca o conservada; la distancia puede ser espacial y temporal. La enseñanza nunca es toda a distancia o presencial. ¿Cómo aprende un alumno de una Universidad tradicional? ¿Existe una distancia psicológica o mental entre él y el catedrático? ¿Acude sólo a conocer temario, bibliografía, «lo que va y no va» del programa?

### **2.1. Los multimedia**

Existe una tendencia a confundir la enseñanza a distancia con los medios más modernos de información a distancia, cuando los medios tradicionales (libros, apuntes, prensa, correspondencia varia)



son baratos, flexibles y se hayan todavía subempleados. El teléfono y la filodifusión, la radio, la televisión y el ordenador (C.A.I.) con un coste y una inercia de programación crecientes en ese orden, deben incorporarse a medida que los medios tradicionales han alcanzado cierto grado de perfección en su uso. La elección de tal o cual técnica es menos importante que la buena utilización de esa técnica. Es importante lograr una mezcla armónica de los distintos medios educativos, sin olvidar que en la selección de los mismos ha de ponderarse no sólo su perfección pedagógica, sino también la relación coste/beneficio obtenido. Se trata de elegir el sistema de medios óptimo en ciertas condiciones económicas, sociales y educativas. La complejidad y naturaleza cambiante de nuestra época exige una coexistencia de soluciones y una pluralidad de modelos educativos.

## 2.2. La metodología educativa en la U.N.E.D.

Reposa actualmente en los siguientes instrumentos y medios:

- 1) Unidades Didácticas.—Constando de:
  - esquema-resumen de temas,
  - referencias bibliográficas,
  - instrucciones de estudio y explicaciones complementarias,
  - ejercicios de autocomprobación,
  - actividades recomendadas,
  - boletín de evaluaciones a distancia (1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup>, 4.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup>).
- 2) Emisiones radiofónicas:
  - 1/2 hora en el Curso de Acceso a mayores de 25 años,
  - 2 horas en cursos de carrera (ambas emisiones en el tercer programa de Radio Nacional).
- 3) Tutorías en Centros Asociados (regionales, locales o de empresa). Esta es la pieza clave de todo el sistema educativo de la U.N.E.D.
- 4) Convivencias en Centros Asociados:
  - conferencias específicas o generales,
  - sesiones intensivas de prácticas de laboratorio o de tipo profesional,
  - uso de medios audiovisuales (recepción individual o colección de programas),
  - interacción entre alumnos en la recepción colectiva de mensajes y en su discusión posterior.

Con respecto a las **evaluaciones** del rendimiento del alumno se ponderan:

- a) las pruebas a distancia (objetivas y abiertas),
- b) las pruebas presenciales,
- c) la realización de actividades recomendadas,
- d) la asistencia y participación en las actividades de los centros,
- e) las prácticas de laboratorio efectuadas en los Centros Asociados y/o en las Universidades tradicionales, mediante el oportuno convenio.

### 2.3. El medio plazo

La programación a corto plazo de las actividades de la U.N.E.D., debido a la inercia, al arranque de nuevas actividades, motivada por la exigencia de una cuidadosa programación, exige que para el curso próximo debamos contar fundamentalmente con el sistema ya en marcha. A medio plazo, es decir, de 1977 a 1979, se incorporará el uso generalizado de la televisión abierta y probablemente de la filodifusión, tanto en audio como en video. Hacia 1980 podría disponerse de una asistencia por medio de ordenador, con lo cual se incrementaría la capacidad de diálogo alumno/sistema (mejor feedback) a costa de menor flexibilidad y más larga programación.

Entre los proyectos más interesantes en curso destinados a enriquecer el espectro de multimedia empleado por la U.N.E.D. destacan:

a) Proyecto CONSULTEL para la utilización de la red telefónica como medio de consulta, promovido por FUNDESCO, y en el que participan la U.N.E.D., el INCIE y el C.E.U., a través del Centro Asociado de Madrid, donde se realiza la experiencia piloto. El uso de la red telefónica para fines educativos está siendo analizado por medio de otros estudios, tales como: «Electrónica Básica del Teléfono», «Aplicación del Teleproceso a la Enseñanza de la Biología», «Posibilidades Didácticas del Teléfono», etc., etc.

b) Creación de un stock de material audiovisual en los Centros, consistente en: diaporamas, cassettes de conferencias magistrales, transparencias, films, etc., con objeto de facilitar la comprensión de temas científicos difíciles o de gran trascendencia formativa.

c) Instalación de un terminal de teleproceso, probablemente con pantalla de rayos catódicos, para prácticas de cálculo, ejercicios de simulación y, eventualmente, para la enseñanza programada.

**PROBLEMATICA DE LA DIDACTICA DE LA FISICA PARA  
ESTUDIANTES DE OTRAS DISCIPLINAS**



## PROBLEMATICA DE LA DIDACTICA DE LA FISICA PARA ESTUDIANTES DE OTRAS DISCIPLINAS

(Primera Parte)

Por **Francisco Rubio Royo**

Creemos que es muy difícil abordar esta problemática tan compleja. tratándola en una simple ponencia, dentro de un Seminario dedicado a la problemática general de la enseñanza de la Física a nivel universitario. Por ello, vamos en primer lugar a señalar los aspectos que nos proponemos considerar en este trabajo.

La enseñanza de la Física para estudiantes de otras Facultades se puede englobar fundamentalmente en tres grupos, según la naturaleza de éstas.

- a) Enseñanza en Facultades que por sus métodos y objetivos se encuentran «próximas» a una de Físicas: entre ellas se pueden considerar las de Químicas, Matemática, Geología e Ingeniería.
- b) Facultades más «alejadas», que podrían incluir a las dedicadas al estudio de los seres vivos, como pueden ser las de Biología, Farmacia y Medicina.
- c) Cursos integrados, impartidos en Facultades humanísticas.

La problemática de la enseñanza de la Física es completamente distinta de unos grupos a otros. Por ello centraremos nuestra atención —no porque sea el más importante, sino por vuestro interés particular— en la **problemática de la enseñanza de la Física a estudiantes de Biología, Medicina y Farmacia.**

Quisiéramos, en el desarrollo de estas consideraciones, seguir unos criterios realistas, sacados de nuestra experiencia directa del problema: huyendo de planteamientos retóricos que no conducen, en la práctica, a ninguna solución concreta.

No nos proponemos abordar la problemática de la tecnología metodológica moderna, ya que creemos que estos aspectos pueden verse en publicaciones especializadas sobre el tema, y no son —por

otra parte— específicos de la ponencia que nos ocupa, ni por supuesto nos permiten hacer un estudio particular de nuestro país.

Queremos hacer unas consideraciones generales sobre la problemática, tal como se encuentra en nuestras Universidades en el momento actual, y terminar con unas sugerencias sobre la estructura y contenido de posibles cursos, a impartir en esas Facultades. No nos referiremos tampoco a cursos interdisciplinarios que en el futuro se pudiesen montar en el país, sino a las enseñanzas tal como existen en la actualidad.

Somos conscientes que para converger en algún resultado práctico hubiese sido deseable traer a esta ponencia miembros de las Facultades implicadas, ya que son parte interesada, por lo menos tanto como nosotros en lograr una eficacia en el desarrollo de las enseñanzas. Ya que cualquier consideración sobre Física para educación de médicos, biólogos y farmacéuticos debe tener en cuenta las necesidades y exigencias de las Facultades interesadas.

### **Consideraciones generales**

Es un hecho conocido que la Física es una disciplina que se encuentra en el primer curso de las licenciaturas de Ciencias Biológicas, Medicina y Farmacia. Para un estudio del problema creemos que la primera pregunta que cabe hacernos es: ¿por qué se ha incluido esta disciplina en los «curriculum» de dichas Facultades?

La respuesta la tendrían que dar los diferentes Departamentos y estamentos de dichas Facultades; entre ellos se encontraría el nuestro, puesto que es interfacultativo, nuestra opinión podría parecer parcial, aunque intentaremos hacerla objetiva. La respuesta podría ser distinta en cada una de las tres Facultades, puesto que sus métodos y objetivos no coinciden, en general, sobre todo desde un punto de vista real.

Desde un punto de vista formal la inclusión habría que considerarla como un convencimiento por parte de las Facultades de que esta disciplina contribuye a una mejor formación de los estudiantes en las especialidades que cada una de ellas imparte.

Analicemos esto con cierto detalle. La enseñanza de la Física en las Facultades de Medicina y Biología está recibiendo una atención seria por parte de las mismas, debido al paralelismo que guarda con la enseñanza de la Química de hace sesenta años. Hasta entonces el estudio del funcionamiento del cuerpo humano se encontraba dentro de una disciplina básica, la fisiología. La Bioquímica surgió como un área de enseñanza nueva como respuesta a la necesidad de unificación en la presentación de conceptos y técnicas químicas, así como por la necesidad de disponer de miembros de la Facultad con una base rigurosa en Química. En la actualidad, la Bioquímica es una disciplina completamente establecida, tanto a nivel de enseñanzas como de investigación, en todas las facultades de medicina y biología del mundo. Es posible que la biofísica llegue a ser una disciplina con identidad propia, necesaria para un mejor conocimiento y apreciación de las complejidades del mundo de los seres vivos.

El conocimiento de los mecanismos de las acciones biológicas lleva cada vez más al nivel molecular, un nivel demasiado pequeño para cualquier análisis químico o microscópico, un nivel en el que los estudios de difracción y de los modelos físicos parecen ser las herramientas a utilizar. De hecho esto puede ser considerado como biología fundamental, pero su tratamiento exige una metodología y conocimiento que la Física ofrece.

Razonamientos de este tipo, junto con el uso cada vez mayor de principios físicos en los aspectos técnicos de diagnóstico y tratamiento, han llevado —según parece— a los que marcan las directrices de la política científica en el país, e incluir la Física en los planes de estudio de las citadas Facultades.

También podría pensarse que su inclusión obedece a un deseo de completar las «necesidades generales de educación» que necesitan dichos estudiantes, en el sentido de darles un conocimiento completo de los principios y leyes básicas de esta disciplina, que es una parte importante de la educación científica y eventualmente —desde una visión muy utópica— mostrarles el impacto realizado por la Física en nuestra vida social, económica y política. Aunque debido a la escasez de tiempo en el desarrollo de los programas, y a otras consideraciones más profundas, creemos que esta razón debe desecharse.

Para cubrir estas necesidades, que nos parecen son las que aconsejan su inclusión, nos encontramos con algunos problemas que intentaremos analizar a partir de los diversos aspectos que intervienen en su realización práctica:

#### a) **Las propias Facultades**

Aunque a nivel formal son ellas mismas las que desean incluir la Física en sus currículum, su actitud a nivel real es muy distinta. Existe un cierto grado, en general, de indiferencia hacia la misma, posiblemente por la pobre formación que, en general, tienen en ese campo los miembros de los Departamentos. Piensan que pueden ser unas personas competentes en sus campos sin necesidad real de conocimientos de Física. Esta es, como decimos, una actitud bastante generalizada y que no se reconoce formalmente, pero que se obra como si fuese de ese modo.

Las enseñanzas de las disciplinas más características de las distintas licenciaturas se hace, en general, con una falta casi total de metodología científica, sin relación con las leyes y principios físicos que determinan el comportamiento o fenómeno que se está estudiando. La mayor parte de las disciplinas son puramente descriptivas (no analíticas) o enseñan técnicas, sin profundizar ni precisar en su fundamento, lo que hace formar técnicos («tecnicistas») en vez de científicos, con lo cual el material matemático y físico no llega nunca a necesitarse.

Es cierto que una gran cantidad de información acerca de correlaciones empíricas es muy útil en situaciones rutinarias, sin que importe el grado de comprensión de las razones para la correlación.

Sin embargo, en cualquier situación completamente nueva, compleja o de emergencia, cuanto mejor se comprendan los principios fundamentales que soportan las correlaciones, mejor y más inteligente será la respuesta que se dé a la situación. La diferencia esencial entre un técnico y un científico se encuentra, creemos, en este factor.

Por todo ello, el propio medio en el que se desenvuelve el alumno le favorece su desinterés por la Física.

## b) Planes de estudio

Admitida ya la necesidad de esta disciplina, el paso siguiente es su inclusión en los planes de estudio. En la actualidad se estudia, en general, en el primer curso de la licenciatura.

En general, los alumnos que llegan a estas Facultades no han escogido, como asignaturas optativas en C.O.U., ni las Matemáticas ni la Física, con lo cual su base real en estas disciplinas es prácticamente nula. Son estos condicionamientos es prácticamente imposible utilizar un primero y único curso de física como medio para abordar las razones que motivaron su inclusión en un plan de estudios.

En estas condiciones, la mayor parte del curso se invierte en la enseñanza de una Física elemental, con algunos ejemplos cuasi triviales relacionados con el ser vivo, pero sin ninguna relación con la Biofísica, aunque alguna de estas disciplinas se titule pomposamente con este nombre. Si la Biofísica aspira a desempeñar un papel comparable al de la Bioquímica (la importancia de esta es clara, ya en los planes de estudio de Biología y Farmacia), hay que exigir a los estudiantes una cierta preparación equivalente en Física, y esto implica una actitud consciente y consecuente en las autoridades académicas que abogan por cursos de biofísica para sus alumnos, y que son responsables de los planes de estudio.

Sólo en un segundo curso se puede iniciar una «Introducción a la Biofísica», en el que se consoliden los conocimientos obtenidos en el primero y se relacionen éstos con los principios y métodos físicos, importantes para la biología y medicina. Este curso incluso podría resaltar el desarrollo histórico de la ciencia y de ese modo cubrir las exigencias en una educación general anteriormente comentada.

El curso de Biofísica, por otra parte, debe darse en cursos superiores, cuando los biólogos y médicos tengan un mínimo de formación en química, biología y física, de otro modo carece completamente de sentido.

Con la actual estructura de planes de estudio y mentalidades, creemos que la Facultad de Medicina es la que presenta mayores dificultades en esta línea, a excepción de algunos casos notorios en el país.

Junto con estas consideraciones, cabría preguntarse si no resultaría adecuado, a nivel de tercer ciclo postgraduados, desarrollar



un curso en instrumentación científica, fundamentalmente en técnicas físicas que no se hayan abordado en otras disciplinas, como podrían ser transductores, electrónica y ordenadores, microscopía electrónica, espectrofotometría, RMN, RMS, etc. También en este nivel se podrían desarrollar temas monográficos, según las necesidades de los Departamentos propios de estas Facultades.

### c) **Estudiantes**

Parece ser que los estudiantes de nuestro país que se orientan hacia las Facultades que nos ocupan sienten una aversión total hacia la Física y las Matemáticas, junto —o quizá como consecuencia— con una falta considerable de conocimientos y aptitud. Posiblemente esta aversión debe buscarse en la forma tan insatisfactoria como se explica la Física en la etapa del bachillerato, en la que aparece como una asignatura eminentemente teórica (deductiva) sin ninguna relación con los fenómenos del mundo material.

También la preponderancia que se da en C.O.U. a la matemática como lenguaje formal, frente a la matemática como técnica de cálculo, contribuye a ello.

Con esta formación básica a lo sumo que se puede aspirar en un primer curso es a darles una física elemental, como antes se apuntaba. Por supuesto que se pueden elegir aquellos temas más relacionados con sus propios estudios básicos, así como buscar ilustraciones y ejemplos motivadores del campo de la medicina y biología, pero nunca dejará de ser un curso de física elemental. Con esto creemos, no obstante, que se ha de tener sumo cuidado en su presentación, ya que se puede caer en una simplificación tan grande del fenómeno fisiológico que lo desvirtúe por completo. Por ejemplo, es común en estos cursos introducir como motivación para el estudio de la hidrodinámica el sistema circulatorio del ser vivo; o para el estudio de la electricidad, la actividad eléctrica del corazón, medida en la superficie del cuerpo mediante el electrocardiograma. Los ejemplos que se proponen son de una complejidad tan grande que son imposibles de explicar, aun con modelos de primer orden, a partir de los conceptos desarrollados en dicho curso de Física elemental, so pena de crear nosotros un nuevo fenómeno que no tenga apenas relación con lo que ocurre en el ser vivo. La motivación quedaría, pues, a un nivel puramente nominal, que muchas veces resulta suficiente para el alumno a este nivel.

La disposición contraria de los alumnos hacia esta disciplina es comprensible, ya que sus propios compañeros de cursos superiores abundan, normalmente, en la misma idea, al observar cómo en asignaturas específicas en que sería factible utilizar conceptos y métodos de la Física, no se hace.

El problema es el mismo que antes apuntábamos, el curso de Física que un estudiante de estas Facultades necesita es considerablemente más amplio y profundo que el que normalmente se le ofrece. La dificultad estriba en que a nivel de 1.º no tiene la base suficiente para recibir el curso que necesitaría recibir, este choque es el que determina toda la problemática de la Física.

#### d) **Profesorado de Física**

Hasta la fecha, el profesorado que ha impartido estas enseñanzas ha sido, en el caso más general, no cualificado. En el sentido de que han sido físicos dedicados a diferentes ramas de la Física, tanto en su docencia tradicional como en su investigación, tales como Termodinámica, Mecánica, Física Fundamental, Electricidad y Magnetismo, etcétera. Y aún en muchos casos personas recién graduadas, o que están realizando sus tesis doctorales, y a los que por exigencia oficial de su contrato de trabajo han tenido que dárseles dichas clases. No se duda de su competencia personal, pero sí de que ese sea su campo de interés y que, por tanto, se dediquen a él de una forma efectiva.

El físico se encuentra normalmente con que no tiene conocimientos previos de Biología, Genética, Fisiología animal o vegetal, etc., de ese modo a lo sumo que puede aspirar es a elegir un buen libro como referencia básica y sacar los ejemplos motivadores que en él aparezcan, pero muy limitado en su capacidad crítica, innovaciones y de resolución de problemas que se le planteen.

Por otra parte, cuando un profesor de Física se encuentra realmente interesado en la materia e intenta entrar en contacto con los diferentes Departamentos en orden a establecer una coordinación en la presentación de un mismo fenómeno, o pide qué conocimientos previos se juzgan imprescindibles para el alumno, se encuentra con actitudes contradictorias y muchas veces irreales. Desde la apatía más completa a unas exigencias que parecen desconocer la realidad con la que hemos de enfrentarnos. Todo ello se encuentra dificultado además, en muchas ocasiones por la falta de un lenguaje común, que hace casi imposible el diálogo científico.

Aquí el problema se debe a la falta de coordinación que existe entre los diferentes Departamentos, y a veces aún dentro de uno mismo, de las Facultades Universitarias. Sería ideal, otra vez el ideal, que miembros de otros Departamentos de Medicina o Biología dieran, al comienzo de cada parte del curso, una pequeña clase o charla, señalando unos pocos ejemplos sobre temas fisiológicos, genéticos, clínicos o terapéuticos, cuya comprensión requiera una buena base de conocimientos físicos y, en general, tratando de «vender» la importancia de aprender física, más que simplemente pasar los exámenes.

En el futuro sería deseable, para solucionar la problemática presentada en este apartado, la creación de nuevos Departamentos interdisciplinarios, con programas de docencia e investigación específicos y cuyo interés estuviese en las áreas que nos ocupan. Estos Departamentos podrían ser de Biofísica, Ingeniería Biológica, Ingeniería Biomédica, etc., tal como existen ya en diferentes países. De esta forma se superaría la falta de cualificación a la que antes nos hemos referido. En estos Departamentos no sólo cabrían físicos, sino fisiólogos, médicos, químicos, ingenieros, etc., dando lugar a un equipo interdisciplinario de trabajo, con el consiguiente enriquecimiento en cuanto a técnicas y métodos, ya que un mismo problema sería abordado desde puntos muy distintos y complementarios.

También desde este punto de vista sería deseable la dotación de plazos específicos con las denominaciones indicadas, con objeto de dar estabilidad y continuidad a los estudiosos interesados en estos temas.

Por último, queremos resumir y concretar los puntos más importantes desarrollados en esta ponencia, con objeto de converger en una posible estructuración de las enseñanzas de Física en las Facultades que nos ocupan.

1.º Mientras las Facultades españolas no impangan un curriculum previo a la admisión de sus alumnos, nos parece oportuno que las enseñanzas de Física tengan lugar a tres niveles:

- a) Física Elemental, con los temas más importantes para la futura formación del alumno y con ejemplos y motivaciones extraídas de las ciencias médicas y biológicas; pero nunca intentando explicar problemas que implican la convergencia de distintas disciplinas, tales como: sistema circulatorio del cuerpo, actividad eléctrica del corazón, mecanismos del oído interno, etc.
- b) Biofísica, que se debería impartir a nivel de 4.º o 5.º curso de la Licenciatura, cuando los alumnos ya tienen las bases suficientes para abordar los estudios que se les proponen.
- c) Ampliación de Biofísica o curso de instrumentación avanzada, a nivel de alumnos de doctorado y tratando específicamente problemas o técnicas relacionadas con la línea de investigación del Departamento o con las necesidades de los Departamentos médicos o biólogos, donde se imparta el curso.

Así como los dos primeros cursos creemos que deberían ser comunes para todo el país, el tercero debería dejarse —por las características apuntadas— a la elección de cada Universidad.

A ser posible, el primero de los cursos debería ser común para los estudiantes de Medicina, Biología y Farmacia, por lo menos en su estructura fundamental, aunque se tuviesen que introducir temas específicos, muy pocos, para cada una de las citadas Facultades. También los ejemplos y motivaciones había que cambiarlos, tratando Medicina y Biología por un lado, y a los estudiantes de Farmacia por otro.

La Introducción a la Biofísica, tal como están los planes de estudio en la actualidad, nos tememos que no podría hacerse común para Biólogos y Médicos. Por lo menos había que distinguir entre estudiantes de medicina inclinados por la investigación y aquellos otros con vocación clínica; los primeros se podrían unir a los biólogos, los segundos no. En cuanto a Farmacia, se podría impartir un curso en que básicamente fuese el de biólogos, pero con una mayor incidencia en los fenómenos propios del mundo vegetal. O incluso sustituir este curso por uno de Instrumentación y métodos físicos en Farmacia.

2.º Las Facultades interesadas deben llegar de forma consciente al convencimiento de la necesidad de incluir en sus «curricula» estas disciplinas. Significando ello la adecuación de sus propias enseñanzas, en cuanto a metodología y utilización consciente y rigurosa de los principios físicos estudiados. En caso contrario es más honesto no incluir ninguna enseñanza, para no contribuir más a la desorientación del alumno.

3.º Es conveniente mentalizar a los alumnos en el bachillerato y en el C.O.U. que las matemáticas es una técnica imprescindible para cualquier disciplina científica y que la Física es la disciplina en la que el método científico ha alcanzado su desarrollo más perfecto.

4.º Es conveniente la creación de nuevos Departamentos interdisciplinarios, de los cuales dependan estas disciplinas, con líneas propias de investigación en estas áreas y con las dotaciones específicas que hagan posible la supervivencia y desarrollo de los mismos.

## **PROBLEMATICA DE LA DIDACTICA DE LA FISICA PARA ESTUDIANTES DE OTRAS DISCIPLINAS**

### **(Segunda Parte)**

Por **Manuel García Velarde**

En esta segunda parte de la ponencia, originalmente pensada como conjuntada con la primera, abundaremos en los siguientes temas:

- I. Énfasis en algunas ideas generales desarrolladas en la primera parte.
- II. Algunos detalles de lo que cabría utilizar de la Física como complemento en el «curriculum» de algunas otras carreras. Describimos algunos programas propuestos para estudiantes de Química (segundo ciclo de Bioquímica y Biología molecular) y Matemática (segundo ciclo de Matemática aplicada) en la Universidad Autónoma de Madrid, como ejemplos de una viable interdisciplinaridad y cooperación entre colegas de diferentes disciplinas, sin que ello prejuzgue su validez en otras universidades.
- III. Una pequeña lista bibliográfica de utilidad para el encauzamiento de la enseñanza de la Física en algunas de las otras Facultades o carreras.

Hemos preferido en esta comunicación reducirnos a nuestra experiencia más inmediata y, por tanto, limitada. Por consiguiente, hemos dejado de lado los aspectos de la didáctica de la Física de mayor interés en tanto que herramienta de uso práctico para estudiantes de otras disciplinas, ya que además nos hemos concentrado en aquello quizá más ligado a las actividades de investigación en disciplinas que pueden hacer alguna llamada remota o próxima al estudio de la Física. Por otro lado, las cuestiones ligadas a la Física como herramienta más me parece que deben estar en consonancia con las peculiares enseñanzas de otras disciplinas en cada Universidad concreta.

## 1) Algunas ideas generales

La enseñanza de la Física a estudiantes de otras disciplinas sólo será útil si se establece un auténtico, honesto y cooperativo diálogo entre nuestros colegas y nosotros en cada Facultad o entidad de convergencia común. Tal diálogo creo que no existe en la actualidad y más aún cabe además afirmar que nos echan, en tanto que profesores de Física, casi por doquier. Químicos, matemáticos, etc., quizá por nuestra incapacidad de mostrarnos útiles a sus necesidades llegan a no aceptar que la Física esté en manos de profesores de Física y por eso cuando pueden añaden adjetivos tal y como ocurre con la Termodinámica química. Qué contrasentido sería una Relatividad química o una Óptica química, pero quizá consigamos que las inventen y las acabe habiendo si siguen las cosas como parece van. Quiero cargar la responsabilidad sobre nosotros porque lo propio ocurre con las Matemáticas en nuestro caso, que suelen ser físicos los que abogan porque se eche a los matemáticos de la enseñanza de la matemática para los físicos. Y ello es triste cuando por doquier la interdisciplinariedad y la cooperación interfacultativa, etc., se desarrollan entre nuestros colegas extranjeros. Nuestro mal general es, pues, una falta de diálogo entre profesionales a nivel elevado (falta acentuada en los últimos años), así como una infravaloración del esfuerzo pedagógico en un país donde las cosas están tan desquiciadas que en detrimento del valor de la docencia aparece el «hacer investigación» como una especie de salmodia que canta cualquiera que tenga una mínima aspiración política, aunque de hecho las más de las veces la tal investigación es una pobre farsa. No es, pues, de extrañar que la enseñanza universitaria vaya de mal en peor si además observamos que la Universidad es hoy más que nunca la arena de los profesores de la política, que utilizan la Ciencia, si es necesario, para la promoción política. La enseñanza de la Física, y en general de la Ciencia, por supuesto que la necesitamos para efectos técnicos, pero también para educar al estudiante y entre otros al futuro «político».

El interés de la participación de un físico y por ende de la enseñanza de la Física a estudiantes de otras disciplinas es doble. De un lado está el aspecto **formativo**, que involucra tanto un entrenamiento en la argumentación intuitiva como en el uso del lenguaje matemático en problemas concretos. Quizá sea en la Física, entre las Ciencias, donde el uso de **modelos** haya alcanzado el mayor desarrollo. Con ellos es posible darse cuenta, entre otras cosas, de la diferencia cualitativa que hay entre el orden arquitectónico (un cierto ordenamiento de los elementos de un problema o sistema) y el orden funcional que da origen a los efectos sinérgicos o cooperativos (sobre un cierto orden arquitectónico). Piénsese, por ejemplo, en la teoría de WEISS del ferromagnetismo y en un modelo del mismo como el de ISING (en dimensiones uno y dos).

Por otro lado, parece útil **informar** sobre algunas grandes teorías que han tenido extraordinario impacto en el desarrollo del pensamiento humano como en espectaculares avances tecnológicos.

Para la enseñanza a que nos referimos se precisa de los mejores

profesionales. Es decir, que pensamos que la Física para estudiantes de otras disciplinas debiera estar en manos de los profesores más revolucionario de algunas ideas y teorías dándose cuenta a su vez formados y brillantes (lo que se extiende a la enseñanza de la Física en nuestros primeros cursos de Ciencias Físicas). Desgraciadamente la norma opuesta impera en nuestras universidades casi por doquier. Más aún, los primeros y más críticos cursos de Física están en manos de algunos de tercer ciclo (composamente llamados por nuestra ancestral demagogia «profesores ayudantes», lo que no suele existir en casi ningún país civilizado). Estudiantes que ni siquiera puede afirmarse que vayan a recibir el espaldarazo científico del doctorado para seguir en la profesión a su más alto nivel. Somos en ello singulares con respecto a nuestros colegas extranjeros. Ciertamente el desmadre que lleva nuestra universidad sólo es comparable, entre otras cosas, con la miopía intelectual e incompetencia de muchos de los que pululan como profesores de Física por las aulas de nuestro país. Lo que no es sino una crítica pesimista, porque quizá para arreglar algunos de nuestros problemas, y me refiero a la formación de profesionales competentes, quizá lo que hubiera que hacer es disminuir el número de universidades y no aumentarlo, como viene siendo la normativa vigente. Sino más bien disminuir y concentrar el personal formado para beneficio de ellos mismos y de la formación de profesionales que no tenemos en Física.

Es de desear que asimismo empiecen a impartirse en el segundo ciclo, cuando ya está algo formada la mente de los estudiantes, cursos de Historia (Metodología e Historia crítica, etc.) de la Física como complemento de estudios técnicos de la misma, porque al recorrer la historia de la Física cabe poner de manifiesto el origen del ámbito restringido de las anteriores, precursoras o no. Para el no científico, o el político, o el literato, un hecho sorprendente quizá sea el constatar que las grandes ideas no han sido el fruto de revolucionarios políticos, sino más bien de pequeños burgueses, conservadores o reaccionarios políticos, porque la Ciencia se desarrolla muy biológicamente sobre un continuo empalme de «contradicciones», siguiendo ciertamente una «selección natural».

En nuestra ponencia no discutiremos tampoco el interés de los estudios de Física en lo que esperamos sea el Tercer ciclo, porque ello exige primero un intenso diálogo y discusión con colegas de otras disciplinas que no ha tenido aún lugar. Pienso que la enseñanza actual con dos ciclos es insuficiente para formar científicos bien preparados y especializados.

## **II) Algunos comentarios relativos a varias carreras**

### **A. Ciencias químicas (incluso biológicas y farmacia)**

Nos parece útil el estudio de la Física en los tres cursos del primer ciclo y asimismo a nivel del segundo ciclo porque pensamos que hoy no es posible profundizar en los grandes problemas de la Química sin una demanda muy substancial de ideas y métodos fi-

sicos. Concretamente, áreas tradicionales como la Química física o más reciente como la Química cuántica o la Bioquímica tienen sus problemas tan imbricados en la Física que parece difícil si no imposible o incluso ridículo pretender señalar a qué disciplina realmente pertenecen. De ahí la necesidad de una formación intensa en Física a la vez que en Química y, por supuesto, en algunas áreas de la Matemática, ya desde el primer año de la Licenciatura. Me atrevería a afirmar que incluso los más interesantes problemas físicos de hoy se hallan en el dominio interdisciplinar de la Química y la Física. Problemas del transporte en membranas, la formación de fases intermedias o mesofases, el sincronismo y las oscilaciones químicas (los relojes bioquímicos y biológicos), la electroquímica, etc., exigen un conocimiento profundo de Química y asimismo de Física, de áreas incluso tradicionales de esta última disciplina, como la Física de Fluidos, la Termodinámica, la Mecánica estadística, etc., algunas de las cuales es curioso constatar que ni siquiera aparecen hoy en el «curriculum» de los físicos de nuestro país. Quizá del diálogo y cooperación con los químicos seamos los físicos los más beneficiados y, desde luego, poco progreso es posible esperar de parte de los químicos si se atienen a la actualmente existente y menguada formación en Física en la mayoría de nuestras universidades.

Limitándonos al caso concreto de lo que algunos consideran Biofísica, de orientación Bioquímica, y además a nuestra restringida experiencia de la Universidad Autónoma de Madrid, es para mí un placer manifestar que el diálogo y la cooperación han sido posibles y fructíferos con nuestros colegas químicos, gracias, por supuesto, a la magnífica competencia de personas como D. VAZQUEZ, E. VIÑUELA, F. MAYOR, C. ALONSO e I. NUÑEZ DE CASTRO, entre otros. Para la elaboración del segundo ciclo en Ciencias Químicas (especialidad de Bioquímica y Biología molecular) fue recabada mi cooperación y de nuestro amistoso diálogo surgió la propuesta oficial de los bioquímicos de las siguientes tres asignaturas cuatrimestrales: Bioquímica física, Biofísica I y Biofísica II, de las que de su contenido doy detalles a continuación.

1. **Bioquímica física:** Su objetivo es dar a los alumnos de Ciencias Biológicas que vayan a hacer la especialidad de Bioquímica antes mencionada, los fundamentos generales y aplicaciones importantes de la Química física a procesos biológicos, con objeto de que puedan seguir, posteriormente, con una base suficiente los cuatrimestres de Biofísica. Su programa es el siguiente en líneas generales: a) Fundamentos y aplicaciones de los métodos termodinámicos a procesos biológicos en sistemas en equilibrio y en sistemas en transformación; b) cinética bioquímica, y c) estructura molecular de compuestos biológicos.

2. **Biofísica:** Su objetivo es dar los fundamentos químico-físicos necesarios para comprender ciertos procesos biológicos y hacer un razonado uso de ellos en las técnicas más normales de la metodología bioquímica. Se descompone en dos cuatrimestres, de los cuales los programas son:

**Biofísica I:** Termodinámica de equilibrio de sistemas biológicos



heterogéneos. Disoluciones. Aplicaciones. Técnicas experimentales. Termodinámica de procesos biológicos irreversibles. Difusión. Sedimentación. Viscosidad, Electroforesis y electroenfoque. Cromatografía. Termodinámica de procesos biológicos cooperativos. Transiciones de fase (evaporación en vacío, liofilización, secado en el punto crítico, mesofases). Contracción muscular. Bioelectricidad. Neurotransmisión.

**Biofísica II:** Interacción de la radiación con estructuras biológicas: a) Métodos espectroscópicos. Absorción. Infrarrojo. Visible. Ultravioleta. Dicrosimo circular. Dispersión óptica rotatoria. Resonancia magnética nuclear. Fluorescencia. b) Dispersión de radiación. Dispersión de luz. Dispersión de rayos X a ángulo bajo. Difracción por estructuras ordenadas. Óptica de FOURIER. Microscopía electrónica. Análisis de imágenes. Filtración y difracción óptica. Fotoquímica y fotobiología.

Es evidente que este último cuatrimestre se refiere básicamente a instrumentación, siendo el anterior de orientación mucho más teórica y, por tanto, conceptual.

## B. Ciencias Matemáticas

La investigación y el pensamiento matemático se ha nutrido siempre de la inmensa y fértil fenomenología física. Hoy, entre otras cosas, los fenómenos no lineales, tales como las inestabilidades hidrodinámicas y la turbulencia, la teoría no irrelevante de campos, incluyendo la relatividad general, la termodinámica de los estados muy alejados del equilibrio, etc., son extraordinarias fuentes de problemas para el matemático (Topología Análisis funcional, Geometría, etcétera). La fenomenología física puede servir, por otro lado, para enriquecer y «materializar» la matemática que se enseña en los cursos elementales o medios (bachillerato, etc.).

Para la elaboración del plan de estudios del segundo ciclo de la licenciatura en Matemática aplicada se recabó nuestra cooperación en la Universidad Autónoma de Madrid y sobre esta limitada y parcial experiencia me referiré aquí. Los matemáticos empezaron pidiendo cuáles podrían ser las asignaturas de Física en que actualmente ellos podrían estar más interesados. Mi proposición les orientó hacia la Mecánica estadística y Mecánica de Fluidos, ambas tomadas en un sentido amplio. Aparte de que ambas disciplinas, clásicas, poseen problemas específicos extraordinariamente atractivos, son asimismo las dos áreas de la Física donde la fenomenología puede acompañar al planteamiento de problemas matemáticos actualmente muy supestivos y a diferencia de otras áreas de la Física (donde quizá los mismos problemas sean planteados al matemático) en las dos que propuse es posible orientarle en su búsqueda de soluciones y/o de nuevas ideas matemáticas y teorías. Para que pueda observarse la coordinación de los estudios de Matemática aplicada doy a continuación el programa de las asignaturas que comprende la especialidad de Matemática aplicada, como primer paso, por supuesto, a lo que sería la continuación en un tercer ciclo. Del diálogo con nuestros colegas matemáticos surgió asimismo la petición

en Ciencias Físicas de la siguiente lista de asignaturas en nuestra licenciatura: Análisis numérico y técnicas del ordenador, Física de fluidos I (Hidrodinámica) y Mecánica estadística (I) en cuarto. Mientras que en quinto se piden: Mecánica estadística II, Estadística (procesos estocásticos), Métodos matemáticos (complementos de análisis funcional) y Física de Fluidos II (Dinámica de gases). Vemos pues un ejemplo del enriquecimiento mutuo entre físicos y no físicos, en directo beneficio de los estudiantes.

Asignaturas del 2.º ciclo de Matemática aplicada:

### **Cuarto Curso**

**Análisis Numérico II:** Ecuaciones no lineales. Métodos iterativos. Aproximación numérica. Ajustes polinómicos. Métodos de interpolación. Integración numérica. Aproximación por mínimos cuadrados. Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales; métodos implícito, explícito, Crank-Nicholson, condiciones de contorno. Métodos iterativos; Frankel-Young, Peacemen-Rachford.

**Teoría de la Inferencia Estadística:** Distribuciones en el muestreo. Sus características. Estimación puntual y por intervalos. Ajuste. Hipótesis estadísticas, simples y compuestas. Confrontación de hipótesis con la realidad. Significación. Teoría, problemas y aplicaciones de la inferencia, la predicción y las decisiones estadísticas. Diseño de experimentos y de observaciones.

**Mecánica Estadística:** Fundamentos de la teoría de los sistemas dinámicos, hamiltonianos: Evolución, estabilidad, ergodicidad, irreversibilidad. Fundamentación y aplicaciones de la teoría de transiciones de fase y puntos críticos: Fenómenos cooperativos. Aplicaciones de la teoría de los procesos estocásticos. Movimiento browniano (teorías de Langevin y Kolmogoroff-Kokker-Planck). Fundamentación y aplicaciones de la teoría cinética. Ecuación integrodiferencial de BOLTZMANN, generalización y descripción de los fenómenos de transporte, relajación y respuesta.

### **Quinto Curso**

**Análisis Matemático V:** Espacios vectoriales topológicos. Teorema de Hahn-Banach. Espacios localmente convexos. Teorema de Banach-Steinhaus. Dualidad, teorema de Mackey-Arens. Medidas y medidas exteriores. Extensión de medidas. Funciones medibles. Integración. Teorema de Radon Nikodyn. Espacios  $L^p$ . Medidas producto. Teorema de Lebesgue-Fubini.

**Geometría V:** Formas de contacto. Formas simplécticas. Haces y prehaces. Cohomología de De Rham de una variedad. Geometría de Riemann. Grupos de Lie. Geometría diferencial de fibrados principales. Formas con valores vectoriales. Formas con valores en un álgebra de Lie. Conexiones sobre fibrados principales. estructuras.

**Ecuaciones en Derivadas parciales:** Problemas lineales en ecuaciones con derivadas parciales. Operadores de segundo orden: Elípticos, parabólicos e hiperbólicos. Problemas de Cauchy, de con-

torno y mixtos. Introducción a los métodos variacionales. Análisis espectral de operadores elípticos. Correcto planteamiento de problemas de contorno. Introducción a los problemas no lineales.

**Procesos Estocásticos:** Sucesiones aleatorias. Dependencia. Cadenas de Markov, de parámetro discreto y de parámetro continuo. Funciones aleatorias y sus clases. Procesos markovianos. Procesos discretos en el espacio y en el tiempo. Procesos discretos en el espacio y continuos en el tiempo. Procesos de ramificación. Procesos continuos en el espacio y en el tiempo. Procesos de difusión. Procesos estacionarios. Ergodicidad. Análisis espectral. Otros procesos. Aplicaciones.

**Mecánica de Fluidos:** Fluidos ideales. Ecuaciones de Euler-Lagrange. Soluciones y descripción de los fenómenos inerciales. Fluidos reales. Ecuaciones de Navier-Stokes. Soluciones y descripción de los fenómenos disipativos. Viscosidades y compresibilidad. Problemas de autovalores. Estabilidad de soluciones bifurcadas y descripción de la turbulencia. Inestabilidades termohidrodinámicas.

### C. Ciencias Geológicas

Aparte las cuestiones puramente pragmáticas, que aquí en gran parte hemos dejado de considerar desde el principio, concentrándonos más bien en aquellas cuestiones que inciden sobre lo que consideramos algunos de los grandes problemas de investigación interdisciplinar de nuestros colegas y nosotros, físicos, creo que el aporte de la Física al avance de la Geología ha sido espectacular en los dos últimos decenios. La tectónica de placas (por tanto la orografía), la sismología, el estudio de las edades geológicas y la evolución biogeológica, se han visto fundamentalmente impulsadas gracias a aportes conceptuales e instrumentales de la Física más bien clásica: mecánica de los medios continuos, magnetismo... En esos problemas citados es difícil señalar donde empieza la cuestión puramente geológica.

Con nuestros colegas geólogos es preciso un diálogo que permita el establecimiento de una enseñanza intensa de la Física tanto en el segundo ciclo como en el primero. Nuestra especialidad de Geofísica se vería enormemente enriquecida con ese diálogo y debería hacerse interdisciplinar con los estudiantes de Geología.

### D. Ciencias Médicas

Con los estudiantes de Medicina es asunto es muy delicado. Porque de un lado la Medicina del médico de cabecera (e incluso a veces del especialista) es más bien un **arte** (como mezcla, difícil de analizar, de sentido común, intuición, psicología, aventura, etc., y, en ocasiones, extremado conservadurismo a la hora de recetar un potente antibiótico). Por otro lado, la medicina de hospital exige más conocimientos técnicos y, en cierto sentido, interdisciplinaridad, tanto con el químico como con el físico; es decir, la presencia codo a codo con los colegas médicos. Por último, como toda real enfermedad lo es molecular, nuestros comentarios relativos a los químicos podrían aplicarse.

Pienso que específicamente con carácter técnico la Física para médicos (incluyendo la llamada Biofísica) podría ser útil en dos etapas. Primero una Física del tipo desarrollado por PALACIOS o BENEDEK y VILLARS (véanse las referencias al final de este texto). Ello podría desarrollarse en el primer ciclo. Después sería preciso integrar trozos de cuatrimestre específicos por disciplinas porque cabría dar enseñanza de mecánica y articulaciones con cierta intensidad en Anatomía, de fluidodinámica en Fisiología, de termodinámica en Bioquímica, etc. Ello sin prejuzgar un intenso estudio en el último o últimos años de la carrera de lo que tradicionalmente se incluye en Biofísica (Biofísica química, Biónica, Bioelectricidad, etc.). En mi opinión, insisto en que habría que ensayar la enseñanza integrada asignatura por asignatura. Ello exige un diálogo y cooperación entre colegas médicos (entre ellos) y físicos y químicos..., lejos hoy incluso de imaginar a escala nacional.

### E. Sociología, política, economía, etc.

El problema de estas (proto) ciencias proviene de la dificultad en delimitar cuales sean las variables relevantes y las leyes «naturales». Ocurre que casi cualquier problema es un problema de fenómenos cooperativos. Es como si de entrada lo único que se viese fuese ya el magnetismo o la superconductividad. Ni el gas perfecto ni el sistema paramagnético ideal como sistemas sencillos de **grados de libertad sin interacción** poseen aquí sentido. Y más grave aún, los sistemas prototipo de cualquiera de estas ciencias cabe incluirlos entre los sistemas abiertos de la termodinámica de los procesos irreversibles muy alejados del equilibrio; es decir, los sistemas más complejos con los que se enfrenta el físico. Los problemas de los sistemas abiertos con fuertes inhomogeneidades tienen la característica de proveer un caso espectacular de reto a la intuición porque en ellos las medias de las magnitudes no son necesariamente lo relevante, sino quizá, en general, las fluctuaciones en torno a esas medias acopladas a los propios valores medios. Un modelo sociológico, económico o político es, de entrada, un modelo que ha de conllevar la sinérgesis de elementos organizados ya en un orden arquitectónico que las más de las veces está mal esclarecido o definido.

¿Cuál puede ser, pues, la aportación de la enseñanza de la Física para estudiantes de estas disciplinas? No tanto la Física como herramienta de uso práctica como cuanto un análisis profundo del papel de los modelos y en este sentido la asignatura habría de enfocarse desde un nivel muy general y de metodología. Parece obvio que dicha enseñanza o la dan competentes y brillantes profesores de Física y Metodología científica o quizá no vale la pena ofrecerla. Otra de las cosas que un físico podría imbuir a estudiantes de estas disciplinas es la exigencia científica práctica de no aceptar dogmas universales y definitivos en la propia ciencia. En Física no hay verdades ni mentiras, sino ideas, teorías o formalismos útiles o fértiles. Es, quizá, lo más difícil de meter en la mente de los estudiantes de estas disciplinas. Porque de cualquiera esas (proto) ciencias en cuestión a la demagogia hay un paso en ocasiones imperceptibles. Recorra cualquiera de ustedes la prensa de cualquier país o los corre-

dores de las universidades, pongamos de nuestro país y verá el dogmatismo como elemento de trabajo. Si la teoría de NEWTON u otros han sido superadas cabe bien imaginar que cualquier «ismo» pueda ser un conjunto de axiomas y leyes de ámbito limitado y, sin embargo, esto no funciona generalmente en nuestras relaciones socioeconomicopolíticas. Aquí abogamos, por tanto, por una ampliación substancial de la educación universitaria de los estudiantes de Sociología, Política o Economía. Como introducción hacia lo que debiera poder ser la educación científica de estudiantes de estas disciplinas las referencias 1 a 4 quizá sean útiles elementos de partida.

III) Unos pocos libros que pueden ser de utilidad en relación con las cuestiones generales discutidas en esta ponencia:

1. Las revistas «La Recherche», «Scientific American», «The Physics Teacher», «American Journal of Physics» contienen abundante material que puede ser utilizado monográficamente.
2. KUHN, T. S.: **The structure of Scientific revolutions**, Univ. Chicago Press (2nd ed.), 1970.
3. HANSON, N. R.: **Patterns of discovery**, Cambridge Univ. Press, 1972.
4. BERNAL, J. P.: **Science in History** (4 vols.), Penguin (3rd ed.), 1965.
5. KEMBLE, E. C.: **Physical Science, its structure and Development**, M.I.T. Press, 1966.
6. HOLTON, G (segunda edición revisada por S. G. Brush): **Introduction to Concepts and Theories in Physical Science**, Addison-Wesley, 1973.
7. FEYNMANN, R. P.: **The character of physical law**, M.I.T. Press, 1965.
8. TILLEY, D. E., y W. THUMM: **College Physics (a text with applications to the life sciences)**, Cummins, 1971.
9. LANDAU, L. D.; A. A. AKHIEZR, y E. M. LIFSHITZ: **General Physics (Mechanics and Molecular Physics)**, Pergamon, 1967.

Textos ya de estudio más profundo de la Física general para estudiantes de Medicina, Biología, etc., son:

10. PALACIOS, J.: **Física para médicos**, Hernando, 1952.
11. BURNS, D. M., y S. MACDONALD: **Physics for biology and pre-medical students**, Addison-Wesley, 1973.
12. BENEDEK, G., y F. VILLARS: **Physics with illustrations from medicine and biology** (tres volúmenes): I. **Mechanics**; II. **Statistical physics**; III. **Electricity and Magnetism**, M.I.T. Press, 1973 y posteriores.



**LA LICENCIATURA EN FISICA  
EN RELACION CON EL PROFESORADO  
DE BACHILLERATO**

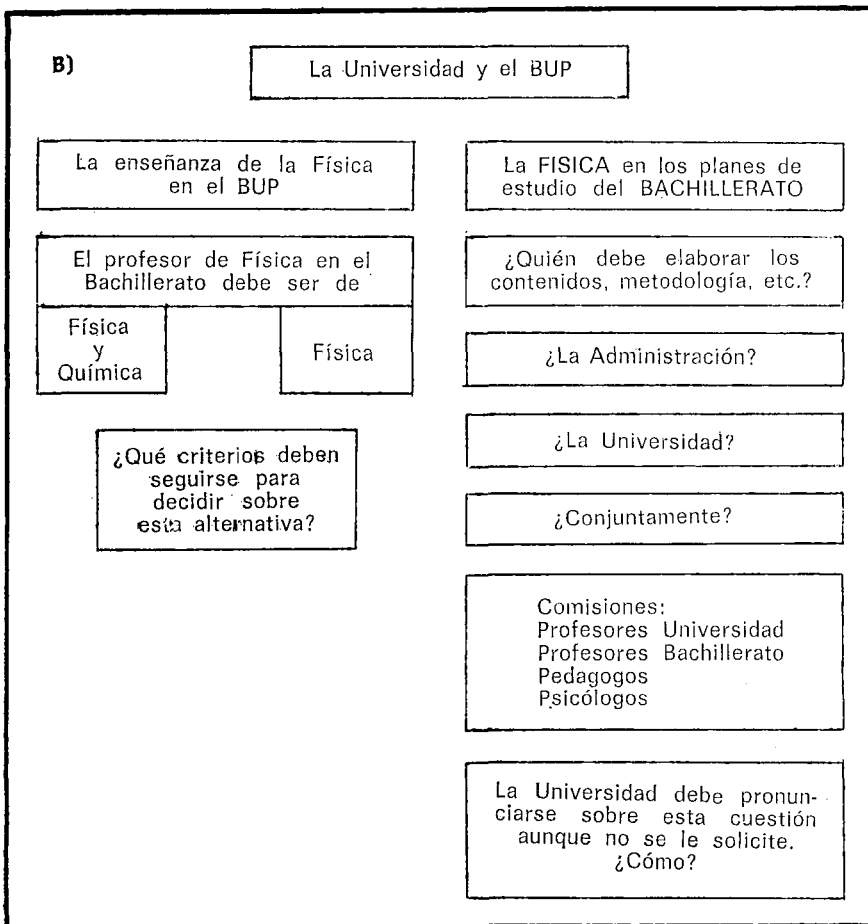
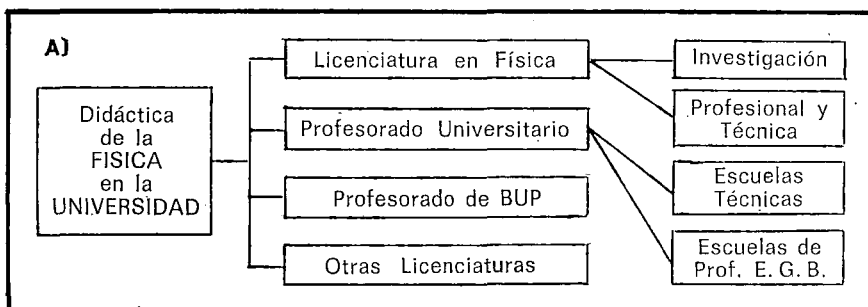




# LA LICENCIATURA EN FÍSICA EN RELACION CON EL PROFESORADO DE BACHILLERATO

(Esquema de la ponencia)

Por Justo Mañas Díaz



C)

¿Es necesaria una Licenciatura en Física dirigida a la formación de profesores de Bachillerato?

**Profesorado actual**

En su mayoría procede de Licenciaturas en Química y una parte mínima de Licenciaturas en Física.

En cualquiera de los casos las licenciaturas están orientadas fundamentalmente a la investigación o a otras actividades profesionales o técnicas.

**Previsión de demanda anual de profesores de BUP**

En Física y Química

~ 100

En el área de las Ciencias

~ 400

D)

Si se estima conveniente el establecer una Licenciatura en Didáctica de la Ciencia, con diversas ramas, proyectada específicamente a la formación de profesorado de BUP.

¿Cómo se debe plantear su programación?

¿Cómo establecer su desarrollo?

E)

Informe sobre la experiencia de la Facultad de Ciencias de Bilbao, realizada en colaboración con el ICE y su Centro Experimental Piloto de Bachillerato.

## **APENDICES**



INCIE

Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado

Seminario sobre:

**PROBLEMAS DIDACTICOS UNIVERSITARIOS  
EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA**

(I Seminario sobre: **DIDACTICA DE LA FISICA  
EN LA UNIVERSIDAD**)

Celebrado en el Salón de Actos del  
INCIE durante los días 9, 10, 11 y 12 de  
diciembre de 1975. MADRID.



**Moderador y coordinador del Seminario:**

D. Luis ROSADO BARBERO  
Departamento de Ciencias de la U.N.E.D.  
Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado del INCIE.

**Coordinador:**

Doña Felisa NUÑEZ  
Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense  
Madrid





## **A P E N D I C E 1**

PROGRAMA DEL SEMINARIO SOBRE:

**PROBLEMAS DIDACTICOS UNIVERSITARIOS EN LA ENSEÑANZA  
DE LA FISICA**

**(I Seminario sobre: DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD)**



## PROGRAMA

Teniendo en cuenta la actual tendencia de renovación y mejora de métodos y técnicas educativas de la Física, el INCIE ha organizado este Seminario con las siguientes finalidades:

- **Examinar** la realidad del proceso enseñanza-aprendizaje de la Física.
- **Intercambiar** criterios y opiniones sobre dificultades, problemas y soluciones en la consecución de un mayor rendimiento.
- **Descubrir y proponer** las orientaciones concretas que más pueden incidir en la mejora de la calidad educativa a nivel universitario.

### Día 9 de diciembre de 1975

- 10,00 horas Presentación del Seminario por D. Luis ORTIZ BERROCAL, Jefe del Departamento de Perfeccionamiento del INCIE.
- 10,30-11,30. **Los objetivos esenciales y opcionales en la enseñanza de la Física**, por D. Luis BRU VILLASECA, Catedrático y Decano de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.
- 11,30-12,00. Descanso.
- 12,00-13,00. Comunicaciones y coloquio.
- 13,00-14,00. Formulación de propuestas y conclusiones (Trabajo en equipo).

### Día 10 de diciembre

- 10,00-11,00. **Métodos de enseñanza-aprendizaje**, por D. Carlos SANCHEZ DEL RIO, Catedrático de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.
- 11,00-11,30. Descanso.
- 11,30-13,00. Comunicaciones y coloquio.

13,00-14,00. Formulación de propuestas y conclusiones.

### **Día 11 de diciembre**

10,00-10,45. **Los instrumentos, las prácticas y la aplicación del saber científico**, por D. Cristóbal FERNANDEZ PINEDA, Profesor Agregado de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.

10,45-11,00. Descanso.

11,00-11,45. **La función investigadora**, por D. Juan MUÑOZ DOMINGUEZ, Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona.

11,45-12,00. Descanso.

12,00-13,00. Comunicaciones y coloquio.

13,00-14,00. Formulación de propuestas y conclusiones.

### **Día 12 de diciembre**

10,00-10,45. **La evaluación del rendimiento instructivo y educativo**, por D. Gabriel LORENTE PARAMO, Profesor Agregado de la Universidad a Distancia.

10,45-11,00. Descanso.

11,00-12,00. Comunicaciones y coloquio.

12,00-14,00. Formulación de propuestas y conclusiones finales.

## APENDICE 2

PARTICIPANTES DEL SEMINARIO SOBRE  
**PROBLEMAS DIDACTICOS UNIVERSITARIOS EN LA ENSEÑANZA  
DE LA FISICA**  
(I Seminario sobre: DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD)

### **Ponentes**

BRU VILLASECA, Luis  
SANCHEZ DEL RIO, Carlos  
FERNANDEZ PINEDA, Cristóbal  
MUÑOZ DOMINGUEZ, Juan  
LORENTE PARAMO, Gabriel

### **Moderador y coordinador**

ROSADO BARBERO, Luis

### **Cordinador**

NUÑEZ, Felisa

### **Asistentes**

ABEGER MONTEAGUDO, Amalia  
Madrid  
AROCA HERNANDEZ, Claudio  
Profesor Ayudante Universidad Complutense  
Facultad de Física  
Madrid

ASENJO ROMERA, Rafael  
Profesor de la U.N.E.D. Madrid

BOIX PALACIAL, José Miguel  
Profesor Adjunto Interino Universidad Complutense  
Madrid

CASANOVA COLAS, José  
Catedrático de Universidad  
Director del Departamento de Física  
Valladolid

CASAS PELAEZ, Justiniano  
Catedrático de la Universidad de Zaragoza

DEL CASTILLO GARCIA, Benito  
Universidad Complutense  
Facultad de Farmacia  
Madrid

CRIADO SANCHO, Manuel  
Profesor  
Universidad Nacional de Educación a Distancia  
Madrid

FERNANDEZ NAVARRO, Lucrecia  
Universidad de Valladolid

GARCIA FERNANDEZ, Serafín  
Catedrático  
Universidad de Barcelona  
Facultad de Farmacia

GARMEDIA IRAUNDEGUI, José  
Catedrático de Universidad  
Universidad de Salamanca  
Salamanca

GONZALEZ GASCUN, Francisco  
Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense  
Madrid

GONZALEZ LOPEZ, José Miguel  
Universidad a Distancia  
Madrid

JUNCOS DEL EGIDO, Purificación  
Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense  
Madrid

IGLESIAS CARREÑO, Francisco  
Universidad de Valladolid

LOPEZ PEREZ, Eloísa  
Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense  
Madrid

LUIS FERNANDEZ, María Begoña de  
Universidad Nacional a Distancia  
Madrid

LLEO MORILLA, Atanasio  
Catedrático de Física  
Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola  
Madrid

NAVARRO FALCON, Gregorio  
Profesor Adjunto de la U.N.E.D.  
Madrid

PASTOR BARRAJAS, José María  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Valladolid

PEREZ FERNANDEZ, Pedro  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Madrid

PEREZ DE LANDAZABAL EXPOSITO, María del Carmen  
Colaborador científico  
Centro de Investigaciones Físicas L. Torres Quevedo  
Departamento de Instrumentación Didáctica  
Madrid

PREVOST LORENZO, José Luis  
Departamento de Instrumentación Didáctica  
C.I.F. «T. Quevedo»  
Madrid

RUEDA ANDRES, Antonio  
Profesor Agregado de la U.N.E.D.  
Madrid

SANCHEZ MARTINEZ, Francisco  
Catedrático de Astrofísica  
Universidad de La Laguna  
La Laguna (Tenerife)

SANCHEZ SANCHEZ, Pedro  
Profesor Adjunto de Universidad  
Madrid

SANCHEZ TRUJILLO, María del Carmen  
Facultad de Físicas  
Universidad Complutense  
Madrid

SOILAN LORENZO, Andrés  
Profesor Adjunto  
Universidad Complutense  
Madrid

TEJEDOR GANCEDO, Marcos  
Profesor Agregado de Universidad  
Madrid

TORRA FERRE, Vicente  
Profesor Agregado de Terminología  
Universidad de Barcelona

**Instituto Nacional de Ciencias de la Educación**

ORTIZ BERROCAL, Luis  
Jefe del Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado

ARLABAN ESPARZA, María Luz  
Departamento de Perfeccionamiento del Profesorado



## **A P E N D I C E 3**

CONCLUSIONES DEL SEMINARIO:

**PROBLEMAS DIDACTICOS UNIVERSITARIOS EN LA ENSEÑANZA  
DE LA FISICA**

**(I Seminario sobre DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD)**



## CONCLUSIONES

1. Se reconoce la necesidad de implantar asignaturas optativas en el Segundo Ciclo, que traten de los problemas pedagógicos y didácticos de la Física. (Algunas Facultades ya ofrecen esta clase de asignaturas.)
2. En el Primer Ciclo se darán las bases en que se sustenta la Física. Es decir, las leyes fundamentales, acompañadas de algunos ejemplos, demostraciones de laboratorio y experimentos, etcétera.

En el segundo se ampliará la formación del primero por medio de asignaturas obligatorias (Mecánica Cuántica, Física del átomo, Física del sólido y Electrodinámica de Campos), y se iniciará la especialización en la que habrá asignaturas obligatorias para cada una de las especialidades y otras que serán optativas (Filosofía de la Ciencia, Aplicación de la Física a la Medicina, etc.).

3. El tercer ciclo debe ser el de una verdadera especialización, y las asignaturas que se impartan en él guardarán una íntima relación con la investigación que se lleve a cabo en el campo de la Física. Ante la proximidad de su establecimiento, sería conveniente que se dotase en forma apropiada de personal y material a los Departamentos correspondientes.
4. Reestructurar los programas de acuerdo con las necesidades reales de profesionalidad existentes en la actualidad, y sin que ello resulte en detrimento de la formación de los físicos que vayan luego a dedicarse a hacer investigación fundamental.
5. Se debe reducir el número de clases magistrales y en su lugar realizar Seminarios, Coloquios, completar con medios audiovisuales y dar información escrita (apuntes, esquemas, etc.).
6. Sería de desear que las técnicas experimentales fuesen recogidas en unas asignaturas determinadas. (De hecho ya se ofrecen este tipo de asignaturas en algunas Facultades.)

7. Dotaciones suficientes para poder desarrollar las técnicas experimentales e investigación.
8. Se recomienda la confección de un inventario de medios y equipos experimentales existentes en las distintas Universidades, para su utilización por parte de los físicos y para orientar en la deseable fabricación nacional de todos o parte de ellos.
9. Se desea que los I.C.E. intensifiquen su actuación en la línea de la investigación de la Didáctica de la Física a nivel universitario.
10. Conscientes de las grandes dificultades que entraña la comprensión conceptual de la Física y la transcendencia que esta disciplina tiene en otras ciencias, se recomienda que la Física del Bachillerato Unificado y Polivalente la expliquen profesores que, cuando menos, sean licenciados en Ciencias Físicas.
11. Preconizamos la elevación del nivel científico de las revistas de Física que se publican en España, con objeto de que sus artículos tengan rango internacional.
12. Conveniencia de que la investigación se realice de modo que se ajuste a una planificación preexistente de las necesidades del país.
13. Se considera necesario a los fines de orientación y selección de sujetos, el disponer del perfil de rasgos que caracterizan al físico. Este perfil pudiera elaborarse mediante investigación al efecto por un equipo bidisciplinar constituido por profesores de Ciencias Físicas y de Ciencias de la Educación (dos físicos que desempeñen labores de investigación y docencia y un psicopedagogo).
14. Se eleva a la Universidad el ruego de la realización de cursos de actualización en Física para posgraduados. Así podrían mostrarse, a los físicos y graduados, nuevas técnicas de investigación, enfoques diversos en los campos de la Física, utilidad de los medios audiovisuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, nuevas líneas pedagógicas, etc.

SEMINARIOS SOBRE:

DIDACTICA DE LA FISICA EN LA UNIVERSIDAD, a celebrarse en sucesivos semestres.

**HOJA DE FORMULACION DE SUGERENCIAS**

D. ....  
con domicilio en ..... D. P. ....  
calle, plaza ..... núm. ....  
Teléfono .....  
Títulos académicos que posee: .....  
Profesor (\*) .....  
De la asignatura .....  
Del centro docente .....

I. Tema o temas que deseo se traten en estos Seminarios:

.....  
.....  
.....

II. Profesores ponentes que propongo para cada uno de estos temas:

.....  
.....  
.....

III. Otras sugerencias que estimo oportunas:

.....  
.....  
.....

..... de ..... de 197...

Firma,

(\*) Catedrático, Agregado, Adjunto, etc.

Enviar en sobre cerrado a:

Profesor Don Luis ROSADO. Departamento de Perfeccionamiento del  
Profesorado. INCIE. Ciudad Universitaria. Madrid-3.

NOTA: En el caso de necesitar más espacio, utilice y adjunte una hoja aparte.

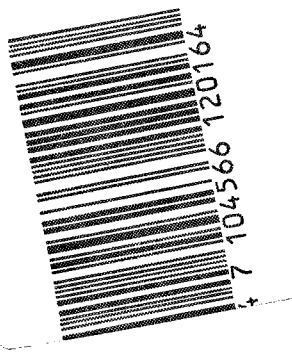














SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA