

**IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DEL FRACASO
EN LAS ASIGNATURAS DE FÍSICA DURANTE EL
PRIMER CURSO UNIVERSITARIO: FACTORES
RELACIONADOS CON LOS PROFESORES Y CON
LOS ALUMNOS.**

Proyecto presentado a la convocatoria
del C.I.D.E. de 1997

M^a Carmen Pérez Landazábal Expósito

José Otero Gutiérrez

Félix Bilbao Bilbao

Jesús Ochoa Moratinos

I.C.E. de la Universidad de Alcalá de Henares

ÍNDICE

PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

1. ANTECEDENTES

- 1.1. *Estado de la situación*
- 1.2. *Estado de la situación en la Universidad de Alcalá*
- 1.3. *Objetivos*

2. FACTORES RELATIVOS A LOS ALUMNOS. Encuesta de opinión de los alumnos

- 2.1. *Entrevista inicial*
- 2.2. *Resultados de la encuesta de "Física de los procesos biológicos"*
- 2.3. *Resultados de la encuesta de "Física ambiental"*
- 2.4. *Conclusiones*

3. FACTORES RELATIVOS A LOS ALUMNOS. Análisis de los apuntes de los alumnos

Introducción

- 3.1. *Estudio piloto: Descripción matemática del movimiento de una onda armónica*
- 3.2. *Segundo estudio: Aplicación del primer principio de la Termodinámica*
- 3.3. *Conclusiones*

4. FACTORES RELATIVOS A LOS ALUMNOS. Análisis de las prácticas de laboratorio

Introducción

- 4.1. *Observación del trabajo en el laboratorio.*
- 4.2. *Análisis de los guiones de laboratorio*

5. FACTORES RELATIVOS A LOS ALUMNOS. Análisis de las pruebas de evaluación

Introducción

- 5.1. *Fundamentos de Física*

6. FACTORES RELATIVOS AL PROFESORADO. Encuesta Delphi

Introducción

- 6.1. *Primera ronda. Identificación de los problemas mediante respuestas libres*
- 6.2. *Segunda ronda. Valoración de la importancia de los problemas*
- 6.3. *Tercera ronda. Reconsideración de las puntuaciones*
- 6.4. *Comparación de las opiniones de profesores y alumnos*

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO I

ANEXO II

ANEXO III

PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo que se describe en esta memoria es resultado de una investigación de tipo exploratorio encaminada a identificar factores que contribuyen al fracaso en las asignaturas de Física del primer curso universitario. Se recabaron opiniones sobre problemas en la enseñanza y el aprendizaje de estas asignaturas a alumnos de las Licenciaturas en CC. Biológicas y en CC. Ambientales de la Universidad de Alcalá, así como a profesores del Departamento de Física de la misma Universidad. Además se analizaron algunos recursos para la enseñanza y el aprendizaje, como los apuntes tomados en clase y los guiones de laboratorio. Finalmente se examinaron también las contestaciones al examen de una asignatura de Física. Por lo tanto, la metodología utilizada fue la siguiente:

■ Datos sobre los alumnos:

- Muestreo de las opiniones de los alumnos mediante cuestionarios ad hoc.
- Análisis de los materiales producidos por los alumnos (apuntes, problemas resueltos, cuadernos de laboratorio, exámenes).
- Observación directa del trabajo del alumno en el laboratorio.

Para conseguir la mayor colaboración y libertad de expresión, la aplicación de los cuestionarios y la entrega de apuntes fue voluntaria y anónima.

■ Datos sobre los profesores:

- Muestreo de las opiniones de los profesores mediante la realización de una encuesta tipo Delphi.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.

Introducción

Existen muchos trabajos relativos al fracaso escolar, pero la gran mayoría de estos estudios se refieren a los niveles primario y secundario. Hay muy pocos estudios relativos al nivel universitario (González Tirados, 1989) donde, además, parecen tomarse pocas medidas con objeto de reducir dicho fracaso. En áreas como la Física, el problema resulta especialmente preocupante ya que, cuando la asignatura se plantea como optativa en los niveles de Enseñanza Secundaria, las tasas de matriculación disminuyen de forma sensible, repercutiendo la falta de formación en los niveles posteriores.

Los factores que influyen en el fracaso son múltiples. González Tirados, (1989) apunta los siguientes:

- 1) *Factores inherentes al alumno*: falta de preparación o desarrollo inadecuado de aptitudes específicas para el tipo de carrera elegido, carencia de técnicas de trabajo intelectual, falta de motivación por lo cual el alumno trabaja solamente en la época de los exámenes, o desajuste entre las expectativas al iniciar la carrera y la realidad provocada por una deficiente orientación.
- 2) *Factores inherentes al profesor*: deficiencias pedagógicas, falta de tratamiento individualizado a los estudiantes y mayor dedicación a la investigación en su área.
- 3) *Factores inherentes a la organización académica universitaria*: ausencia de objetivos claramente definidos, falta de coordinación entre diferentes materias, deficientes sistemas de selección o falta de criterios objetivos para la evaluación de los alumnos.

1.1. Estado de la situación.

La enseñanza de las ciencias en los niveles universitarios presenta problemas importantes que no han recibido hasta el momento una atención suficiente por parte de los investigadores en Didáctica. Las tasas de abandono en la Universidad española oscilaban en los años 80 entre el 30% y el 50%, con variaciones entre carreras y centros, (Latiesa, 1991). Según el análisis realizado en el curso 1984-85 por el Consejo de Universidades, el porcentaje de alumnos que termina puntualmente sus estudios es el 44% en las Facultades, el 39% en las Escuelas Técnicas Superiores (ETS), el 19% en Escuelas Universitarias Técnicas (EUT) y el 66% en Escuelas Universitarias no Técnicas (EU). En los cursos 1985-86, 86-87 y 88-89 estas cifras permanecen constantes en Facultades y EUT y descienden ligeramente en las ETS y EU. Otros estudios indican que los abandonos en las carreras de Ciencias alcanzan valores del 70% en las Facultades de CC. Químicas (Goberna, López y Pastor, 1989) y del 65% en las de CC. Físicas (Latiesa, 1991). Este problema se ha visto agudizado en los últimos años por el alto porcentaje de alumnos desviados a estudios no deseados (González Tirados, 1991).

Estas tasas de abandono y fracaso en la universidad son mayores en los primeros cursos que en los últimos (Marín, 1991; García, Salvador y Zubieta, 1991; Escudero, 1987), especialmente en las carreras científicas e Ingenierías Técnicas Superiores (Latiesa, 1991; González Tirados, 1991; Ferreyra y González, 2000). Por ejemplo, el informe resultante de la evaluación de la Licenciatura en CC. Biológicas de la Universidad de Alcalá, realizada en el marco del Plan Nacional de Evaluación de la Calidad de las Universidades (López Caballero, García Corrales, Peinado, Fominaya, López-Fando, Gombao, Sastre, Calvo, Llull y Martínez del Valle, 1997), señala que de una muestra inicial de 3475 alumnos matriculados en el Primer curso de Ciencias Biológicas (Curso 1995/ 1996) sólo un 62% se presentó a los exámenes correspondientes a las asignaturas troncales y obligatorias del Primer Ciclo. De éstos a su vez aprobó en la primera convocatoria el 67%, es decir solamente un 41% del total de matriculados. Las tasas de éxito descienden en sucesivas convocatorias: por ejemplo, solamente aprobaron el 47% de los presentados a la segunda. Sin embargo, en el Segundo Ciclo se alcanza el 88% de aprobados para

los presentados a la primera convocatoria de las asignaturas troncales (78% sobre los matriculados). Resultados similares son apuntados por Escudero (1987).

En otros sistemas educativos, como el argentino o el norteamericano, existe una preocupación similar por el descenso del número de alumnos matriculados en cursos introductorios de Física, por la falta de persistencia en el estudio de la disciplina a lo largo de las licenciaturas y por el declive de las actitudes favorables hacia la Física y su estudio (Brouwer y Austen, 1985; Coleman, Holcomb y Rigden, 1998; Ferreyra y González, 2000; Tobias, 1992, 2000). En lo que respecta a la formación inicial, Halloun y Hestenes (1985) destacan que las bajas puntuaciones obtenidas en una prueba inicial de conocimientos de Física y Matemáticas sugieren que los alumnos universitarios están inclinados a interpretar erróneamente lo que ven y oyen en clase.

Este fracaso en los estudios de Física o de Ciencias en general ha sido atribuido a diferentes factores, unos de tipo instruccional, como métodos de enseñanza obsoletos o evaluaciones inadecuadas (Ferreyra y González, 2000), y otros de tipo personal, como preparación inicial insuficiente de los alumnos o desinterés por la materia, (Brincones, Otero, López, Cuerva y Jiménez, 1995; Cámara, Ponce, Díaz de la Cruz y Scala, 1993). Precisamente, en relación con las medidas de mejora de la situación, una parte de las investigaciones se ha centrado en la preparación inicial de los alumnos. Se buscan predictores del rendimiento en la universidad con el objetivo de diseñar una mejor selección del alumnado (Tourón, 1984; Escudero, 1984, 1987; González y López, 1985; Goberna, López y Pastor, 1987). Esta debería ser una de las funciones prioritarias de las pruebas de selectividad. Sin embargo, muchos resultados señalan la escasa capacidad predictiva de estas pruebas: por sí mismas sólo explican el 6% de la varianza en el rendimiento universitario (Escudero, 1984). Ello parece indicar que en los primeros cursos universitarios “al aumentar la homogeneidad intelectual son otros factores no intelectuales los que contribuyen a la predicción del rendimiento” (González y López, 1985). Sin embargo, las calificaciones en los estudios de BUP y COU predicen mejor el rendimiento en la universidad: Escudero (1984) encontró que las correlaciones entre estas calificaciones y las correspondientes al primer curso de universidad varían entre 0,48 y 0,60. González y López (1985) en una revisión de estudios

nacionales e internacionales encontraron una correlación media de 0,55, y Tourón (1984) encontró correlaciones de 0,71 a 0,78.

González Tirados (1989), en el estudio de seguimiento realizado en los alumnos que ingresaron en las E.T.S. de Ingenieros Industriales y de Minas en los cursos 1984/85 y 1985/86, y en lo que respecta a la asignatura de Física, ha encontrado que es la asignatura que despierta menos interés en los alumnos (sólo siente bastante o mucho interés por ella el 57% de los estudiantes) y, junto con el cálculo, la asignatura en que los alumnos consideran que sus profesores son menos justos a la hora de calificar (59% de los estudiantes). Entre las razones aportadas para explicar su bajo rendimiento, la mayoría de los alumnos de Industriales destaca que *“el temario es muy denso, amplio y excesivo”*, mientras que los de Minas acusan *“poca claridad en las explicaciones, clases aburridas y poco motivadoras”*, señalando también que *“no existe mucha relación entre lo que explican los profesores en clase y lo que posteriormente exigen en los exámenes”*.

Tobias (1992), en su análisis de la situación de la Física Introdutoria en las Universidades USA, señala puntos conflictivos como el ritmo de las clases, los propósitos conflictivos de las cursos (una introducción al área, una base para una carrera investigadora, erradicar “errores conceptuales”, etc.), las actitudes del profesorado, el diseño de exámenes y las técnicas de calificación, el tamaño de la clase y la presentación exclusiva del material nuevo en clases magistrales.

Coleman, Holcomb y Rigden (1998) en sus conclusiones sobre los resultados del *“Introductory University Physics Project 1987-1995”* afirman que los alumnos *“reclaman una coordinación clase-laboratorio y critican con fuerza la ausencia de relación entre ambos”* *“lo que funciona son los laboratorios cortos, enfocados, con informes escritos mínimos y significativos, coordinados con la clase magistral y que les ayuden a comprender la Física”*. Los alumnos también señalan como *“combinación mortal”*, la combinación de conceptos físicos nuevos con técnicas matemáticas no familiares, así como la acumulación de diversas técnicas matemáticas (derivadas parciales, números complejos y tres dimensiones pueden llevar al alumno al abandono del tema). También recomiendan un examen profundo de lo que realmente extrae el alumno de la lectura o escucha de deducciones

extensas y de si dichas deducciones son esenciales para un buen diseño de la instrucción, recomendando hacer un seguimiento de cómo los alumnos utilizan realmente el libro de texto (uso que puede ser muy diferente de cómo lo imagina el profesor).

Readish, Saul y Steinberg (1998) señalan que los profesores del curso de Física Introductoria intentan que los alumnos desarrollen destrezas, actitudes y confianza en hacer Ciencia ellos mismos, pero *“los estudiantes buscan ‘eficiencia’ y emplean el tiempo en memorizar hechos y algoritmos para resolver los problemas”* (lo que ellos consideran eficiente) y *“logran un conocimiento superficial, que depende del tiempo y se olvida rápidamente”*. También esperan *“que sus alumnos tomen buenos apuntes, los trabajen con cuidado y, cuando la Física empiece a ser difícil, usen técnicas diversas para dar sentido al material (trabajar los ejemplos de libro, intentar problemas adicionales, hablar con los colegas, etc.)”*; pero *“pocos alumnos toman buenos apuntes y, los que lo hacen, raramente los miran”* y, ante situaciones de conflicto cognitivo, *“muchos alumnos no saben qué hacer”*. Otros resultados importantes de su estudio es que, como consecuencia de un semestre de instrucción, en todas las escuelas estudiadas se observa un *“aumento en las respuestas no favorables y un descenso en las favorables, produciéndose una deterioración media más que una mejora de las expectativas del alumno”*. El efecto es mayor en esfuerzo: *“al final del semestre los estudiantes sienten que no han hecho tanto esfuerzo como esperaban al principio del mismo”*.

1.2. Estado de la situación en la Universidad de Alcalá.

Estos resultados llevaron a estudiar, en una investigación previa, una de las posibles causas de las altas tasas de fracaso en las asignaturas de Física de los primeros cursos de la Universidad: la congruencia entre la formación en Física prevista por los profesores universitarios y la formación real de los alumnos que acceden a la Universidad de Alcalá y a la E.T.S.I. Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (Brincones, Otero, López, Cuerva y Jiménez, 1995; Otero, Brincones, Cuerva, Gutiérrez, Cámara, Ramiro, Ponce y Díaz de la Cruz, 1996). Algunas de las dificultades que se encontraron en esta primera investigación

consisten en carencias de conocimientos básicos de Matemáticas (por ejemplo, cálculo vectorial), problemas de comprensión del lenguaje matemático de la Física (por ejemplo, utilización del razonamiento proporcional inverso), dificultades en el uso de destrezas científicas que exigen rigor y atención (por ejemplo, estrategias de resolución de problemas, cambio de unidades) y carencias importantes respecto al trabajo experimental (desconocimiento de las características de un diseño experimental). Otros resultados encontrados se refieren a la parcialidad de las pruebas de selectividad en el examen de los objetivos de formación inicial considerados esenciales por los profesores de Física del primer curso de Universidad encuestados, así como el hecho de que las expectativas de algunos profesores sobre la formación de los alumnos estén por encima de la realidad de estos alumnos.

Un segundo estudio efectuado en las Universidades de Alcalá y Burgos se propuso comprobar en qué medida el éxito en pruebas de Física realizadas antes de iniciar el curso universitario predice el éxito en las asignaturas de Física del primer curso (Pérez de Landazábal, Bilbao, Otero y Caballero, 2000). El estudio consistió en una nueva recogida de información sobre los conocimientos de Física de los alumnos que ingresan en la Universidad e incluye también un estudio de la validez predictiva, tanto de la prueba diseñada en el estudio como de la prueba de selectividad, por comparación con los resultados obtenidos en las asignaturas de Física del primer curso universitario.

De los resultados de este segundo estudio se desprende que, a pesar de que la formación en Física recibida por los alumnos es teóricamente adecuada puesto que más del 70% de los alumnos de la muestra ha estudiado Física en todos los cursos propuestos en el diseño curricular oficial, siin embargo más del 40% de alumnos en cualquier facultad o escuela, con excepción de Medicina, reconoce tener una satisfacción muy baja o baja con sus conocimientos. Las deficiencias en la formación de los alumnos no solamente se ponen de manifiesto en medidas subjetivas como la que resulta de su propia percepción, sino en los resultados de la prueba. Se observan deficiencias importantes, especialmente en las tareas categorizadas como *Destrezas científicas*, que replican los obtenidos en las evaluaciones anteriores. Podría concluirse por tanto que la superación de las

asignaturas de Física en la Enseñanza Secundaria no garantiza la formación que teóricamente sería apropiada para encarar los estudios universitarios.

El segundo resultado importante de este estudio modera la conclusión anterior: las bajas correlaciones encontradas (algunas de ellas no significativas) indican que, cualquiera que sea la formación inicial en Física de los alumnos de las licenciaturas estudiadas, las diferencias encontradas en esta formación explican muy poco la variabilidad en los resultados de las asignaturas de Física de primer curso. El resultado se extiende también al bajo valor predictivo de la calificación de selectividad, en concordancia con los resultados de las investigaciones que se mencionaron anteriormente. Las mejores o peores calificaciones en las asignaturas de primer curso parecen deberse a otros factores, posiblemente relacionados con el aprovechamiento de los estudios en este primer curso, que son independientes de las diferencias en la formación inicial del alumno tal como se mide por pruebas como la de selectividad o nuestra prueba inicial. Parece que, una vez seleccionados los alumnos para acceder a una licenciatura, el éxito en los exámenes de las asignaturas depende de otros factores distintos de la formación inicial que tuviesen. Una posible hipótesis, como señala Escudero (1987, pag. 272), es que la superación de la calificación de ingreso exigida en las Facultades de Medicina y CC. Biológicas, implica haber alcanzado un cierto umbral de capacidad, *“por encima del cual son otras las variables que mejor predicen y condicionan el rendimiento”*.

Ante la multiplicidad de los factores que pueden influir en el rendimiento del alumno que se matricula en la Física del primer curso, la presente investigación ha optado por efectuar una exploración de la percepción que dichos alumnos y sus profesores tienen sobre los factores más influyentes en el rendimiento en las asignaturas de Física.

1.3. Objetivos

El objetivo principal del estudio es identificar las dificultades que encuentran los alumnos para superar la evaluación de la Física en primero de Universidad, así como las causas de esas dificultades en opinión de alumnos y profesores.

En particular se trata de:

1. Explorar los factores que, en opinión de alumnos y profesores, producen el fracaso existente en las asignaturas de Física del primer curso universitario.
2. Detectar las dificultades metodológicas y cognitivas con que se encuentran los alumnos en el estudio de la Física durante el primer año de Universidad.

A la vista de los resultados obtenidos en investigaciones previas, se prestará atención especial a dos sub-objetivos:

- 2.1. Analizar los contenidos en que fijan su atención los alumnos durante las clases a partir del análisis de los apuntes que toman en las mismas.
 - 2.2. Explorar el tipo de dificultades que encuentran los alumnos en sus exámenes.
 - 2.3. Analizar el tipo de estrategias que utilizan los alumnos durante su trabajo en el laboratorio.
3. Sintetizar los fallos que los profesores de primer curso de Física encuentran en la formación de sus alumnos y que, en su opinión, provocan el fracaso en la asignatura.

CAPÍTULO 2. FACTORES RELATIVOS A LOS ALUMNOS.

ENCUESTA DE OPINIÓN A LOS ALUMNOS.

2.1. Entrevista inicial

El primer paso para la exploración de la opinión de los alumnos sobre los factores que pueden afectar su rendimiento en la asignatura de Física fue una entrevista informal con una veintena de alumnos de la asignatura Física de los Procesos Biológicos de la Facultad de Ciencias de la UAH. La entrevista fue realizada por un investigador ajeno a la docencia de la asignatura para que los alumnos no se sintiesen coartados al expresar sus opiniones.

Los factores indicados por los alumnos en esta consulta informal se pueden agrupar en tres categorías:

a) *FACTORES RELATIVOS A CONDICIONAMIENTOS ACADÉMICOS*

Los alumnos opinan que,

- Existen demasiadas asignaturas por curso.
- El programa es demasiado amplio para un cuatrimestre.
- Son preferibles cinco años a cuatro para realizar la carrera.
- Entre clases, laboratorios y, en algunos casos, traslados desde su vivienda, tienen poco tiempo para estudiar.
- El horario no es adecuado: las clases "difíciles" (Física y Matemáticas) están a última hora, cuando están más cansados.
- Adaptación COU – UNIVERSIDAD:
 - Una mayoría no opta por Física en COU sino que elige Geología porque:
 - Al ser más fácil, se puede conseguir mejor nota y mayor posibilidad de acceder a la Universidad.
 - Si necesitan la Física para primero de Universidad, también necesitan la Geología para segundo curso.

- Los que han cursado Física (sólo 4 de los 15 alumnos presentes) consideran que los contenidos de COU (cinemática y dinámica, principalmente) no están relacionados con los de primero.

b) FACTORES RELATIVOS AL PROFESOR

Los alumnos opinan que,

– Teoría:

- Los profesores no adecuan el temario al tiempo disponible.
- Los profesores hacen aburrida la asignatura.
- Los profesores imparten la asignatura suponiendo que el alumno ha estudiado Física en COU.
- La Física es demasiado abstracta y el profesor no les da posibilidades de conectarla con la realidad.
- Cuando tienen una duda los profesores les remiten al libro, pero para ellos no se trata de una revisión, sino del estudio inicial del tema. Tampoco entienden el libro.
- El ritmo de clase es demasiado rápido. La primera media hora intentan seguir el discurso de clase pero, cuando se pierden porque no entienden nada, o se limitan a copiar (los más interesados) o abandonan.
- La síntesis que presenta el profesor resulta demasiado reducida.

– Problemas

- Se hacen pocos ejercicios prácticos en clase.
- Poca concordancia entre los dos profesores. Esperan que el segundo de más aplicaciones y vuelve a dar más teoría. Solo 2 ejercicios prácticos para 6 temas

– Laboratorio

- El laboratorio es un recetario no relacionado con la teoría.

– Evaluación

- Existe un desajuste entre el contenido de clase (prácticamente teoría) con lo que se evalúa (práctica, problemas, razonamiento).

- El nivel exigido en el examen es muy superior al impartido en las clases. Y es mayor en septiembre que en febrero, con lo cual gastan dos convocatorias de las cuatro que tienen.
- Interacción Profesor - Alumno
 - Los profesores no están interesados en que aprendan. Hablan en clase y se marchan, o les remiten al libro.
 - A uno de los profesores no le gustan las preguntas. Después de varias preguntas se molesta, coartando de esta forma las preguntas. Hace que los alumnos se consideren entonces ridículos, aunque todos están prácticamente en las mismas condiciones.

c) *FACTORES RELATIVOS AL ALUMNO*

Los alumnos opinan que,

- La formación inicial es deficiente al no haber optado por Física en COU.
- La Física no es interesante.
- No hay relación entre las prácticas de laboratorio y los estudios posteriores, y por tanto no tienen interés.
- No se consideran capaces de aprobar, aunque se esfuercen.
- Memorizan en vez de razonar, porque no entienden. Encuentran problemas incluso en el manejo de unidades.
- No están familiarizados con la evaluación por test de opción múltiple.

Los alumnos entrevistados hicieron también algunas sugerencias sobre medidas de mejora en el proceso de enseñanza:

- Repasar previamente los conceptos básicos.
- Hacer más ejercicios acompañando la teoría. Algunos estarían dispuestos a seminarios adicionales; otros no pues se consideran demasiado agobiados con el tiempo.
- Que el profesor resuelva en la pizarra (no con transparencias) los ejercicios, para que puedan seguirse mejor, explicando los pasos, e indicando cómo van saliendo las unidades.

- Dar tiempo para resolver los problemas en casa, antes de corregirlos en clase.
- Dar fotocopias de las transparencias para que no tengan que copiarlas y puedan seguir el desarrollo centrándose en la comprensión.
- Hacer, antes del examen, algún ejercicio tipo test para que se familiaricen con el sistema.
- Explicar el interés que tienen las prácticas para la carrera y la profesión.

A partir de estas sugerencias realizadas por los alumnos, se diseñó un cuestionario con 30 preguntas agrupadas en las tres categorías que se acaban de indicar. Este primer cuestionario (véase Anexo I) se utilizó durante el curso 1998/1999 con los alumnos de “Física de los Procesos Biológicos” (FPB) de la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Alcalá de Henares.

El cuestionario, con ligeras modificaciones que se explican más adelante, fue utilizado también con alumnos de “Física Ambiental” (FA) de la facultad de Ciencias Ambientales, durante el curso 1999/2000. En primer lugar se presentan los resultados correspondientes a FPB y después los de FA.

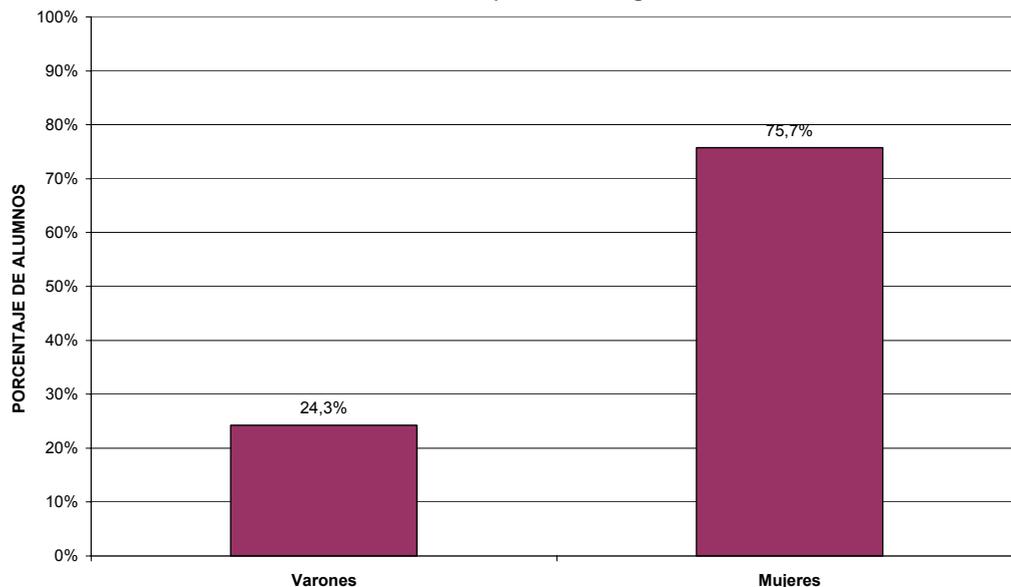
2.2. Resultados de la encuesta de “Física de los Procesos Biológicos.”

El cuestionario fue aplicado por los propios profesores de la asignatura de “Física de los Procesos Biológicos” en Enero de 1999, durante las últimas semanas de clase de esta asignatura cuatrimestral. Fue completada de forma voluntaria por un total de 136 alumnos. Los resultados más importantes son los siguientes:

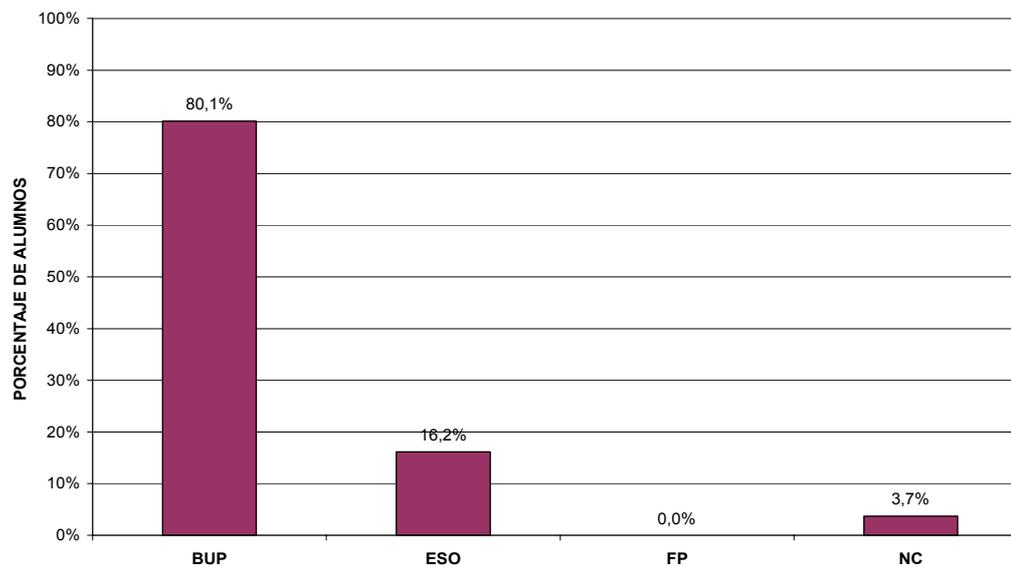
a) Características de los alumnos de Física de los Procesos Biológicos:

- El 76% de los alumnos de la muestra son chicas (Figura 2.1).
- El 80% de los alumnos que respondieron la encuesta provienen de los estudios de Bachillerato Unificado Polivalente y solamente un 16% ha cursado Educación Secundaria Obligatoria (Figura 2.2).

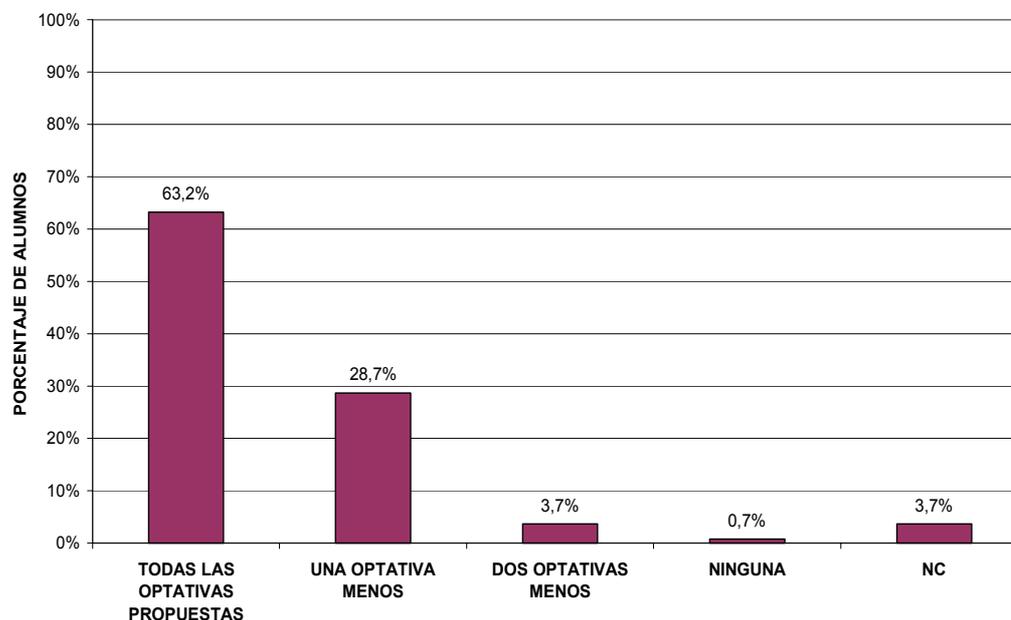
**Figura 2.1. Distribución por sexo de los alumnos.
Física de los procesos biológicos**



**Figura 2.2. Tipo de estudios cursados por los alumnos.
Física de los procesos biológicos**

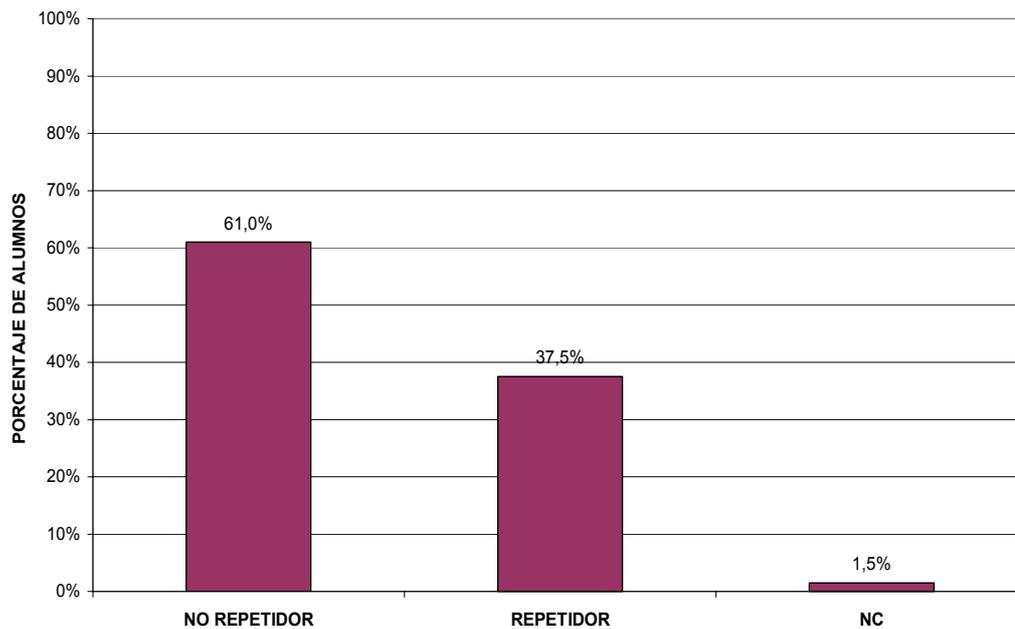


**Figura 2.3. Asignaturas optativas de Física cursadas por los alumnos.
Física de los procesos biológicos**

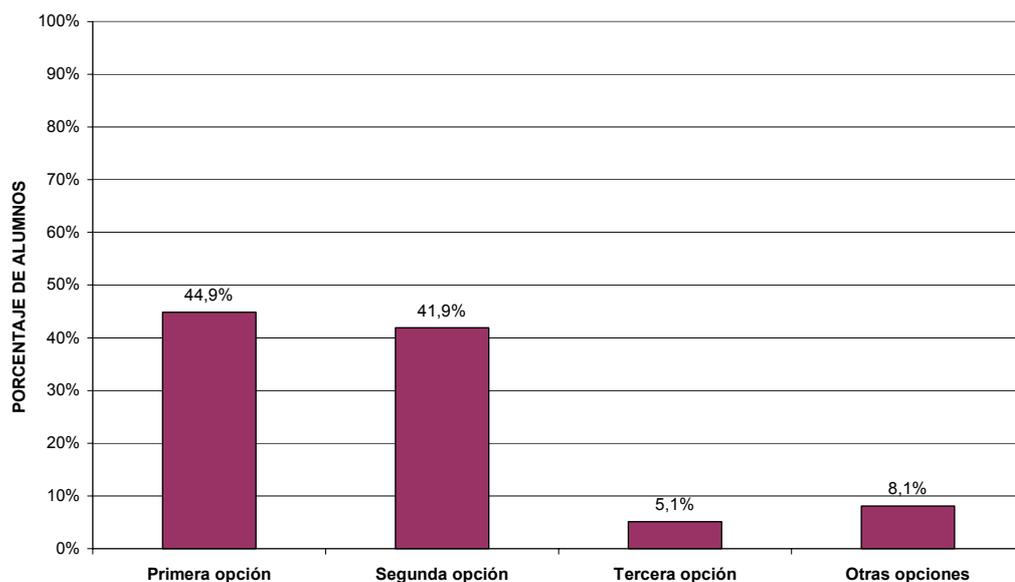


- El 63% ha cursado todas las asignaturas optativas de Física propuestas en la Enseñanza Secundaria y un 29% ha cursado una optativa menos de las previstas (Figura 2.3).
- Un 37% de la muestra repite la asignatura (Figura 2.4).
- Un 45% de los alumnos ha elegido la carrera de Ciencias Biológicas en primera opción y un 42% en segunda opción (Figura 2.5).

**Figura 2.4. Distribución de alumnos repetidores/ no-repetidores
Física de los procesos biológicos**



**Figura 2.5. Número de orden de la carrera de Ciencias Biológicas en sus preferencias
Física de los procesos biológicos**

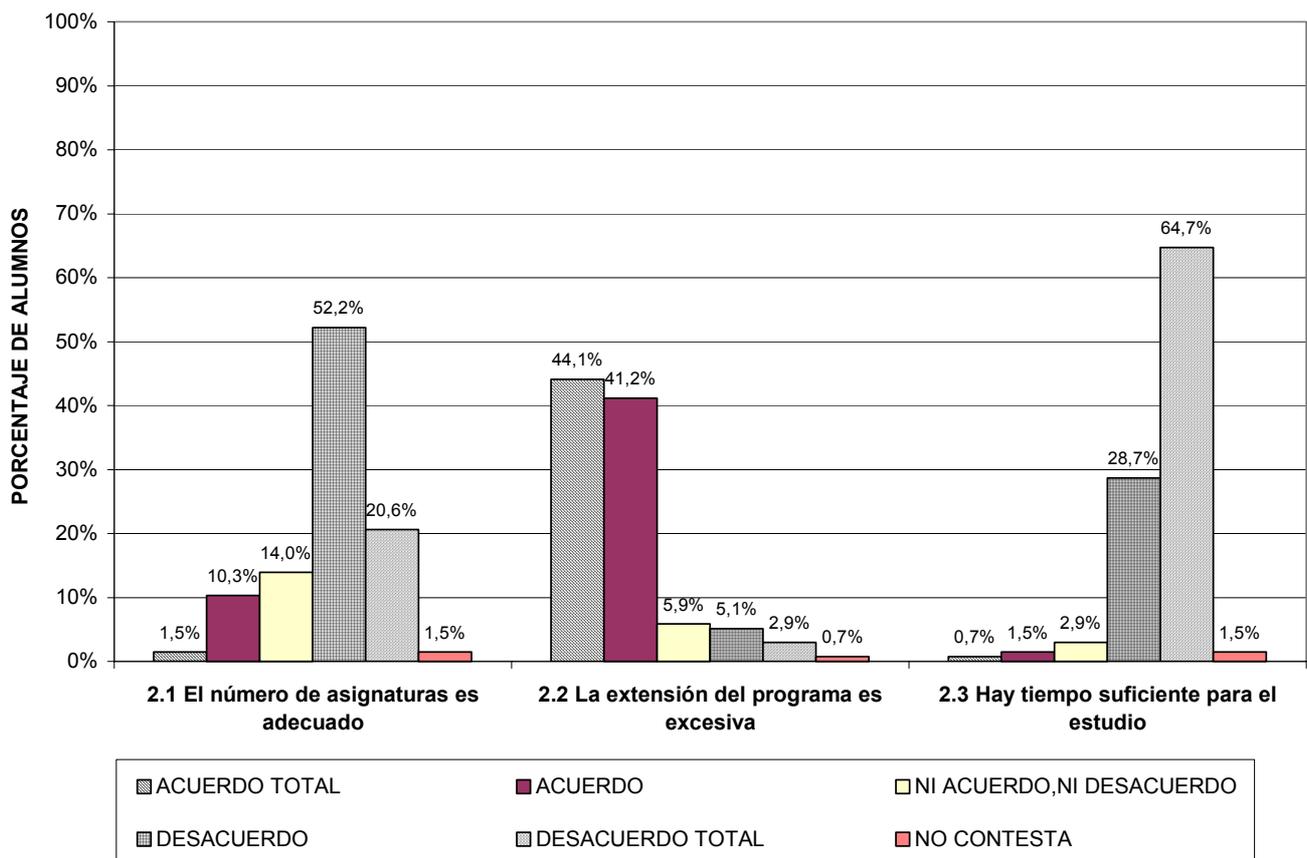


b) Factores relativos a condicionamientos académicos:

Con objeto de facilitar la síntesis de los resultados más importantes agrupamos aquí los porcentajes de respuestas “acuerdo total” y “acuerdo” bajo una única etiqueta de “acuerdo”, y “desacuerdo total” y “desacuerdo”, bajo la etiqueta “desacuerdo”. En ese caso se encuentra que,

- El 93% está de acuerdo en que las clases y los laboratorios no les dejan tiempo suficiente para el estudio (Histograma 2.3 de la Figura 2.6).
- Un 73% está de acuerdo en que el número de asignaturas por cuatrimestre es excesivo, y que el programa es muy extenso para el tiempo de clase (85%) (Histogramas 2.2 y 2.1 de la Figura 2.6).

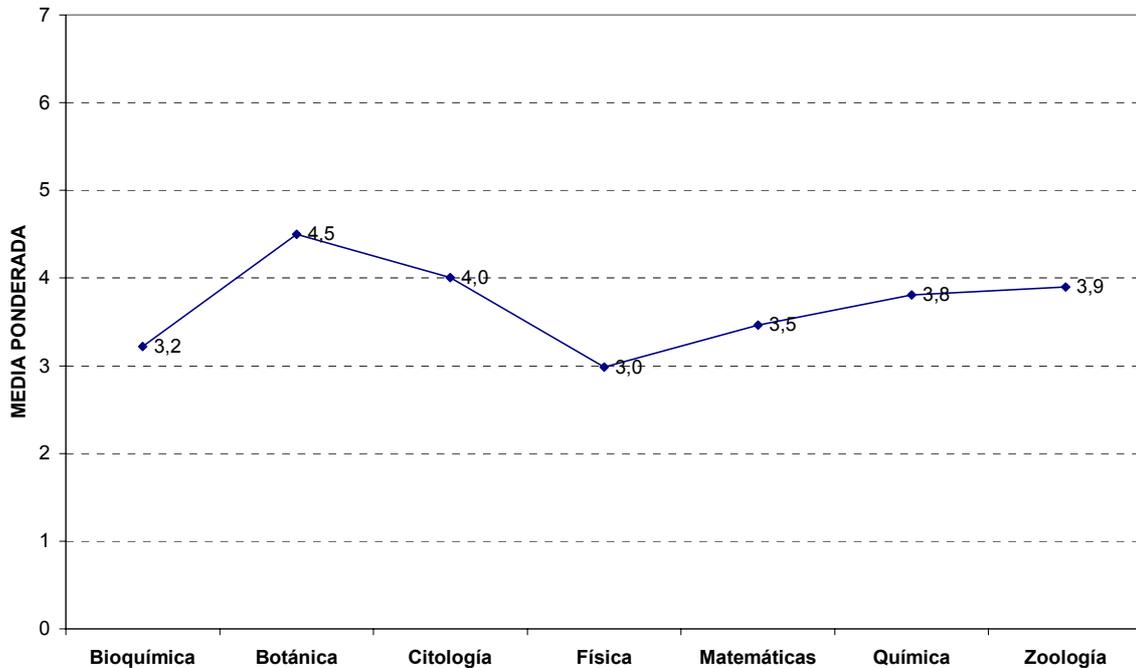
Figura 2.6. Opinión de los alumnos sobre los condicionamientos académicos.
Física de los procesos biológicos



- En lo que respecta al orden horario de las asignaturas, la dispersión de las respuestas de los alumnos determina que los valores medios del orden horario para todas las asignaturas oscile entre el lugar 3,0 y el 4,5. De

cualquier modo la FPB tiene la media inferior de todas las asignaturas, indicando que los alumnos tienden a colocarla en los primeros lugares del horario diario (Figura 2.7). Esta pregunta se eliminó del cuestionario para aplicaciones posteriores.

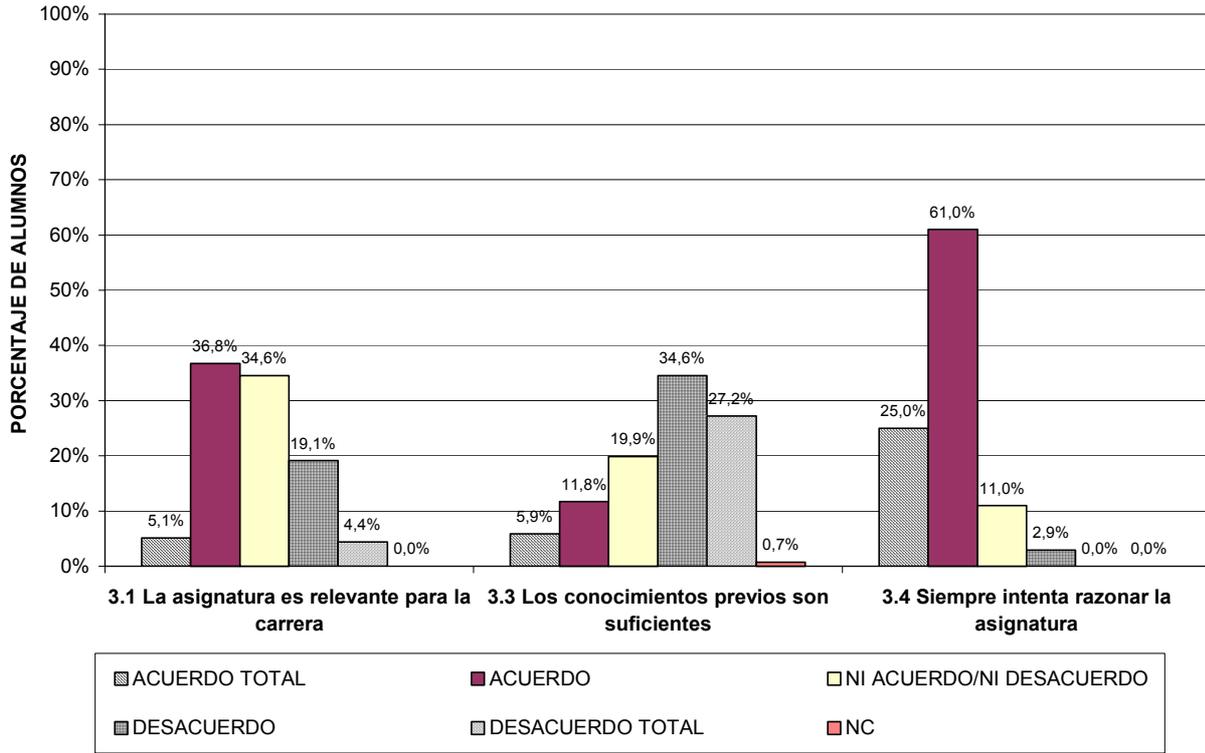
Figura 2.7. Valor medio del orden horario propuesto por los alumnos.
Física de los procesos biológicos



c) *Factores relativos al propio alumno:*

- El 86% está de acuerdo en que siempre intenta razonar la asignatura cuando la estudia (Histograma 3.3. de la Figura 2.8).
- Un 62% está de acuerdo en que sus conocimientos previos no eran los apropiados para seguir la asignatura (Histograma 3.2 de la Figura 2.8).
- Sólo el 42% de los alumnos está de acuerdo en que la asignatura es relevante para la carrera (Histograma 3.1 de la Figura 2.8).
- Un 40% reconoce que no es capaz de mantener la atención durante más de la mitad de la clase (Figura 2.9).
- El 61% afirma utilizar más el libro, mientras el 35% utiliza más los apuntes (Figura 2.10).

**Figura 2.8. Opinión de los alumnos sobre sus propios condicionamientos.
Física de los procesos biológicos**



**Figura 2.9. Porcentaje de tiempo de atención de los alumnos en clase de
Física de los procesos biológicos**

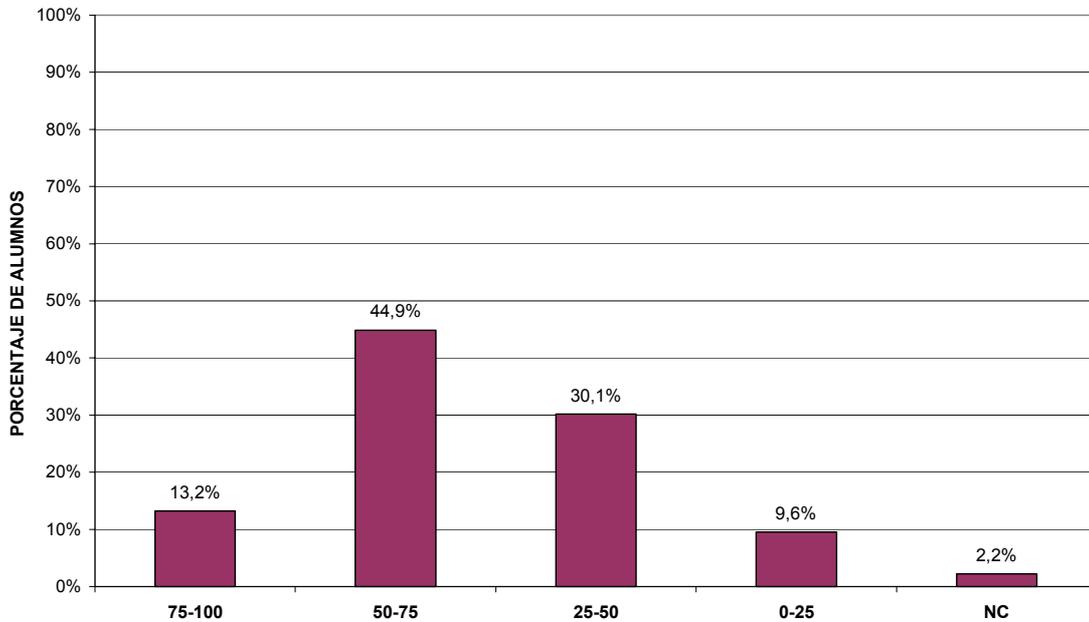
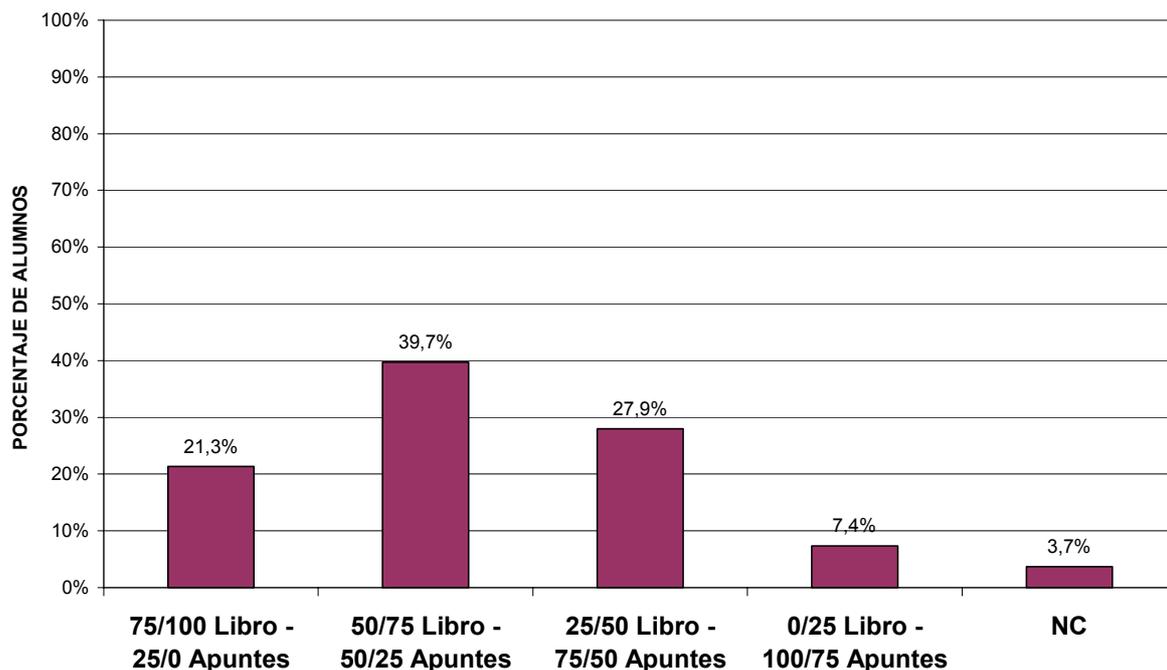
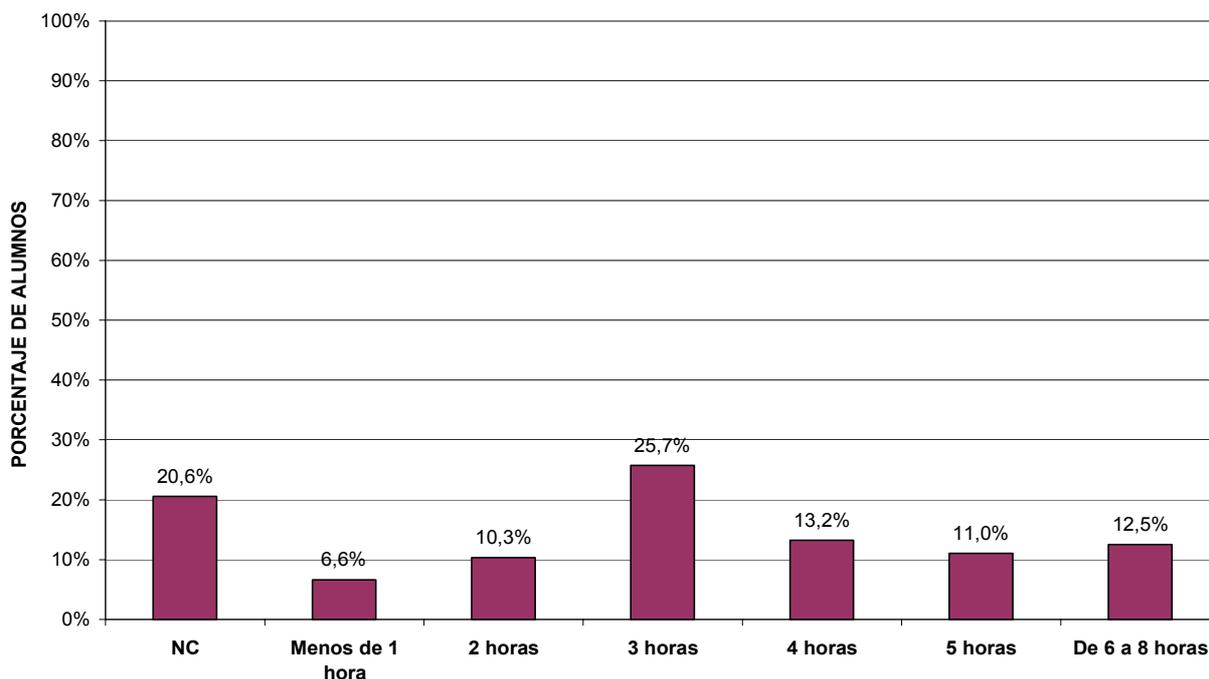


Figura 2.10. Importancia relativa del estudio por libro y por apuntes en Física de los procesos biológicos

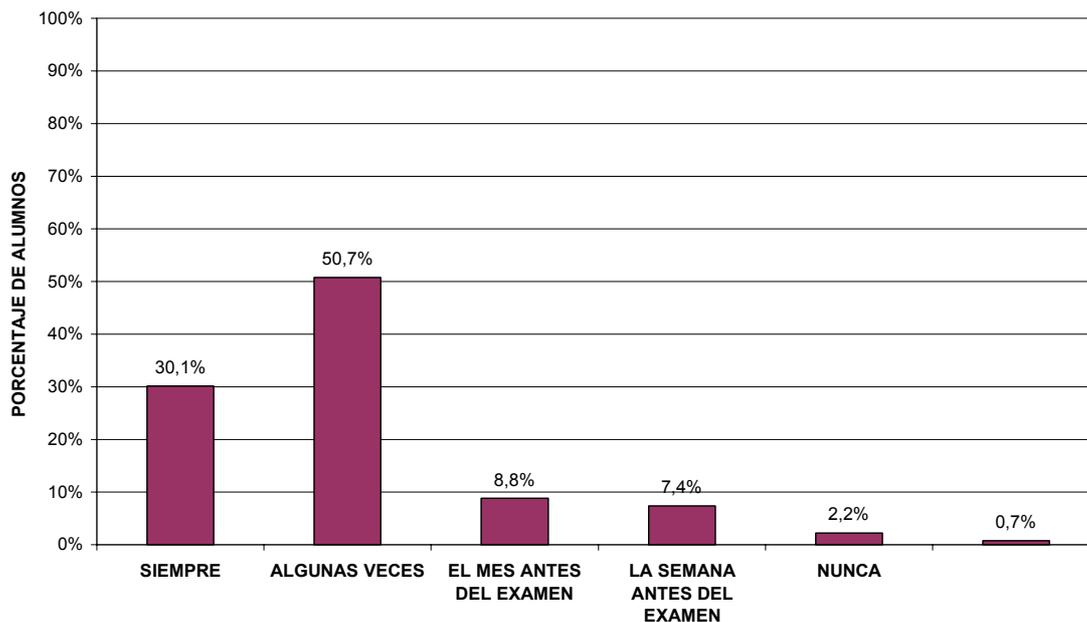


- Del 80% de alumnos que responde la pregunta sobre el número de horas dedicadas al estudio de la asignatura (la que mayor número de “no contesta” presenta) más de la mitad responde entre dos y cuatro horas, y un 23% señala que cinco horas o más (Figura 2.11). Sólo el 30% afirma que estudia siempre durante el fin de semana (la moda, 51% está en el ambiguo “algunas veces”) (Figura 2.12). La redacción de estas preguntas se modificó para evitar la ambigüedad en aplicaciones posteriores (véase Anexo I).

Figura 2.11. Horas semanales dedicadas al estudio de Física de los procesos biológicos

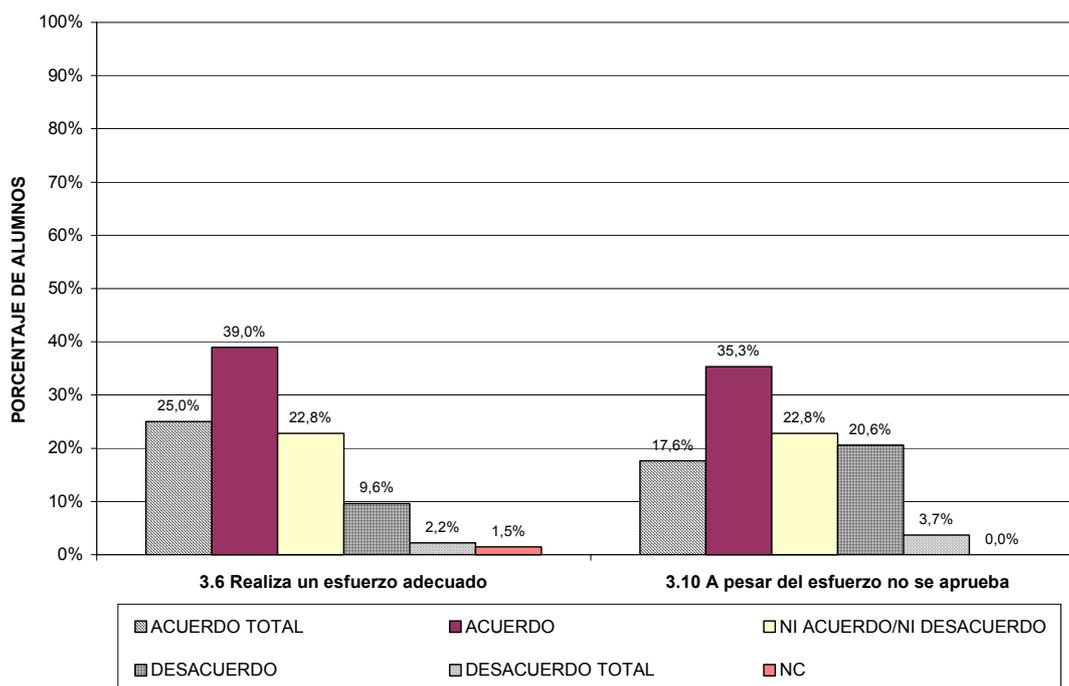


**Figura 2.12. Dedicación al estudio durante el fin de semana.
Física de los procesos biológicos**



- El 64% está de acuerdo en que hace un esfuerzo adecuado para aprobar la asignatura y un 53% opina que, a pesar del esfuerzo, no va a aprobar la asignatura. El análisis distinguiendo entre alumnos repetidores y no repetidores, o entre alumnos que afirman esforzarse o que no se esfuerzan, proporciona resultados similares: aproximadamente la mitad de los alumnos considera que a pesar de esforzarse no va a aprobar (43– 50%) (Figura 2.13).

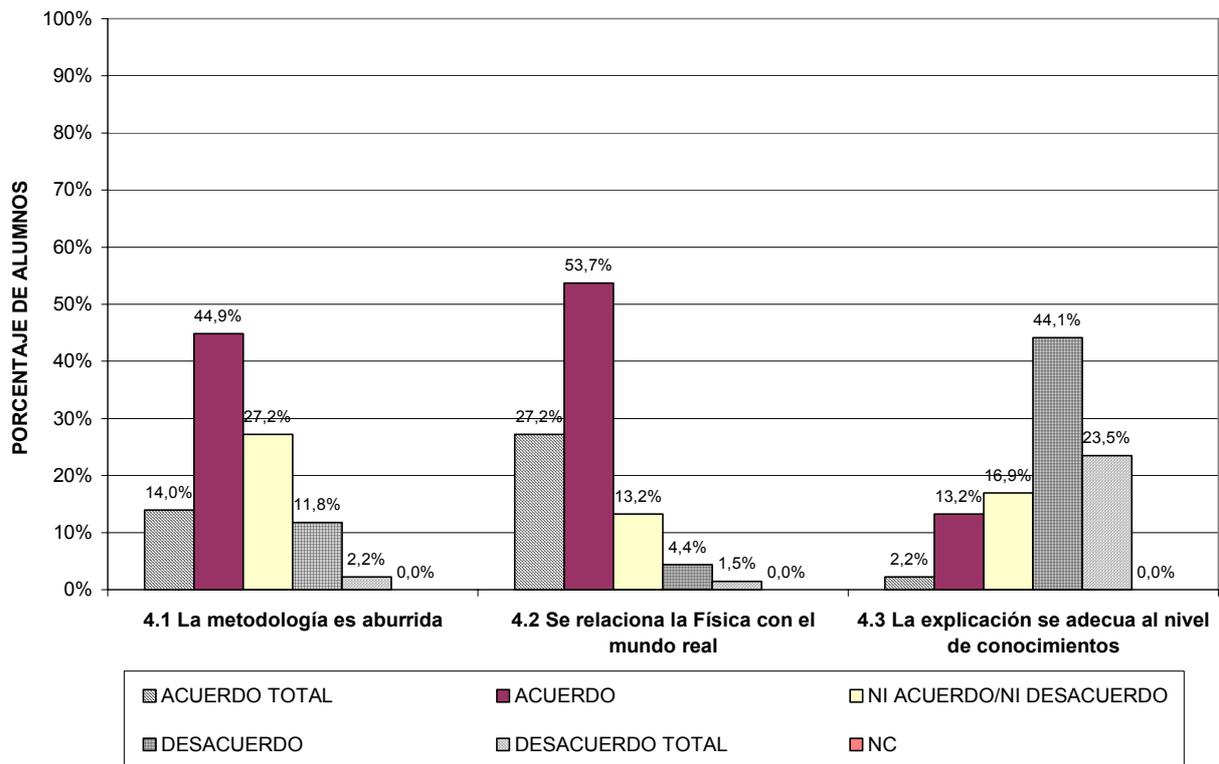
**Figura 2.13. Opinión de los alumnos sobre la eficacia del esfuerzo en el estudio.
Física de los procesos biológicos**



d) Factores relativos a la metodología

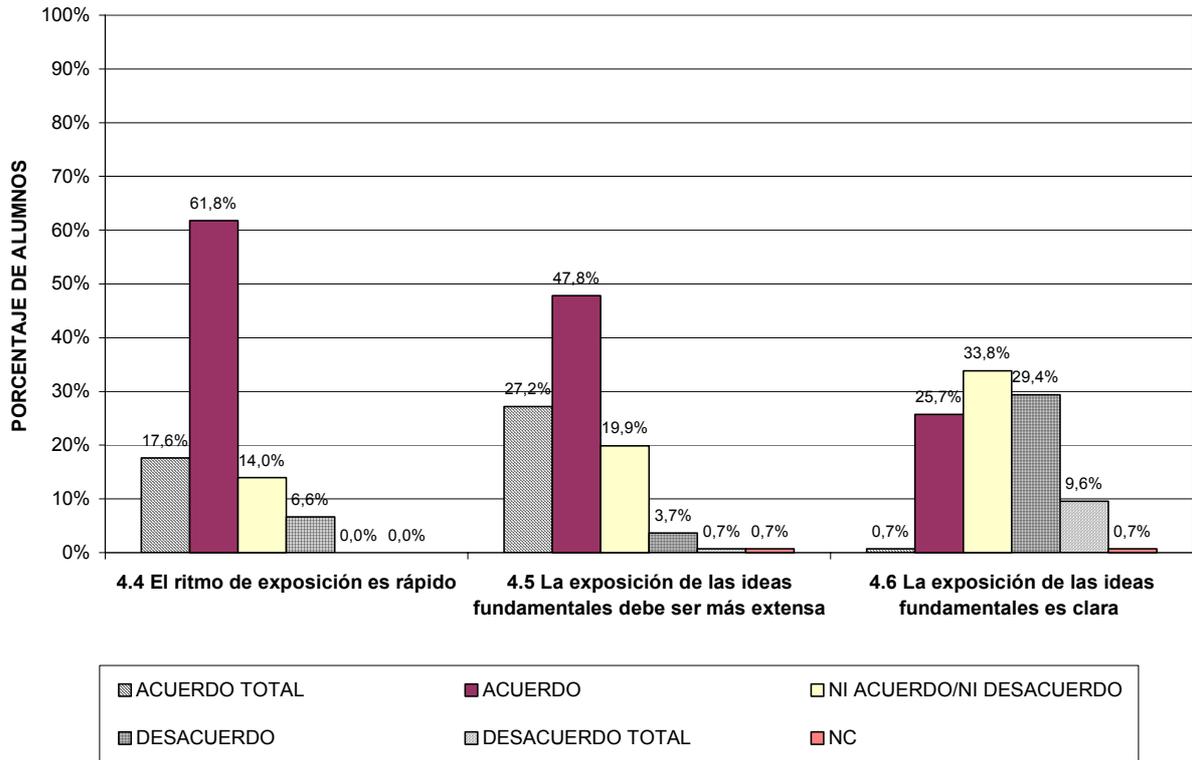
- Un 59% está de acuerdo en que la metodología utilizada resulta aburrida, aunque el 81% considera que se presenta una Física relacionada con el mundo real (Histogramas 4.1 y 4.2 de la Figura 2.14).
- Un 68% considera que los contenidos no se adecuan a su nivel de conocimientos (Histograma 4.3 de la Figura 2.14).

Figura 2.14. Opinión de los alumnos sobre la metodología del profesorado de Física de los procesos biológicos

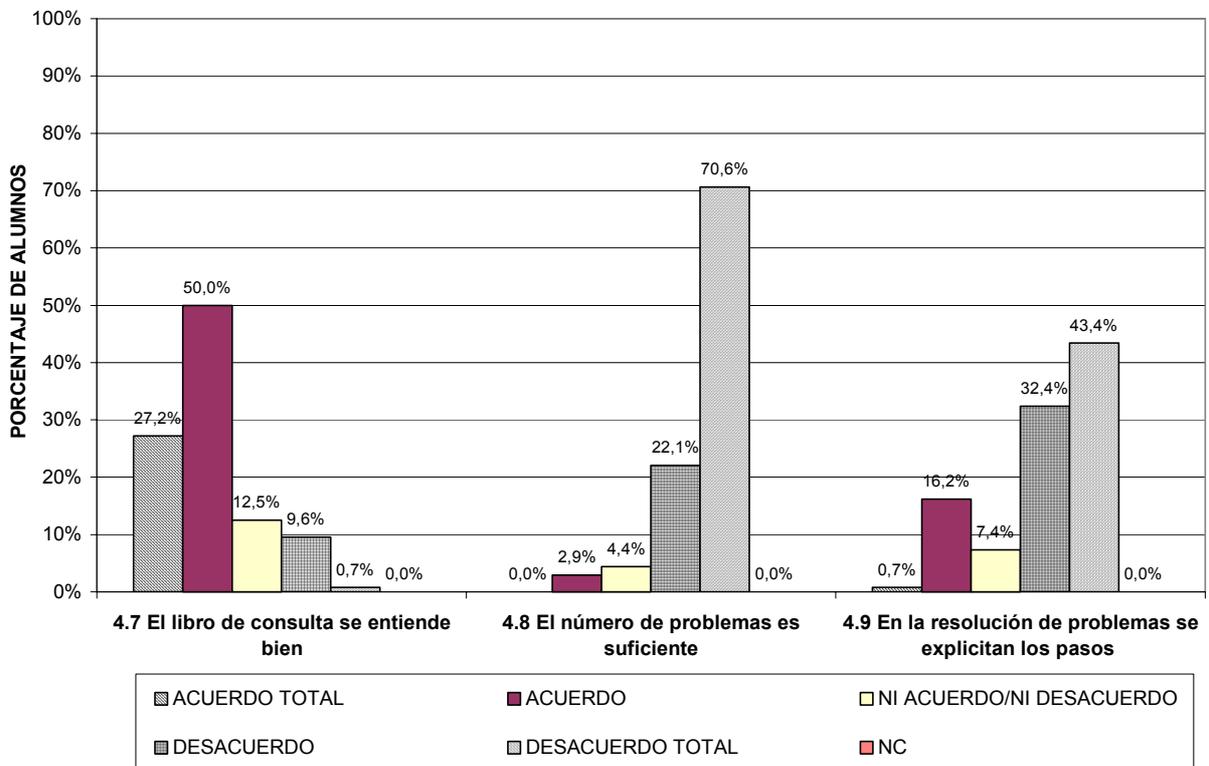


- Un 79% está de acuerdo en que es rápido el ritmo de exposición en clase y un 75% considera que la exposición de las ideas fundamentales debería ser más extensa. No hay unanimidad en cuanto a la claridad de la exposición: 26% esta de acuerdo, 39% en desacuerdo y 34% esta indeciso (Figura 2.15).
- El 77% de los alumnos está de acuerdo en que el libro de texto propuesto es adecuado (Histogramas 4.7 de la Figura 2.16).
- Hay gran unanimidad respecto a la metodología de resolución de problemas: el 93% de los alumnos está de acuerdo en que no se realiza un número suficiente de problemas y un 76% en que no se explicitan suficientemente los pasos en su resolución. (Histogramas 4.8 y 4.9 de la Figura 2.16).

**Figura 2.15. Opinión del alumnado sobre la exposición de los temas por el profesorado.
Física de los procesos biológicos**

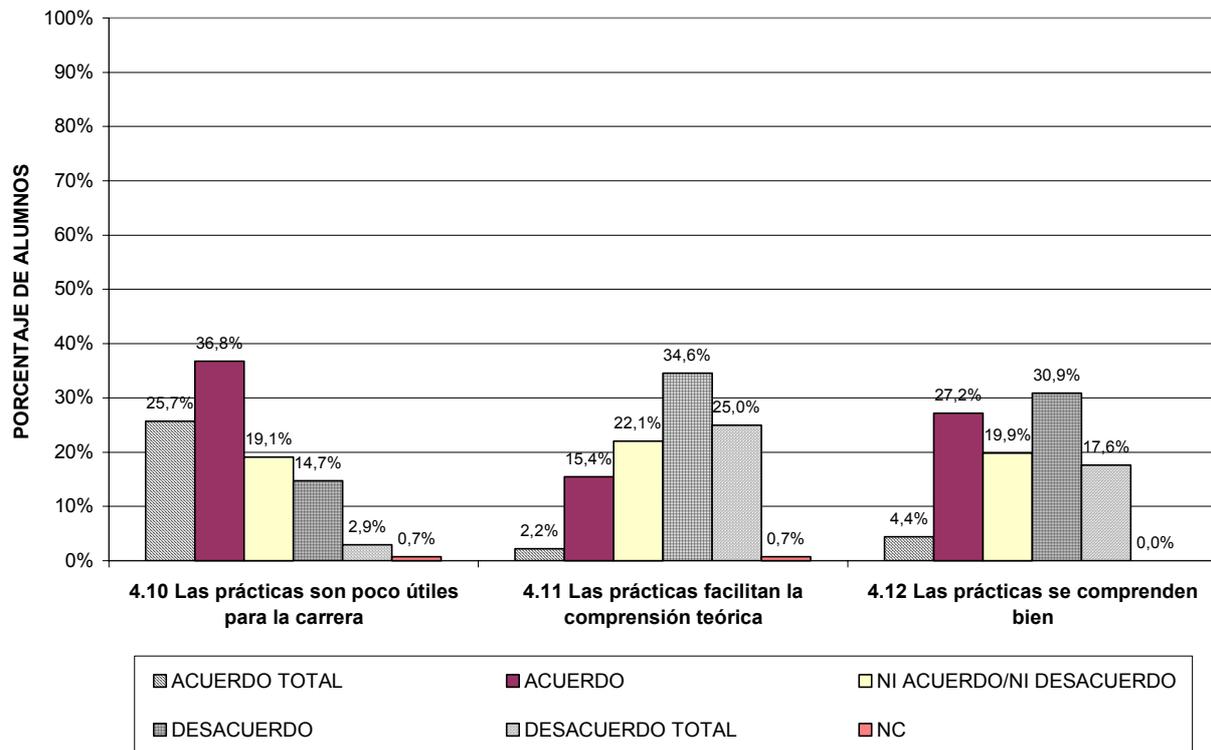


**Figura 2.16. Opinión de los alumnos sobre libros de consulta y resolución de problemas.
Física de los procesos biológicos**



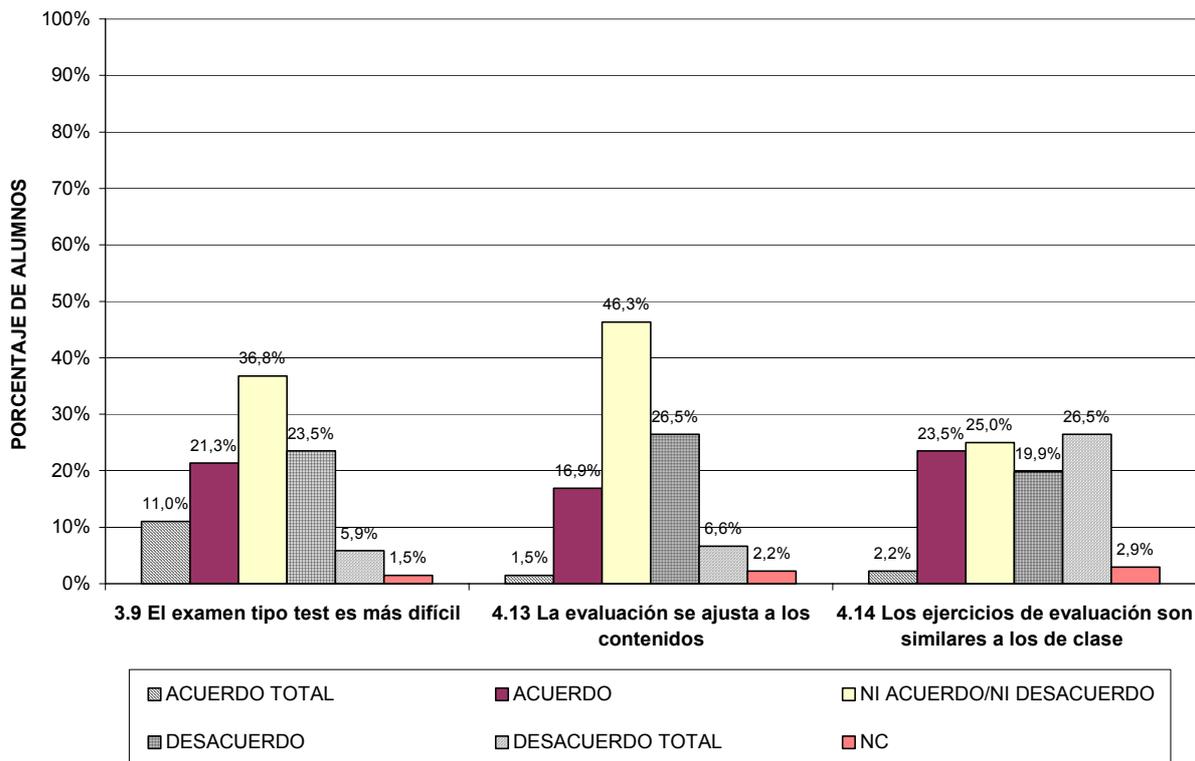
- Respecto al trabajo en el laboratorio, un 63% está de acuerdo en que es poco útil para la carrera y el 60% opina que no facilita la comprensión teórica. En la comprensión de las prácticas hay pocas diferencias: el 32% afirma comprenderlas, el 48 % no las comprende y un 20% no se pronuncia (Figura 2.17).

**Figura 2.17. Opinión de los alumnos sobre el trabajo en el laboratorio.
Física de los procesos biológicos.**

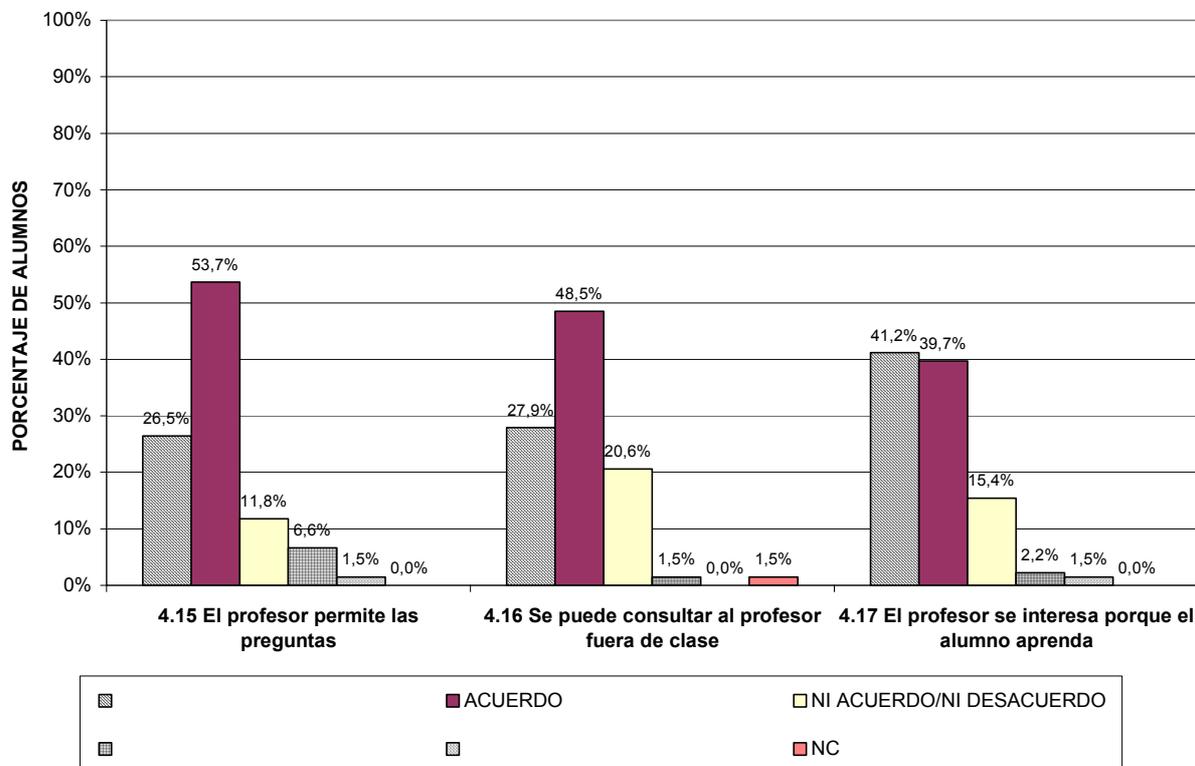


- Un 18 % está de acuerdo en que la evaluación se ajusta a los contenidos impartidos en clase, frente al 33% que está en desacuerdo. Un 46% está de acuerdo en que los ejercicios propuestos en la evaluación son más difíciles que los resueltos en clase (Histogramas 4.14 y 4.15 de la Figura 2.18). El porcentaje de alumnos que está de acuerdo en que el examen tipo test es más difícil que el de respuesta abierta no es muy superior al que está en desacuerdo (32 frente al 29%) (Histograma 4.13 de la Figura 2.18).
- El 80% de los alumnos está de acuerdo en que los profesores permiten las preguntas, el 76 % en que posibilitan las consultas fuera de clase, y el 81 % en que se interesan porque el alumno aprenda (Figura 2.19).

**Figura 2.18. Opinión de los alumnos sobre las pruebas de evaluación.
Física de los procesos biológicos**



**Figura 2.19. Opinión de los alumnos sobre la disponibilidad del profesor.
Física de los procesos biológicos**



2.3. Resultados de la encuesta de “Física ambiental”.

El análisis de la primera aplicación del cuestionario a los alumnos de FPB condujo a eliminar una pregunta relativa a las preferencias sobre el orden horario de las asignaturas pues la dispersión de resultados impedía llegar a resultados concluyentes. También se modificó la redacción de otras dos preguntas referentes a las horas de estudio durante la semana y el fin de semana, y se cambió la ubicación de algunas preguntas buscando una asociación más apropiada. La pregunta sobre si “el examen tipo test dificulta la obtención de buenos resultados” se eliminó por no ajustarse a las características del examen. Los cambios se indican también en el Anexo I.

Este cuestionario modificado fue pasado por la propia profesora a 220 alumnos de FA en las últimas semanas del curso (Junio de 2000). Las respuestas mas importantes son las siguientes:

a) Características de los alumnos de Física Ambiental:

- El 69% de los alumnos de la muestra son chicas (Figura 2.20).
- Hay un 30% de alumnos que proviene de la Educación Secundaria Obligatoria, pero siguen predominando los procedentes del Bachillerato Unificado Polivalente (Figura 2.21). Alrededor del 1% procede de Formación Profesional.

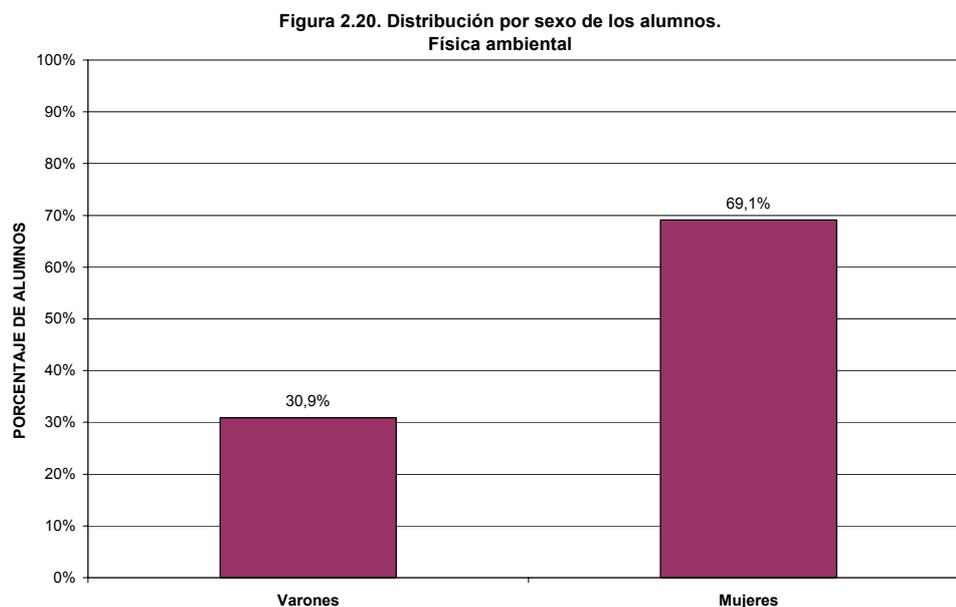
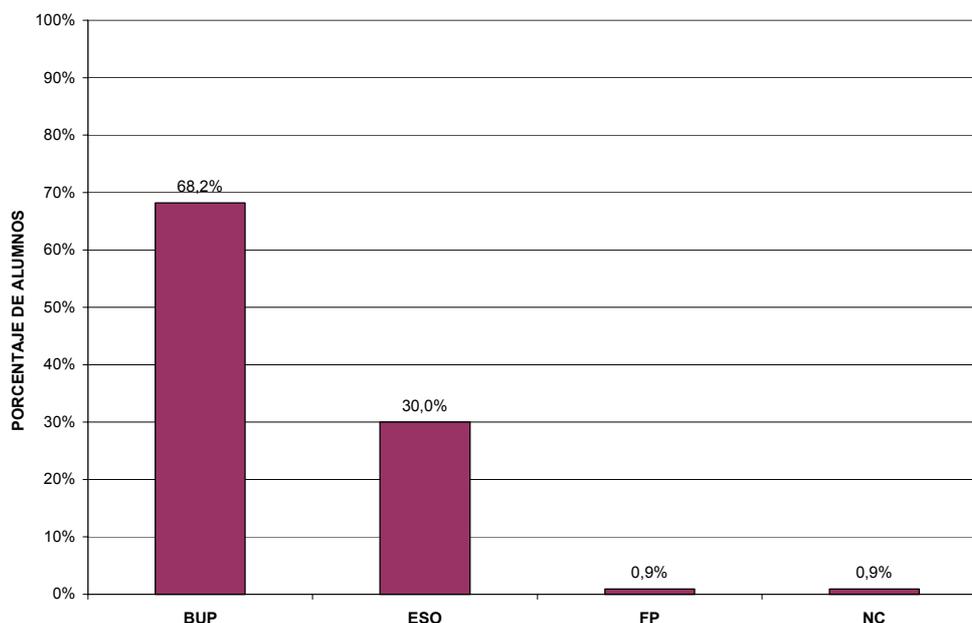
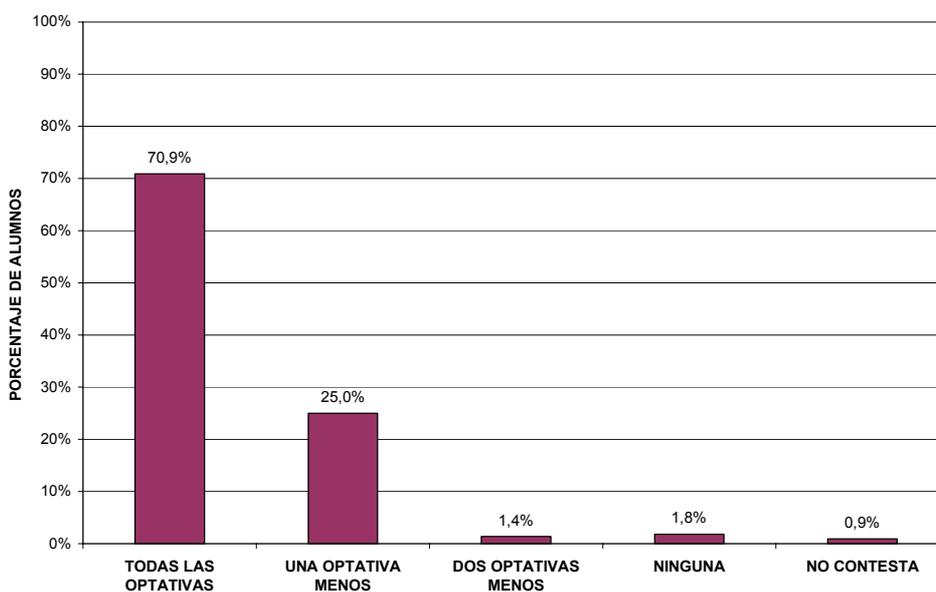


Figura 2.21. Tipo de estudios cursados por los alumnos.
Física ambiental

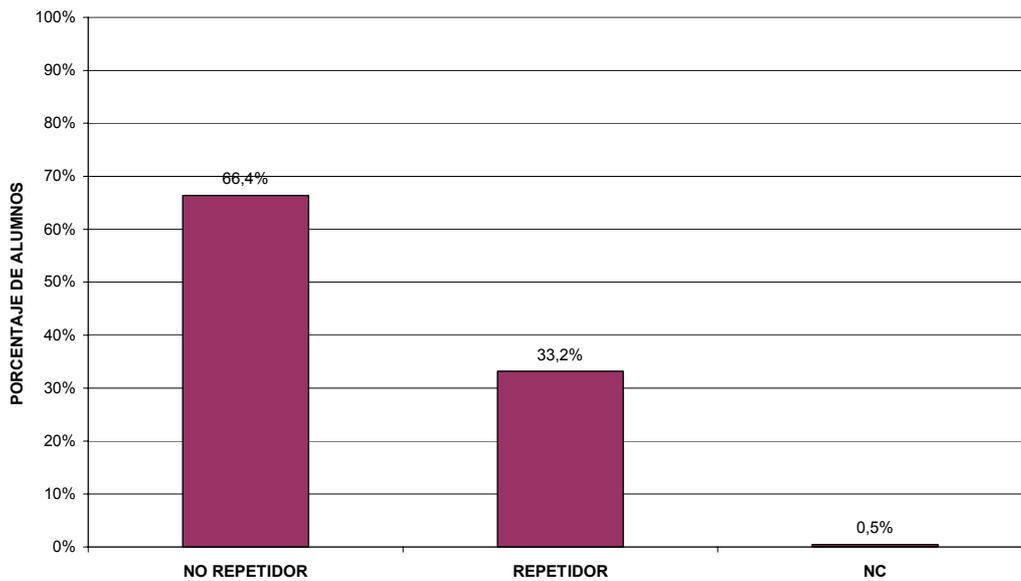


- El 71% ha cursado todas las asignaturas optativas de Física propuestas en la Enseñanza Secundaria y un 25% ha cursado una optativa menos de las previstas (Figura 2.22).
- Un 33% de la muestra repite la asignatura (Figura 2.23).
- La mayoría de los alumnos ha elegido la carrera de Ciencias Ambientales en primera opción (76%) y un 17% señala que se trata de su segunda opción, resultando pequeños los porcentajes en opciones posteriores (7%) (Figura 2.24).

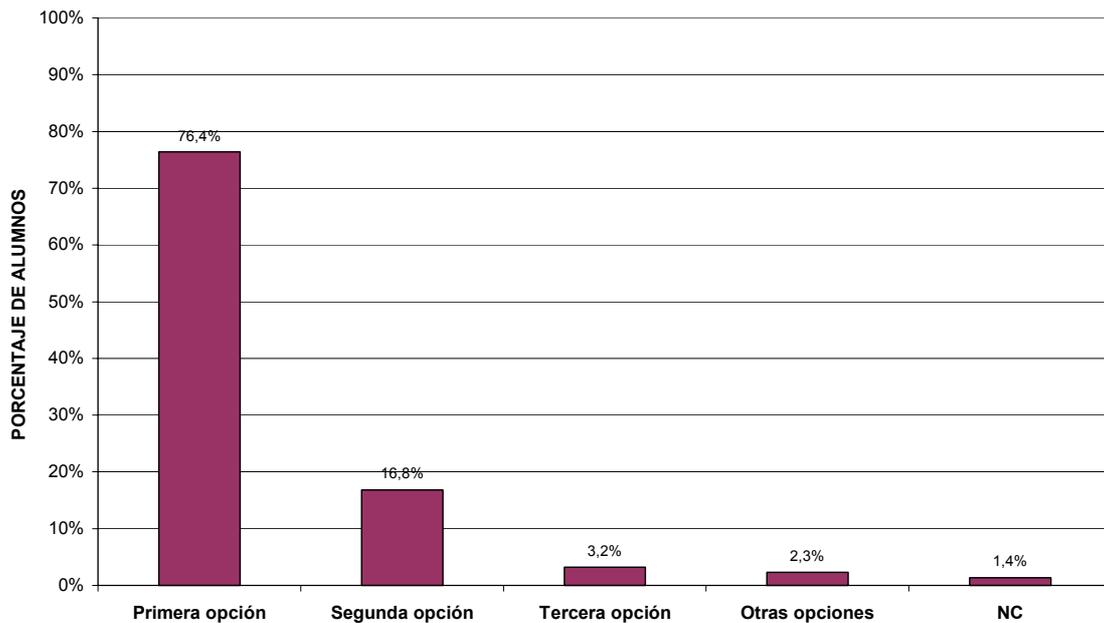
Figura 2.22. Asignaturas optativas de Física cursadas por los alumnos.
Física ambiental



**Figura 2.23. Distribución de alumnos repetidores/ no-repetidores.
Física ambiental**



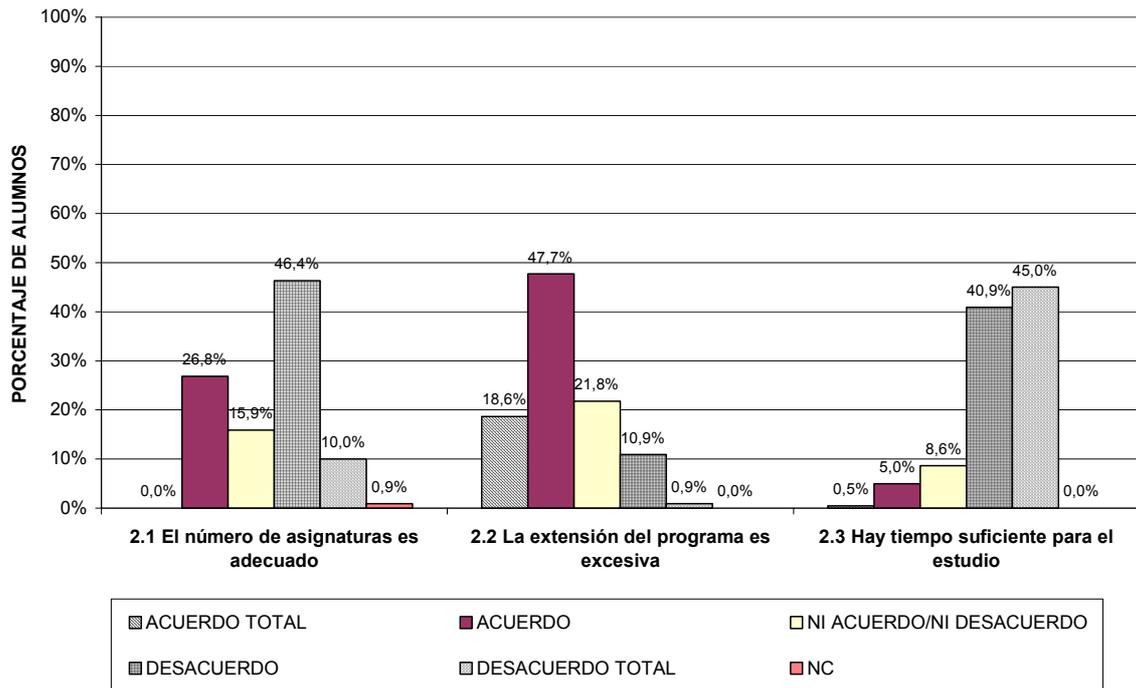
**Figura 2.24. Número de orden de la carrera de Ciencias Ambientales en sus preferencias.
Física ambiental**



b) Factores relativos a condicionamientos académicos:

- El 86% está de acuerdo en que las clases y los laboratorios no les dejan tiempo suficiente para el estudio (Histograma 2.3 de la Figura 2.25).
- Un 56% está de acuerdo en que el número de asignaturas por cuatrimestre es excesivo, así como la extensión del programa para el tiempo de clase (66%) (Histogramas 2.2 y 2.1 de la Figura 2.25).

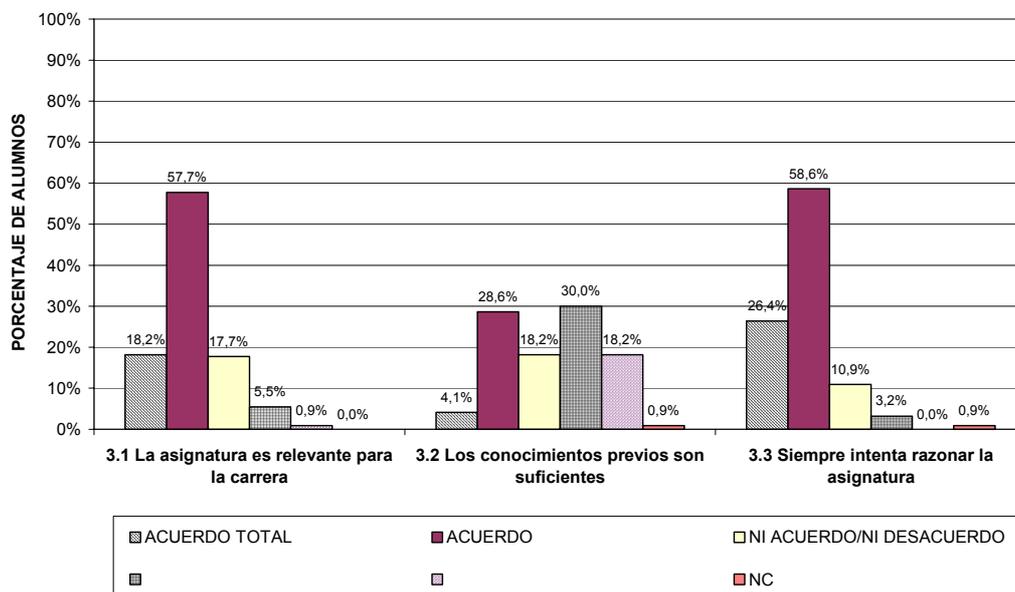
Figura 2.25. Opinión de los alumnos sobre los condicionamientos académicos.
Física ambiental



c) Factores relativos al propio alumno:

- El 85% está de acuerdo en que siempre intenta razonar la asignatura cuando la estudia (Histograma 3.3. de la Figura 2.26).
- El 48% está en desacuerdo en que sus conocimientos previos fuesen apropiados para seguir la asignatura frente a un 33% que está de acuerdo (Histograma 3.2 de la Figura 2.26).

Figura 2.26. Opinión de los alumnos sobre sus propios condicionamientos.
Física ambiental



- Un 76% está de acuerdo en que la asignatura es relevante para la carrera (Histograma 3.1 de la Figura 2.26).
- El 81% afirma mantener la atención durante más de la mitad de la clase y solamente un 16% reconoce “abandonar” antes de dicho tiempo (Figura 2.27).
- Solamente el 11% afirma utilizar más el libro, mientras el 73% señala que utiliza más los apuntes (Figura 2.28).

Figura 2.27. Porcentaje de tiempo de atención de los alumnos en clase de Física ambiental

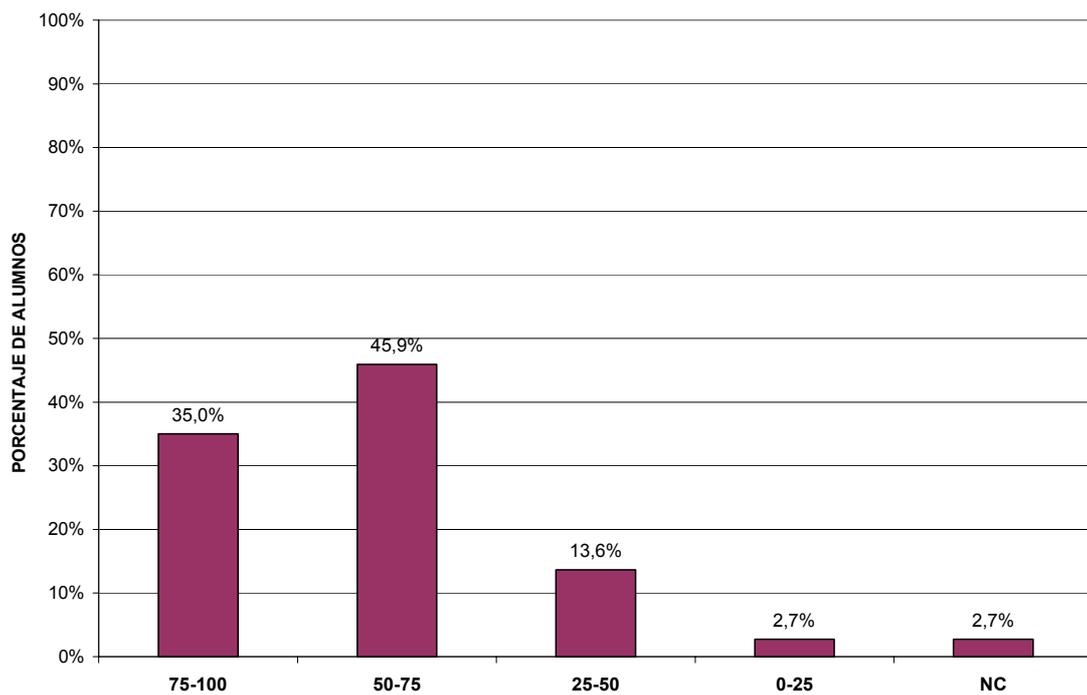
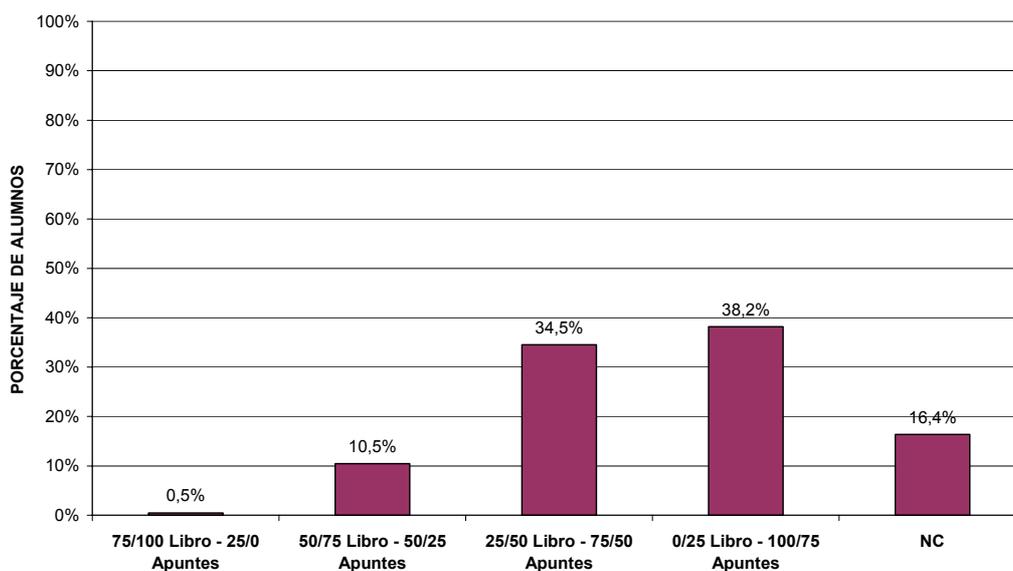


Figura 2.28. Importancia relativa del estudio por libro y por apuntes en Física ambiental



- Un 76 % de los alumnos afirma estudiar entre dos y cuatro horas a la semana, y un 15% señala que cinco horas o más (Figura 2.29). Análogamente la distribución de la muestra en lo que respecta al estudio durante un fin de semana alejado de los exámenes presenta un sesgo positivo: el 78% afirma estudiar entre menos de una hora y tres horas. Sólo un 16% afirma estudiar 4 horas o más (Figura 2.30).

Figura 2.29. Horas semanales dedicadas al estudio de Física ambiental

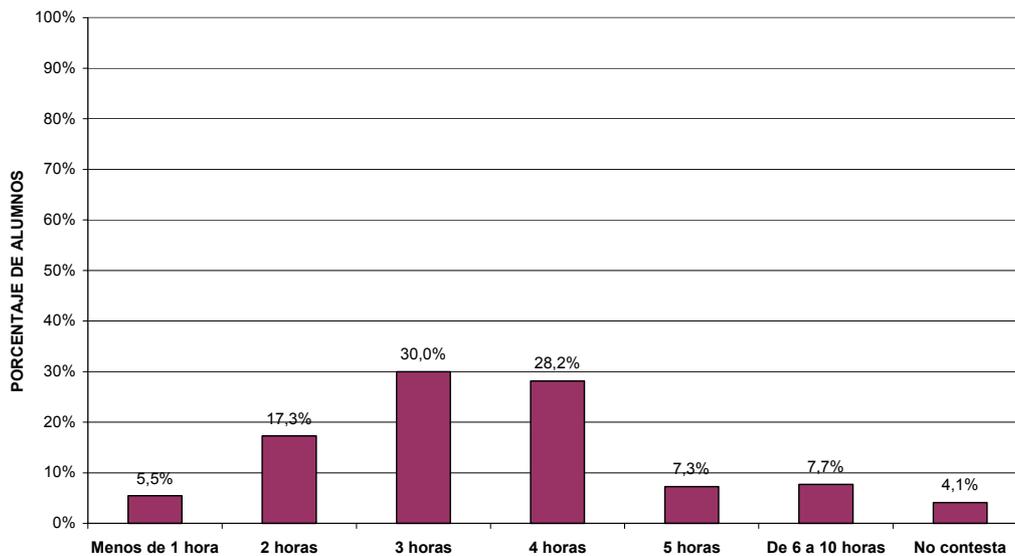
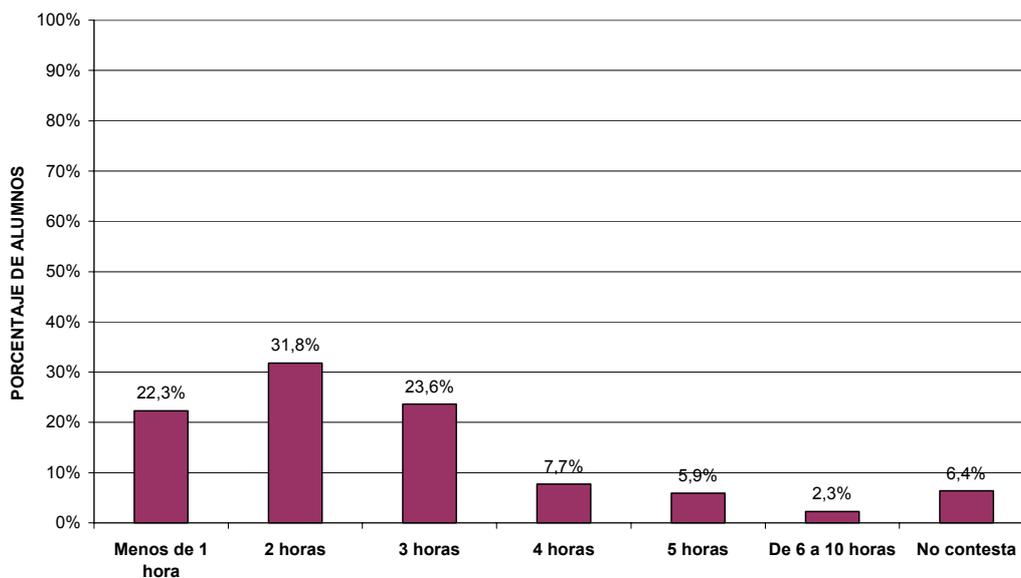
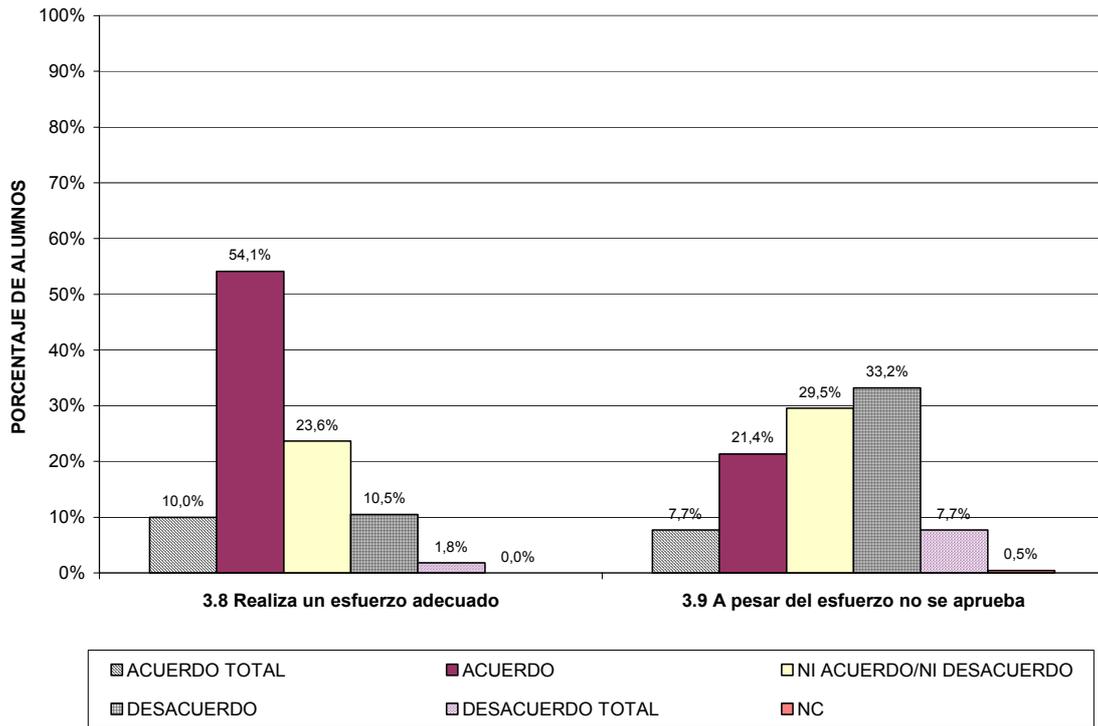


Figura 2.30. Dedicación al estudio durante el fin de semana. Física ambiental



- El 64% está de acuerdo en que hace un esfuerzo adecuado para aprobar la asignatura y un 29% opina que, a pesar del esfuerzo, no va a aprobar la asignatura (Figura 2.31).

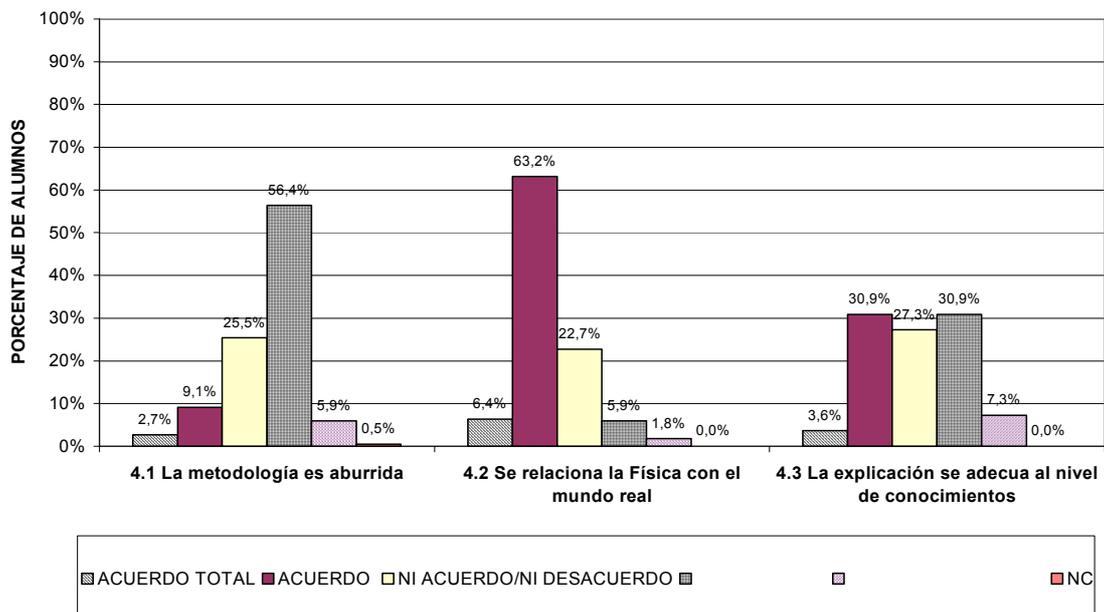
**Figura 2.31. Opinión de los alumnos sobre la eficacia del esfuerzo en el estudio.
Física ambiental**



d) Factores relativos a la metodología

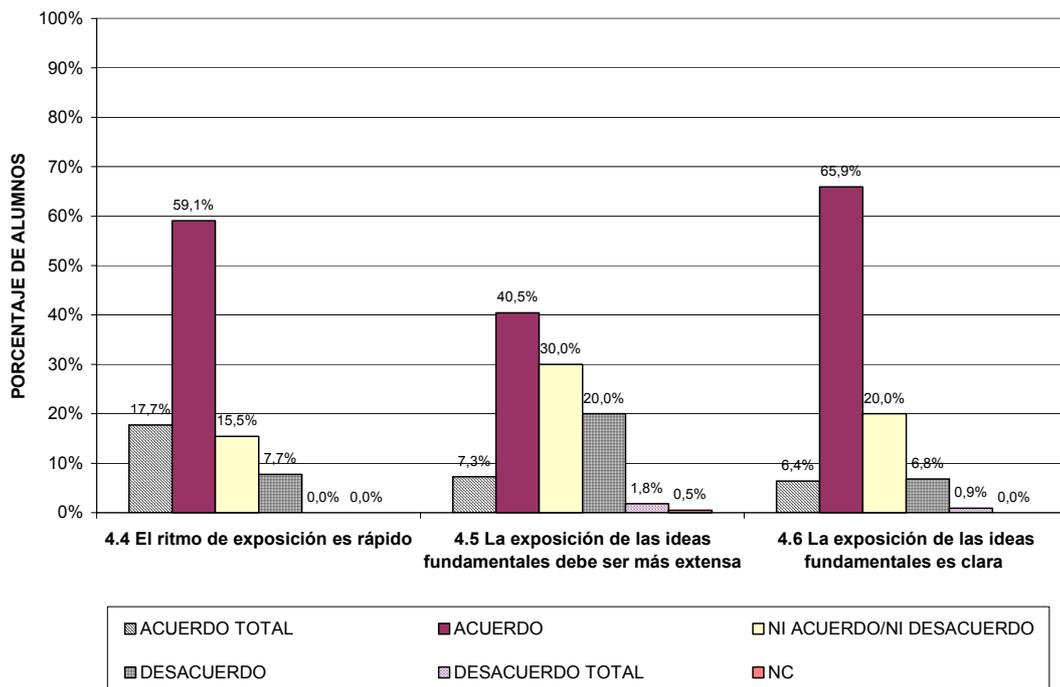
- Un 62 % está en desacuerdo con que la metodología sea aburrida y el 70% está de acuerdo en que la profesora les presenta una Física relacionada con el mundo real (Histogramas 4.1 y 4.2 de la Figura 2.32).

Figura 2.32. Opinión de los alumnos sobre la metodología del profesorado de Física ambiental



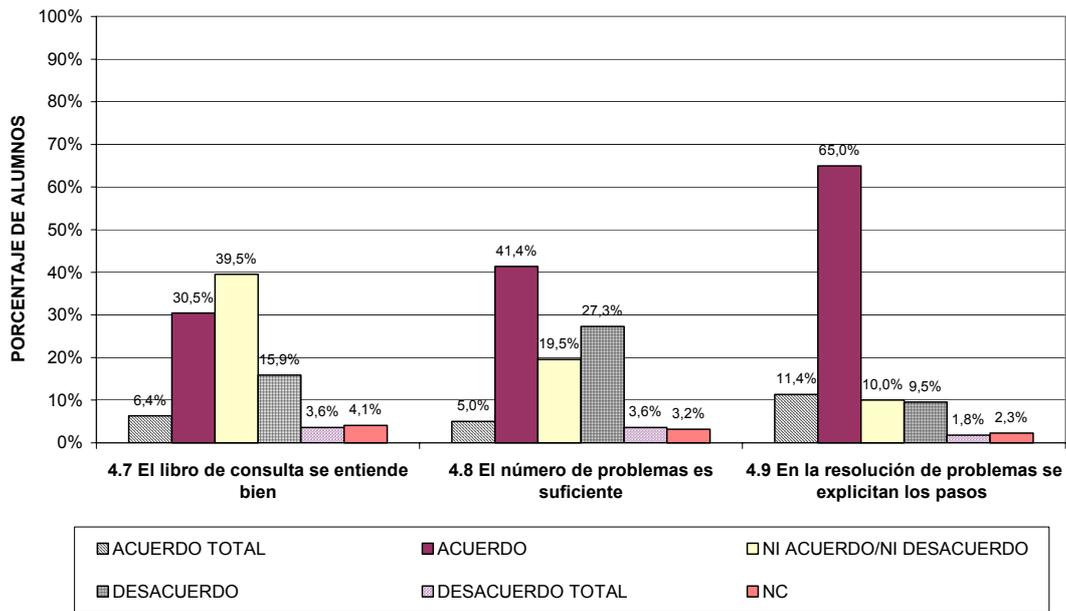
- Un 38% está de acuerdo en que los contenidos no son adecuados a su nivel de conocimientos, un 34% afirma que sí lo son y un 27% no se pronuncia (Histograma 4.3 de la Figura 2.32).
- Un 77% está de acuerdo en que es rápido el ritmo de exposición en clase y un 48% está de acuerdo en que la exposición de las ideas fundamentales debería ser más extensa. Un 72% está de acuerdo en la claridad de la exposición de la profesora frente a un 8% en desacuerdo (un 30% no se pronuncia) (Figura 2.33).

Figura 2.33. Opinión del alumnado sobre la exposición de los temas por el profesorado. Física ambiental

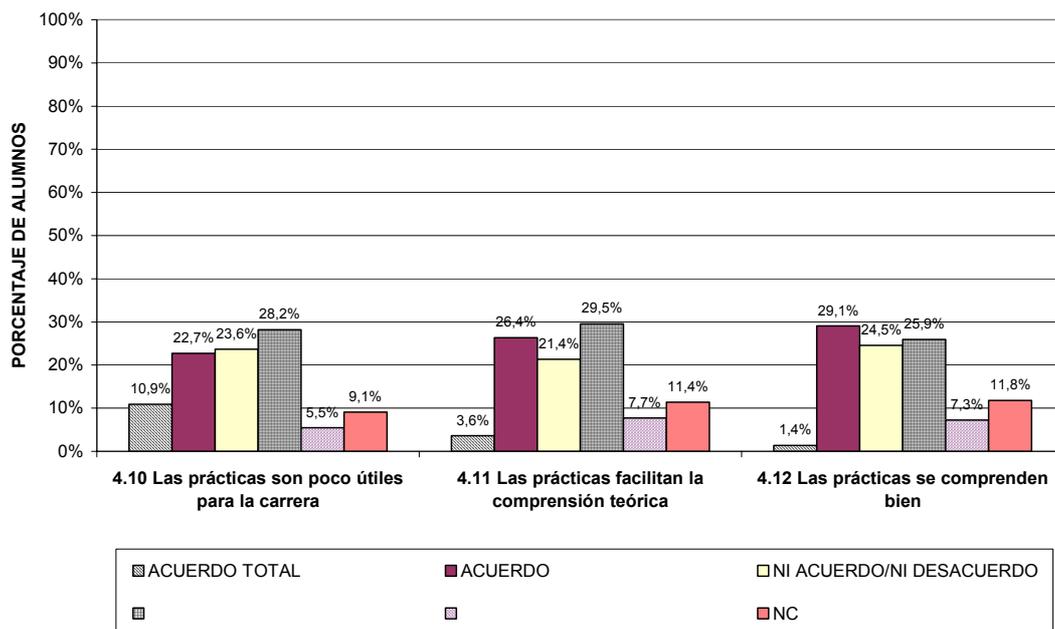


- Un 37% está de acuerdo en que el libro de texto se entiende con facilidad frente a un 20% que está en desacuerdo (Histogramas 4.7 de la Figura 2.34).
- Un 46% está de acuerdo en que se realiza un número suficiente de problemas y un 76% en que se explicitan suficientemente los pasos; un 31% y un 11%, respectivamente, muestran su desacuerdo (Histogramas 4.8 y 4.9 de la Figura 2.34).
- Las opiniones sobre el trabajo en el laboratorio están dispersas; con algo más del 20% de abstención (ni acuerdo ni desacuerdo). Los porcentajes a favor y en contra están alrededor del 30% tanto en lo relativo a la utilidad para la carrera, la comprensión de las propias prácticas como su papel facilitador en la comprensión de la teoría (Figura 2.35).

**Figura 2.34. Opinión de los alumnos sobre libros de consulta y resolución de problemas.
Física ambiental**

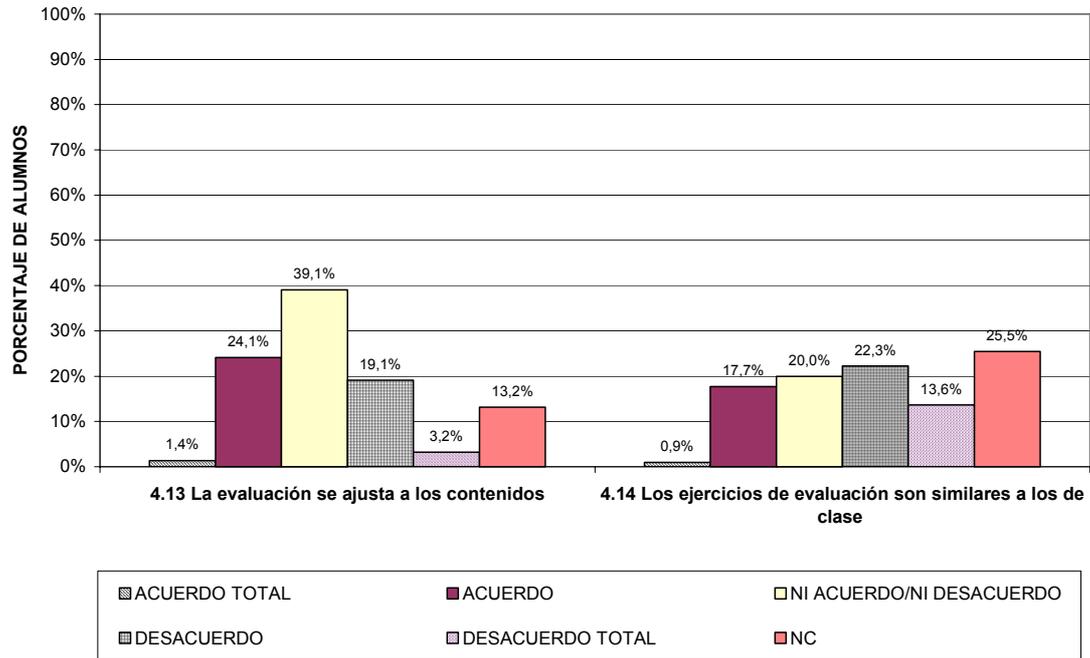


**Figura 2.35. Opinión de los alumnos sobre el trabajo en el laboratorio.
Física ambiental**



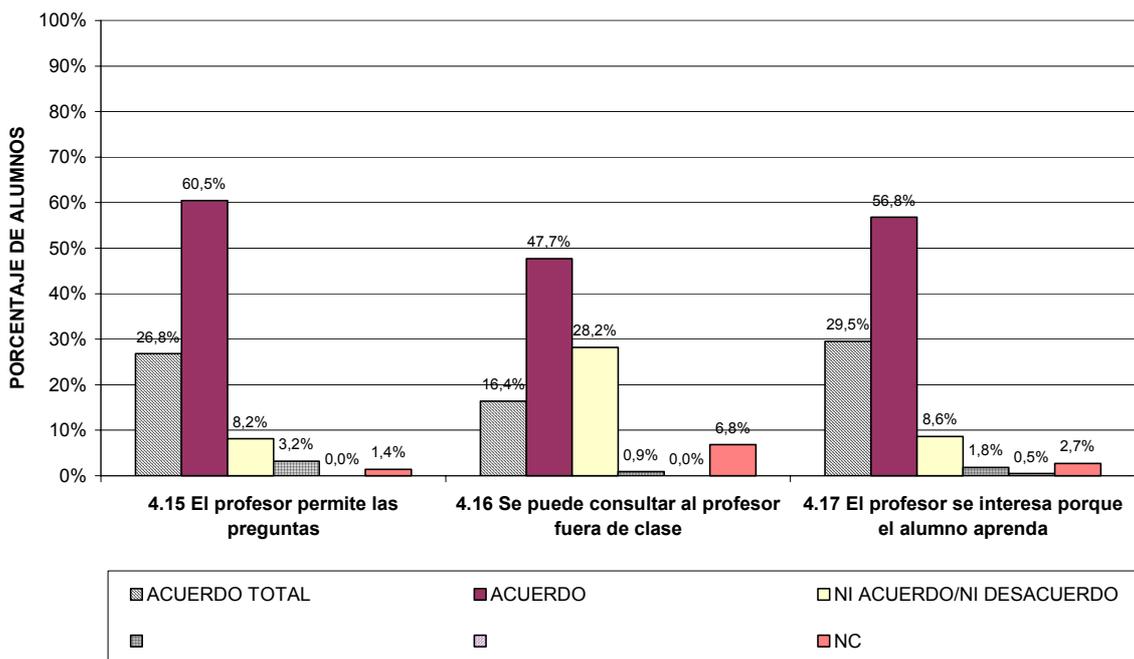
- Los alumnos de la asignatura de Física Ambiental encuentran dificultades para dar su opinión sobre el ajuste de la evaluación a los contenidos y ejercicios resueltos en clase. Prácticamente la mitad de los alumnos no contesta o elige “ni acuerdo ni desacuerdo”. El 19 % considera que la dificultad de la evaluación es similar a la de los ejercicios resueltos en clase y el 36 % no la considera similar (Histogramas 4.13 y 4.14 de la Figura 2.36).

**Figura 2.36. Opinión de los alumnos sobre las pruebas de evaluación.
Física ambiental**



- El 87 % está de acuerdo en que la profesora permite las preguntas, el 64 % que posibilita las consultas fuera de clase (aquí hay un 30% que no se pronuncia) y el 86 % está de acuerdo en que la profesora se interesa porque el alumno aprenda (Figura 2.37).

**Figura 2.37. Opinión de los alumnos sobre la disponibilidad del profesor.
Física ambiental**



2.4. Conclusiones

Los siguientes son resultados destacados tanto por los alumnos de FPB como por los de FA:

- El horario de clases y laboratorios no deja tiempo suficiente para el estudio en opinión de un 93% de los alumnos de FPB y de un 86% de los alumnos de FA.
- El número de asignaturas por cuatrimestre parece excesivo a los alumnos. La opinión es más marcada en FPB (73%) que en FA (56%).
- La extensión del programa de las asignaturas es también excesiva para el tiempo de clase. También en este caso son más críticos los alumnos de FPB (85%) que los de FA (66%).
- Casi la mitad de los alumnos de FA (48%) y algo más en FPB (62%) considera que sus conocimientos previos no eran los apropiados para seguir la asignatura. A este respecto hay que comentar que, teóricamente, los alumnos deberían tener los conocimientos y destrezas necesarios para ello puesto que una mayoría ha cursado todas las asignaturas optativas de Física que se proponen en la Enseñanza Secundaria, BUP o LOGSE, (71% en FA y 63% en FPB).
- La mayoría de los alumnos afirma estudiar entre dos y cuatro horas a la semana (76% en FA y 49% en FPB).
- El ritmo de exposición en clase es considerado demasiado rápido en ambos casos (77% FA y 79% en FPB).
- La opinión sobre la actitud del profesorado es favorable en ambos casos, superior al 80% en todos los casos salvo “posibilita las consultas de clase” en FA donde hay un alto porcentaje de “ni acuerdo ni desacuerdo”.

En algunos aspectos aparecen diferencias entre ambas asignaturas:

- Los alumnos de CC. Ambientales consideran más relevante la asignatura de FA para su carrera (76%) que los de FPB para la suya (42%).
- El trabajo de laboratorio es considerado menos útil por los alumnos de FPB que por los de FA. El 63% de los primeros consideran las prácticas poco útiles para la carrera, frente a un 30% de los segundos.

- Un 56% de los alumnos de FPB está de acuerdo en que la metodología es aburrida frente a un 12% de los de FA.
- Sólo un 16% de los alumnos de FA manifiestan “dejar de atender” en clase antes de que haya transcurrido la mitad de ésta, frente al 40% de los alumnos de FPB.
- En ambas asignaturas un 64% de los alumnos están de acuerdo en que hacen un esfuerzo adecuado para aprobar: Las opiniones sobre los resultados de este esfuerzo son diferentes: un 53% de los alumnos de FPB está de acuerdo en que aunque se esfuerce no va a aprobar, mientras que en FA solo el 29% de los alumnos está de acuerdo en esto.
- Un 73% de los alumnos de FA afirma utilizar más los apuntes que el libro, frente a un 35% de los de FPB.
- El 68% de los alumnos de FPB está en desacuerdo en que los contenidos se adecuen a sus conocimientos previos mientras que sólo el 38% de los alumnos de FA tiene la misma opinión. Consecuentemente, el 75% de los alumnos de FPB está de acuerdo en que la exposición de las ideas fundamentales debería ser más extensa, en comparación con el 48% de alumnos de FA de la misma opinión.
- Un 92,7 % de alumnos de FPB está de acuerdo en que no se realiza un número suficiente de problemas y un 75,8% en que no se explicitan suficientemente los pasos en su resolución. Solamente un 31% y un 11%, respectivamente, tienen la misma opinión en FA.

Es posible que algunos de estas diferencias pueden ser explicadas por las diferentes características iniciales de los alumnos de FA y FPB. La calificación exigida para ingresar en cada una de las licenciaturas es diferente (7,24 en CC. Ambientales y 6,22 en CC. Biológicas de la Universidad de Alcalá). Además CC. Ambientales es la primera opción para un 76,4% de los alumnos y CC. Biológicas sólo lo es para un 45%.

Conclusiones

De acuerdo con las contestaciones al cuestionario, las dificultades principales que encuentran los alumnos en el estudio de las asignaturas de Física consideradas, pueden organizarse en tres grupos:

1. *Factores académicos*: Los alumnos consideran que el número de asignaturas por cuatrimestre y la longitud de los programas son excesivos. Opinan que no tienen tiempo de estudio para una preparación adecuada de la asignatura. Además los alumnos de FPB tienen una percepción de la asignatura (tanto en su parte teórica como en el laboratorio) como poco relevante para su carrera.
2. *Factores relativos al propio alumno*: A pesar de que una mayoría ha estudiado todas las asignaturas de Física de la Enseñanza Secundaria, los alumnos consideran que sus conocimientos iniciales son insuficientes.
3. *Factores relativos a la metodología*: En clara relación con el apartado anterior, los alumnos consideran que los profesores no adaptan los contenidos a sus conocimientos. Esto se traduce en un ritmo de exposición que los alumnos perciben como excesivamente rápido, o una explicación que no es suficientemente detallada. Además, los alumnos de FPB consideran que la metodología de enseñanza utilizada es poco estimulante.

CAPÍTULO 3. FACTORES RELATIVOS A LOS ALUMNOS.

ANÁLISIS DE LOS APUNTES DE LOS ALUMNOS

Introducción

Los resultados de la encuesta de opinión realizada a los alumnos de Física del primer curso de Ciencias Biológicas y Ciencias Ambientales indican que un 35% en Física de los procesos biológicos (FPB) y un 73% en Física Ambiental (FA) utiliza más los apuntes que los libros recomendados en la bibliografía. Este resultado nos llevó a realizar un estudio sobre la toma de apuntes: cómo se sigue la clase y a qué tipo de contenido se da importancia al tomar apuntes. En el curso 1997/98 se realizó un estudio piloto, del cual se extrajo la información pertinente para realizar un estudio planificado más cuidadosamente en el curso 1999/2000.

El estudio consistió en un análisis de la información recogida por los alumnos en sus apuntes, categorizándola conforme a criterios relacionados con la estructura del texto, el tipo de presentación y la clase de contenido. En la estructura del texto se distinguió entre la macroestructura, es decir el conjunto de ideas principales del texto y sus relaciones (Van Dijk y Kintsch, 1983) y la microestructura, es decir las proposiciones o unidades de significado concretas relacionadas localmente. El tipo de presentación se refiere a que la información fuese presentada de forma verbal o visual. En el contenido se distinguen las categorías relacionadas más abajo.

- 1) Estructura del texto:
 - a) Señales de la Macroestructura.
 - b) Señales de la Microestructura.

- 2) Tipo de presentación
 - a) Información visual o presentada por el profesor en transparencias.

b) Información verbal o suministrada por el profesor en forma verbal.

3) Clase de contenido:

a) Texto.

I. Objetivos

II. Definiciones

III. Elaboraciones

IV. Conclusiones

b) Fórmula.

c) Dibujo.

d) Información irrelevante.

La información proporcionada en forma verbal se ha dividido en “unidades de información”: bloques elementales de información con un significado preciso. Los apuntes han sido categorizados independientemente por dos observadores, determinándose la concordancia entre ambos. Aquellos alumnos en los que no existía acuerdo entre ambos observadores se han clasificado como “dudosos”.

3.1. Estudio Piloto: Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.

Sujetos

La muestra pertenece al conjunto de alumnos de FPB que asistían a una sesión normal de clase. Veinticuatro de estos alumnos proporcionaron sus apuntes de los contenidos de una parte de la clase para que fuesen analizados.

Procedimiento

El profesor presentó el contenido correspondiente a "Descripción matemática del movimiento de una onda armónica" siguiendo un guión preparado con antelación (Anexo II). No se indicó a los alumnos que se iban a pedir los apuntes al término de la clase, con objeto de que su actuación fuese lo mas

normal posible.

Al término de la explicación se solicitó a los alumnos los apuntes sobre esta parte, explicándoles que se trataba de realizar un estudio sobre los métodos de enseñanza de la asignatura. Se indicó que las páginas de interés en los apuntes serían fotocopiados y devueltos inmediatamente.

Resultados

En la Figura 3.1 se presentan las unidades de información que se han considerado para el estudio, tal como aparecían en el guión de clase del profesor. Se señala si corresponden a la macroestructura o microestructura del discurso, si se han presentado en forma verbal o visual (transparencia o pizarra) y si se trata de información textual, de un dibujo o de una expresión matemática.

1) Estructura del texto:

a) Señales de la Macroestructura.

Las señales de macroestructura proporcionadas por el profesor en el desarrollo del tema son las siguientes:

1. El objetivo es describir matemáticamente el movimiento de una onda como la que se crea en una cuerda al mover un extremo (*verbal*).
4. Se trata de encontrar la ecuación de esta onda (*verbal*).

Figura 3.1. Esquema de la clase “Descripción matemática del movimiento de una onda armónica”.

Nivel de texto	Presentación	Estilo	Contenido
Macro	Verbal	Objetivo	1. Describir matemáticamente el movimiento de una onda como la que se crea en una cuerda al mover un extremo.
	Visual	Irrelevante	2. Dibujo ejes de coordenadas para representar un movimiento armónico simple.
Micro	Visual	Dibujo	3. Transparencia con la propagación de un impulso sinusoidal durante dos periodos cada cuarto de periodo.
Macro	Verbal	Objetivo	4. Se trata de encontrar la ecuación de esta onda
Macro	Verbal	Fórmula	5. $y = f(x, t)$
Macro	Verbal	Objetivo	6. Donde y depende tanto de x como de t .
Macro	Verbal	Guión	7. 1) Primero daremos unas definiciones previas.
Macro	Verbal	Guión	8. 2) Después encontraremos la ecuación que liga y con x .
Macro	Verbal	Guión	9. suponiendo que la onda no se moviese (una fotografía).
Macro	Verbal	Guión	10. 3) Finalmente supondremos que se mueve
Macro	Verbal	Guión	11. y veremos como adaptar la ecuación.
Macro	Verbal	Guión	12. 1) Definiciones
Micro	Verbal	Definición	13. La distancia entre crestas sucesivas se llama longitud de onda.
Micro	Verbal	Definición	14. El tiempo que invierte el extremo de la cuerda en una oscilación completa es el periodo.
Micro	Verbal	Relación	15. En el tiempo en que el extremo de la cuerda efectúa una oscilación completa, la onda se mueve una distancia λ .
Micro	Visual	Fórmula	16. $\lambda = v \cdot T = v/f$
Micro	Verbal	Elaboración	17. La frecuencia depende de la fuente.
Micro	Verbal	Elaboración	18. Para el caso de la onda en la cuerda de cómo se mueva el extremo.
Micro	Verbal	Pregunta	19. ¿De qué depende la frecuencia de las ondas luminosas?.
Micro	Verbal	Respuesta	20. Para el caso de la luz, de las características del emisor.
Micro	Verbal	Elaboración	21. La velocidad depende del medio en que se propague la onda.
Micro	Verbal	Elaboración	22. Luego la λ variará en diferentes medios.
Macro	Verbal	Guión	23. 2) Onda fija
Micro	Verbal	Elaboración	24. Se puede demostrar que la forma de la onda “fija” corresponde a una senoide
Micro	Visual	Fórmula	25. Es decir, una curva descrita por la ecuación $y = \text{sen}(\text{algo})$
Micro	Visual	Dibujo	26. Transparencia: Dibujo senoide para π y 2π .
Micro	Visual	Fórmula	27. $y = A \cdot \text{sen } x$
Micro	Visual	Dibujo	28. Transparencia: Dibujo senoide para x_1 y x_2 .
Micro	Visual	Fórmula	29. $y = A \cdot \text{sen } kx$
Micro	Verbal	Definición	30. Introducción del número de onda, k
Micro	Verbal	Elaboración	31. Justificación del valor de k : $kx_1 = \pi = \lambda / 2$
Macro	Verbal	Guión	32. 3) Onda en movimiento
Micro	Visual	Dibujo	33. Transparencia con ejes móviles para visualizar como se puede reducir la onda en movimiento a una onda “fija”.
Micro	Visual	Fórmula	34. $y = A \cdot \text{sen } k(x - ct) = A \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$

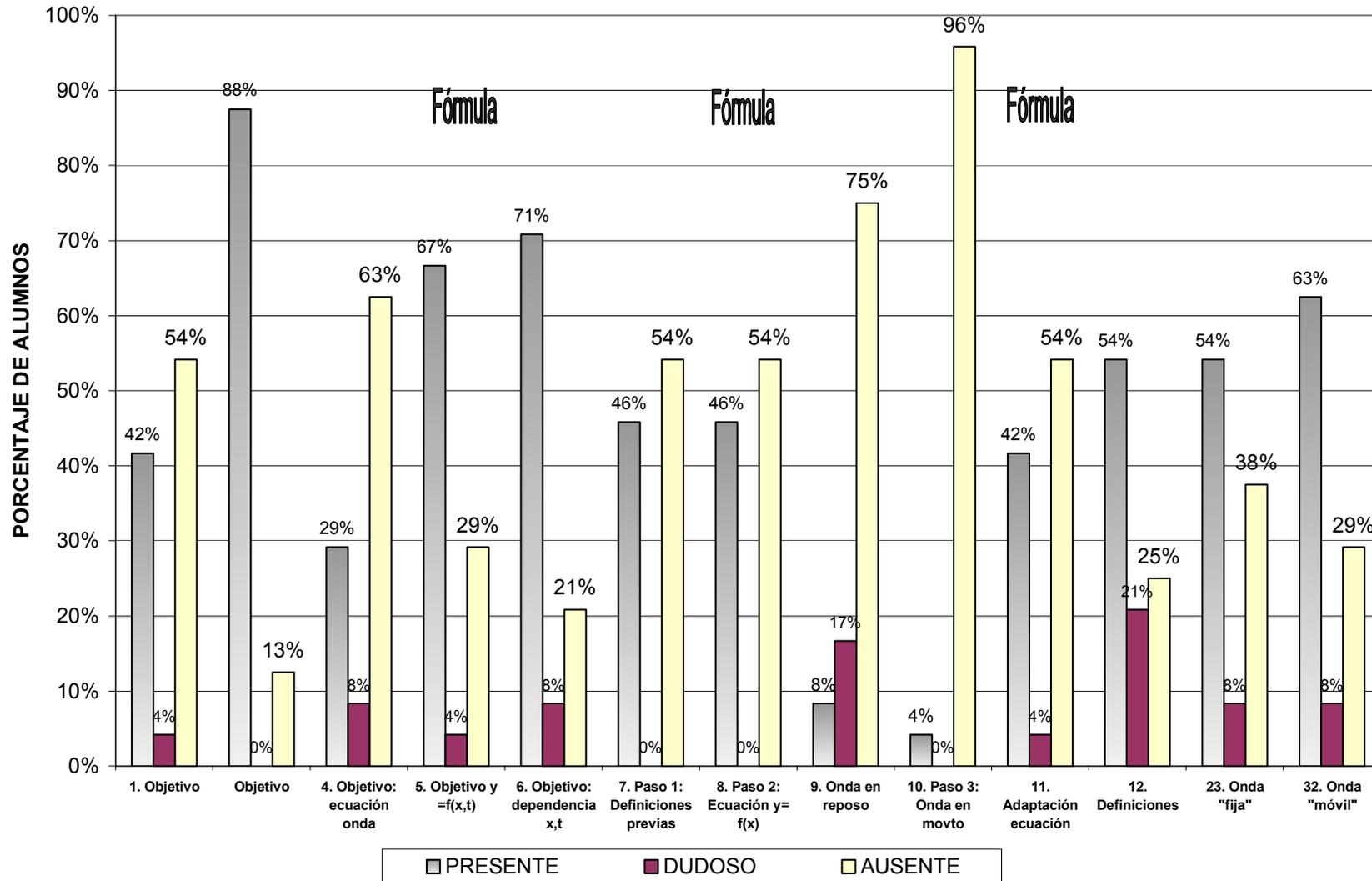
5. $y = f(x,t)$ (fórmula).
6. Donde y depende tanto de x como de t (verbal).
7. 1) Primero daremos unas definiciones previas (verbal).
8. 2) Después encontraremos la ecuación que liga y con x (verbal o fórmula).
9. suponiendo que la onda no se moviese (una fotografía) (verbal).
10. 3) Finalmente supondremos que se mueve (verbal).
11. y veremos cómo adaptar la ecuación (verbal o fórmula).
12. 1) Definiciones (verbal).
23. 2) Onda fija (verbal).
32. 3) Onda en movimiento (verbal).

Dos investigadores analizaron las respuestas de los alumnos. Las señales se contabilizan como Presente (explicitación de la señal) – Dudosa (no ha sido recogida claramente o hay desacuerdo entre ambos observadores) – Ausente (no se ha recogido la señal).

En lo que respecta al objetivo de la exposición, el 88% de los alumnos recoge la parte de información concreta “como la que se crea en una cuerda al mover un extremo” frente al 42% que recoge la parte fundamental del objetivo “describir matemáticamente el movimiento de una onda” (Figura 3.2).

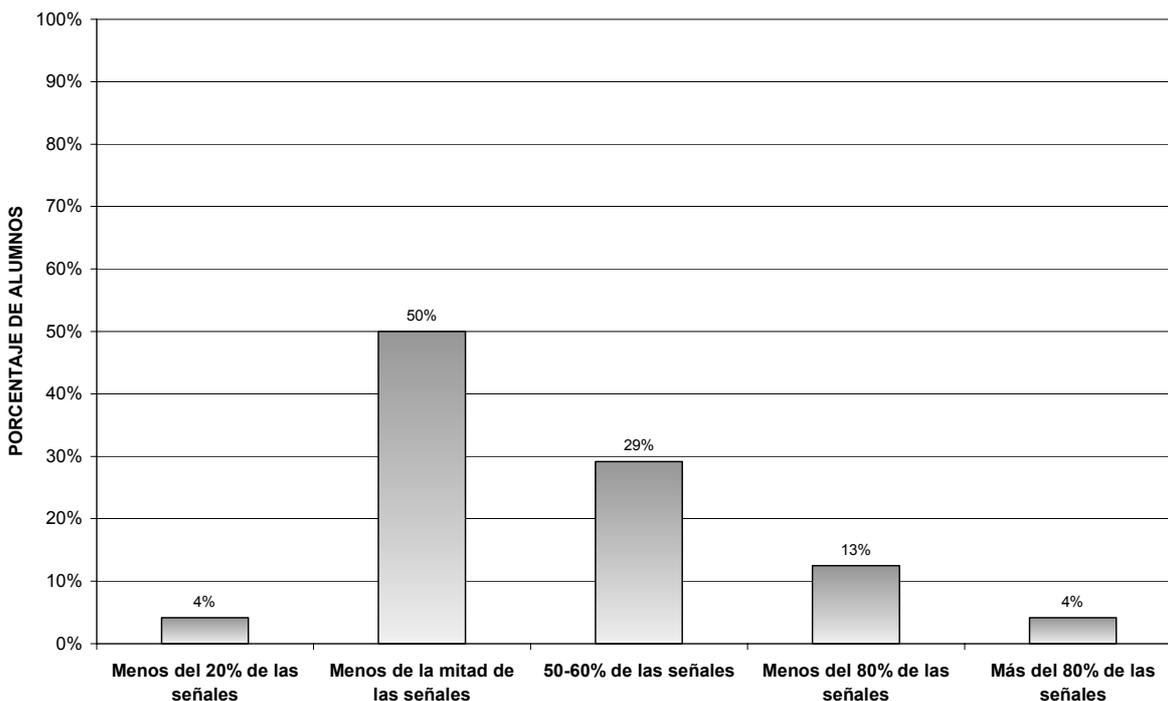
Un 46% recoge el índice del tema que proporciona el profesor, aunque la mitad de ellos se limita a poner las ecuaciones (fórmulas), sin señalar que corresponden a la ecuación para un instante determinado (onda en reposo o fotografía) y a la ecuación general de la onda viajera o en movimiento (Figura 3.2). Dado que en el desarrollo el porcentaje de alumnos que indica el concepto expuesto a continuación (definiciones, ecuación de la onda para un instante determinado o ecuación de la onda en movimiento) solamente sube al 54%, se puede concluir que casi la mitad de los alumnos no parecen recoger en sus apuntes la macroestructura del tema.

Figura 3.2. Macroestructura reflejada en apuntes.
Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.



Si se considera el total de señales de macroestructura registradas por cada alumno (Figura 3.3), se comprueba que solamente el 17% de los alumnos recoge más del 70% de la macroestructura, un 50% no llega a recoger la mitad de las señales y un 4% prácticamente no recoge la macroestructura del tema.

**Figura 3.3. Porcentaje de Macroestructura reflejada en apuntes.
Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.**



b) Señales de la Microestructura:

Se eligió para el análisis de la microestructura, la información considerada más importante de toda la presentada:

13. La distancia entre crestas sucesivas se denomina longitud de onda (*verbal*).

14. El tiempo que invierte el extremo de la cuerda en una oscilación completa es el período (*verbal*).

15. En el tiempo en que el extremo de la cuerda efectúa una oscilación completa, la onda se mueve una distancia λ (*verbal*).

16. $\lambda = v.T = \frac{v}{f}$ (*visual*)

17. La frecuencia depende de la fuente (*verbal*).

18. Para el caso de la onda en la cuerda, de cómo se mueva el extremo (*verbal*).
19. ¿De qué depende la frecuencia de las ondas luminosas? (*verbal*).
20. Para el caso de la luz, de las características del emisor (*verbal*).
21. La velocidad depende del medio en que se propague la onda (*verbal*).
22. luego la longitud de onda variará en diferentes medios (*verbal*).
24. Se puede demostrar que la forma de la onda “fija” corresponde a una senoide (*verbal*).
25. descrita por $y = \text{sen}(\text{algo})$ (*visual*).
26. Dibujo senoide para π y 2π (*visual*).
27. $y = A \cdot \text{sen } x$ (*visual*).
28. Dibujo senoide para x_1 y x_2 (*visual*).
29. $y = A \cdot \text{sen } kx$ (*visual*).
30. Introducción del número de onda, k . (*verbal*).
31. Justificación del valor de k : $kx_1 = \pi = \lambda / 2$ (*verbal*).
33. Transparencia con ejes móviles para visualizar como se puede reducir la onda en movimiento a una onda “fija”. (*visual*).
34. $y = A \cdot \text{sen } k(x - ct) = A \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$ (*visual*).

Los resultados del análisis de la Microestructura se presentan en las Figuras 3.4. a 3.6. En la información verbal predominan las definiciones frente a las elaboraciones: un 88% de los alumnos presenta las definiciones de longitud de onda y periodo, porcentaje que desciende al 71% al señalar la dependencia exclusiva de la frecuencia de la onda del emisor y al 58-54% que indica la dependencia del medio de la velocidad y la longitud de onda.

La relación entre longitud de onda, velocidad y período se da en forma explícita en un 17% de los alumnos, mientras el 100% la presenta en forma matemática.

Figura 3.4. Microestructura reflejada en apuntes (1)
Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.

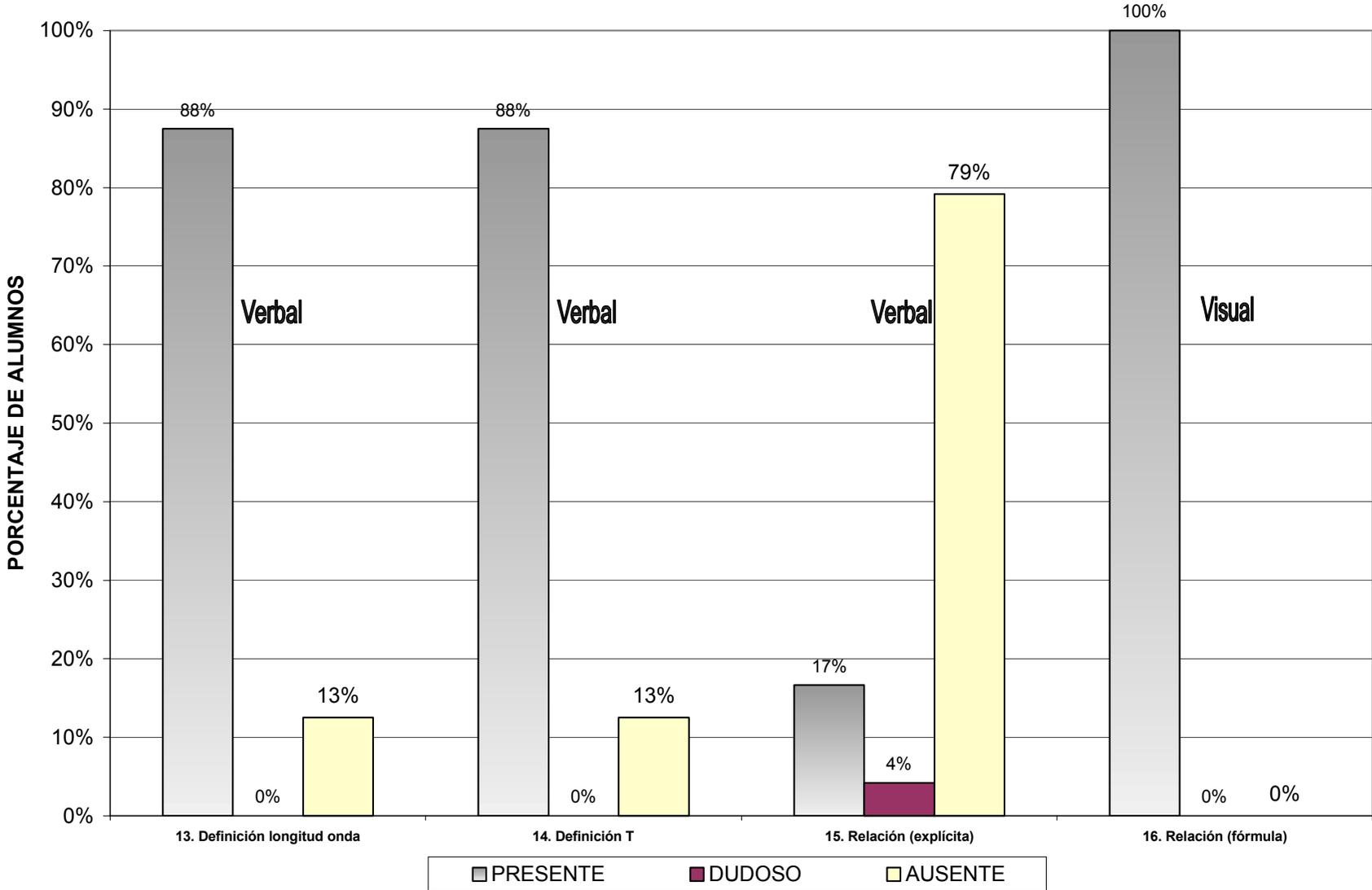


Figura 3.5. Microestructura reflejada en apuntes (2)
Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.

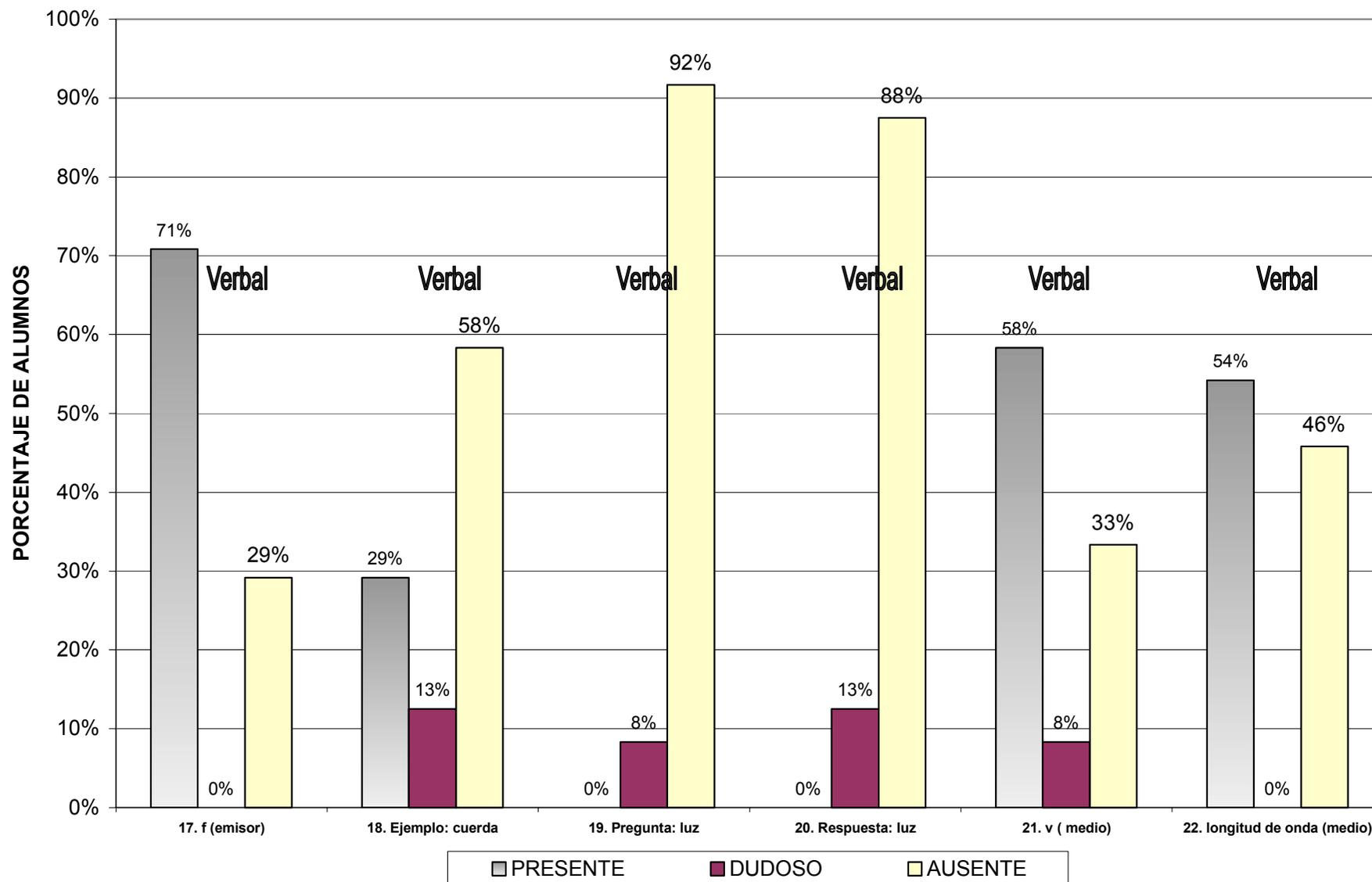
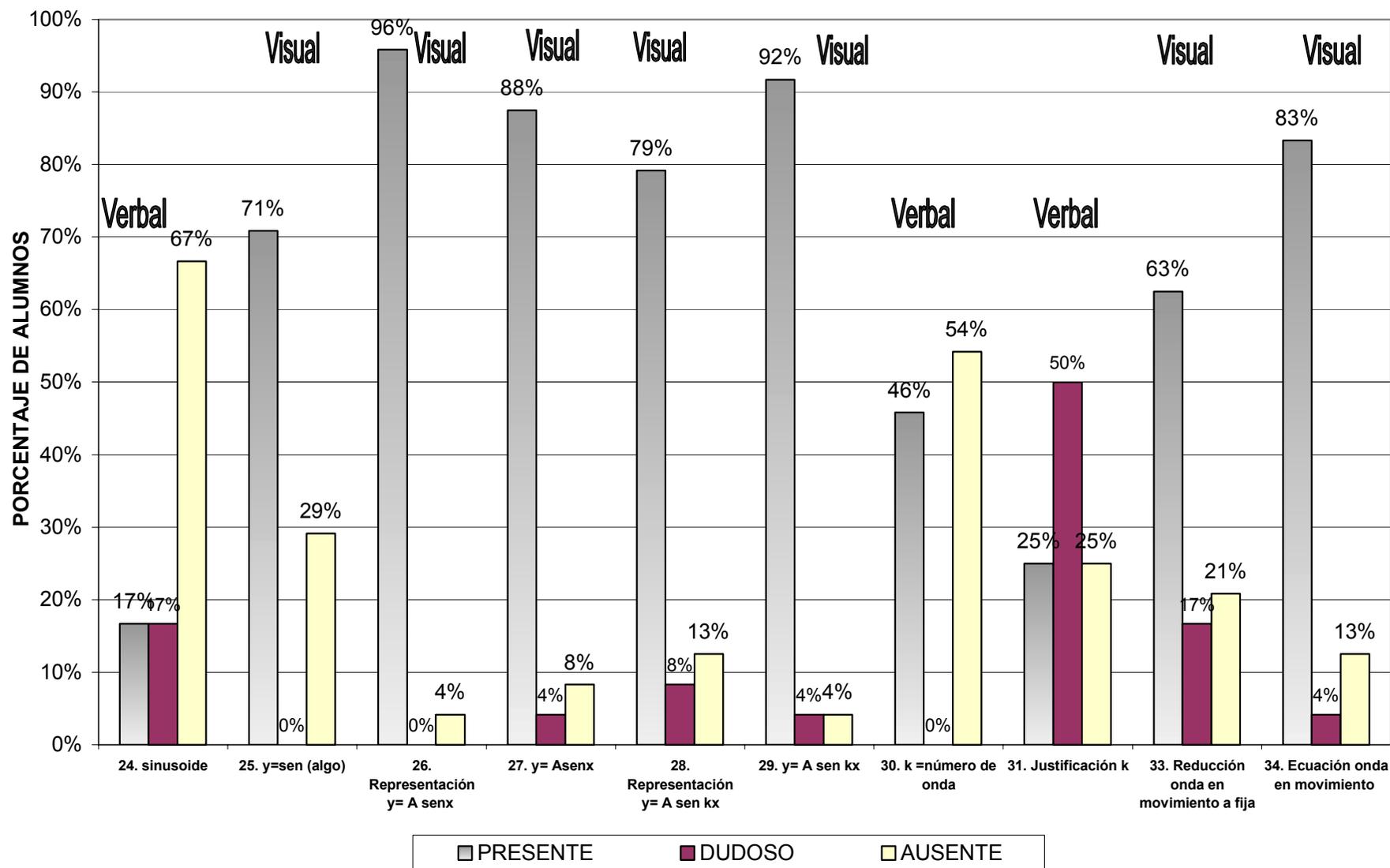


Figura 3.6. Microestructura reflejada en apuntes (3)
Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.



Únicamente un 42% destaca que k es el número de onda (de los cuales solo un 25% da la justificación, probablemente debido a que se han “perdido” en el desarrollo de la ecuación de onda).

Ejemplos y aclaraciones están prácticamente ausentes en un 80% de los alumnos. En cambio los dibujos y fórmulas de la deducción matemática de la ecuación de onda – presentadas en forma visual - están presentes entre el 71 y el 96% de los alumnos, incluida la información menos relevante de que $y = \text{sen}(\text{algo})$.

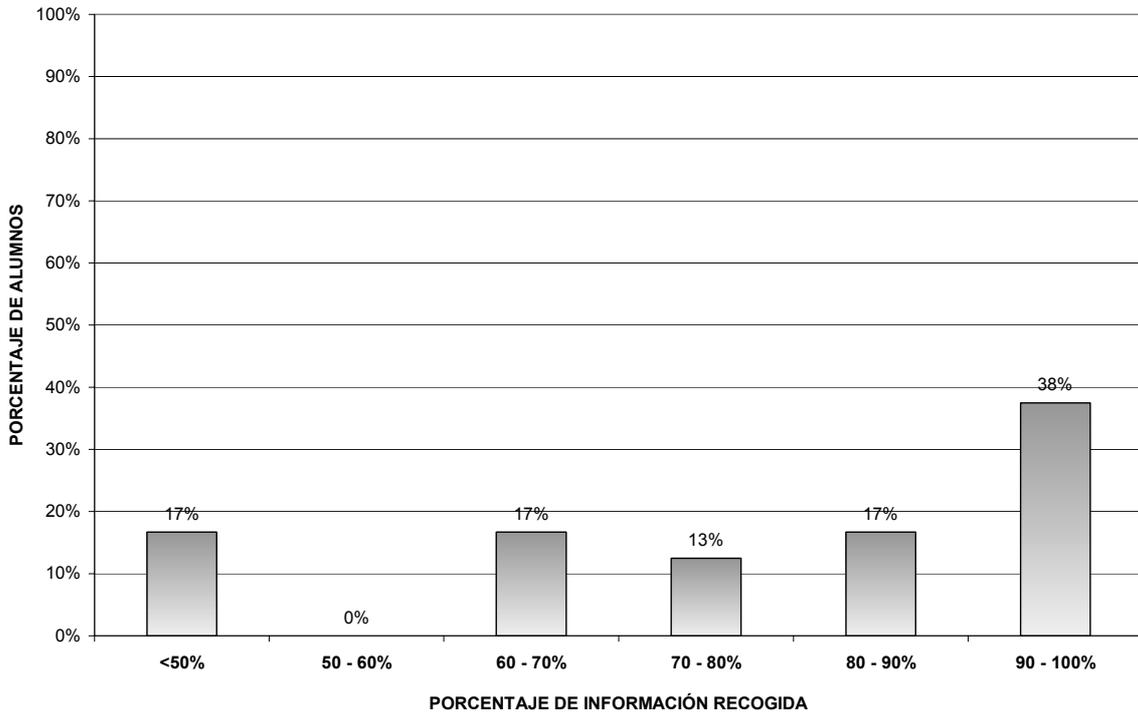
2) Tipo de presentación

A partir de las unidades de información establecidas en el guión de la Figura 3.1, se ha determinado el porcentaje de información visual (presentada por el profesor en transparencias o escribiendo en la pizarra) e información verbal, recogida por cada uno de los alumnos.

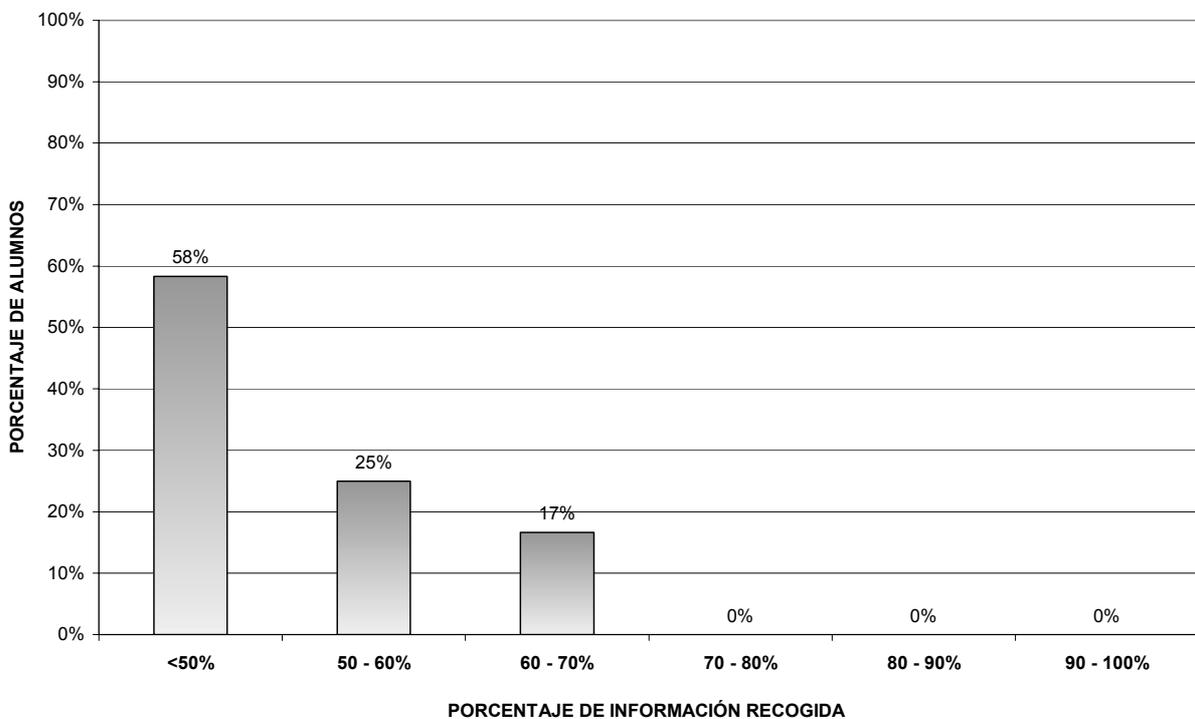
Como puede observarse en el gráfico de la Figura 3.7, un 54% de los alumnos recoge más del 80% de la información presentada en forma visual. Pero existe un 17% que no recoge ni siquiera el 50% de la información visual, que se supone es la más importante.

La distribución de los alumnos en el caso de la información presentada verbalmente es diametralmente opuesta a la de la información visual (Figura 3.8): un 58% de los alumnos no llega a recoger el 50% de la información presentada y nadie recoge más del 70%.

**Figura 3.7. Información presentada visualmente que recogen los alumnos.
Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.**



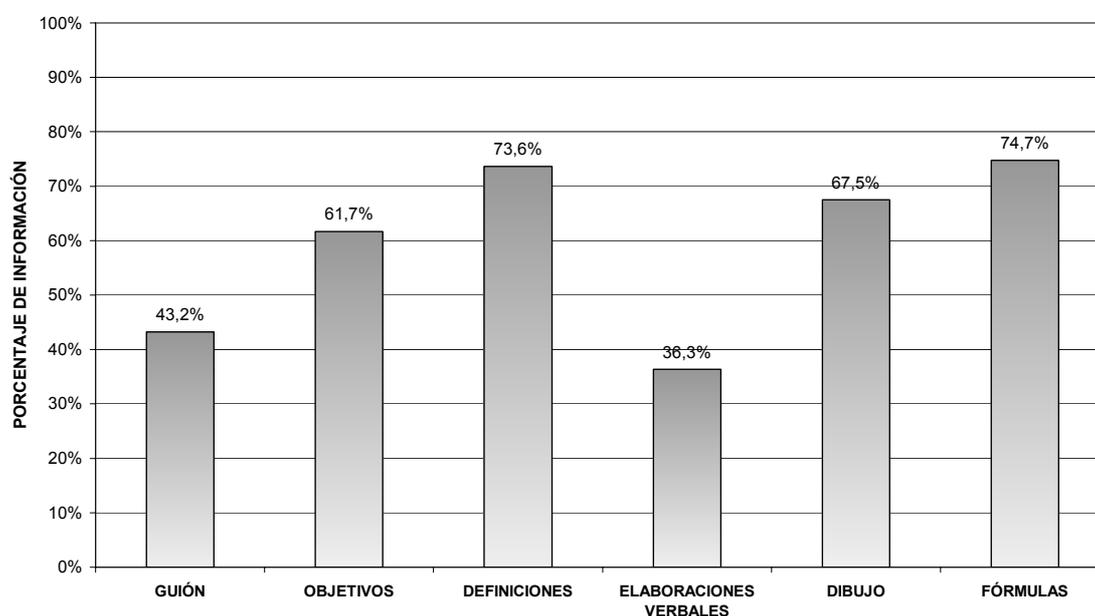
**Figura 3.8. Información presentada verbalmente que recogen los alumnos.
Descripción matemática del movimiento ondulatorio.**



3) Clase de contenido:

En este caso se ha optado por contabilizar el porcentaje de información total recogida por los alumnos en conceptos como son el guión o índice del tema, los objetivos, definiciones y elaboraciones (prácticamente proporcionadas en forma verbal) y, separadamente, la información suministrada mediante dibujos y fórmulas (Figura 3.9).

**Figura 3.9. Clase de contenido que recogen los alumnos en los apuntes.
Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.**



Como ya se ha señalado al hablar de la microestructura, la información presentada de forma textual se recoge en diferentes porcentajes dependiendo de su función. Así las definiciones se recogen en un 73,6%, los objetivos en un 61,7% y el guión (relacionado con la macroestructura) desciende al 43,2%. Las elaboraciones presentadas en forma verbal descienden todavía más (36,3%). En cambio dibujos y fórmulas suponen un 67,5% y un 74,7% respectivamente. En muchos casos, como sucede en la relación entre longitud de onda, velocidad y período, los alumnos prefieren la presentación en forma matemática (100 frente a 17%).

La información poco relevante o irrelevante si se presenta en forma verbal (caso de algunos ejemplos y elaboraciones) no se recoge prácticamente.

Si se presenta en forma visual, se recoge en porcentajes del 54% (caso del dibujo de los ejes) o del 71% ($y = \text{sen}(\text{algo})$).

3.2. Segundo estudio: Aplicación del Primer Principio de la Termodinámica.

En este caso, el esquema de la presentación del problema se planificó cuidadosamente, se incrementó la presentación en forma visual y se procuró que existieran señales de macroestructura tanto en forma verbal como en forma visual para contrastar si había diferencias en el comportamiento de los alumnos. Análogamente se procuró equilibrar la importancia de la microestructura verbal y visual. Los apuntes se han comparado, en este caso, tanto con el guión y las transparencias del profesor como con la grabación en audio de la clase.

Sujetos

La muestra vuelve a pertenecer al conjunto de alumnos de FPB que asistían a la sesión normal de clase. En esta ocasión fueron treinta y cinco alumnos los que proporcionaron los apuntes correspondientes a la primera aplicación de los principios de Termodinámica para que fueran analizados.

Procedimiento

Se siguió el mismo procedimiento que en el estudio piloto. El guión previo se muestra también en el Anexo II. En esta ocasión se realizó una grabación en audio de la clase para contrastar que los contenidos se habían desarrollado de la forma prevista.

Resultados

En la Figura 3.10 se presentan las unidades de información del guión del profesor que se han considerado para el estudio.

1) Estructura del texto:

a) Señales de Macroestructura.

Las señales de macroestructura proporcionadas por el profesor en la resolución del problema correspondían a:

1. Planteamiento y lazo con el tema anterior (*verbal*).
2. Objetivo de la aplicación (*verbal*).
6. Recuerdo del primer principio de la Termodinámica (*visual*).
7. Comencemos por el cálculo del Calor (*verbal*).
14. Calculemos ahora el Trabajo (*verbal*).
16. Calculemos ahora la variación del volumen y la presión (*visual*).
21. Calculemos la presión (*visual*).
26. Por tanto, tenemos Q y tenemos W. Restamos y obtenemos ΔU (*visual*).

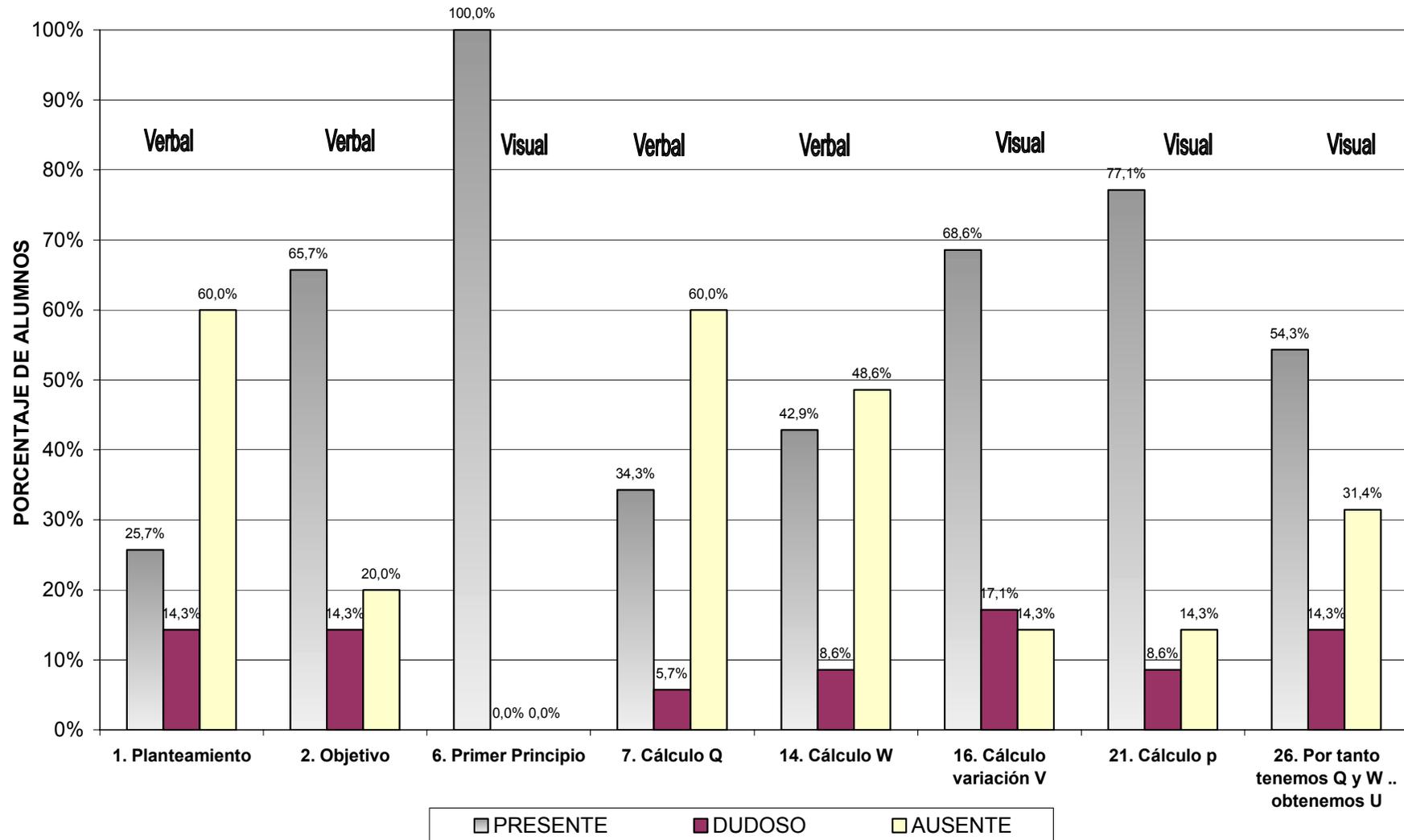
Puede observarse que los alumnos recogen en mayor porcentaje (entre el 54-100%) las señales de macroestructura presentadas de forma *visual* (en transparencia) que las suministradas de forma *verbal* (26 –66%) (Figura 3.11). Destaca el hecho de que menos del 40% de los alumnos recoge las señales de *cálculo del calor* y *cálculo del trabajo*, mientras casi un 80% recoge el *cálculo de la presión* que es prácticamente inmediato. El total de los alumnos señala el primer principio de la Termodinámica (fórmula) y un elevado porcentaje recoge también el objetivo de la aplicación (66%).

Si se considera el total de señales de macroestructura registradas por cada alumno (Figura 3.12), se comprueba que solamente un 17% de los alumnos

Figura 3.10. Esquema de la clase “Aplicación del primer principio de la Termodinámica”.

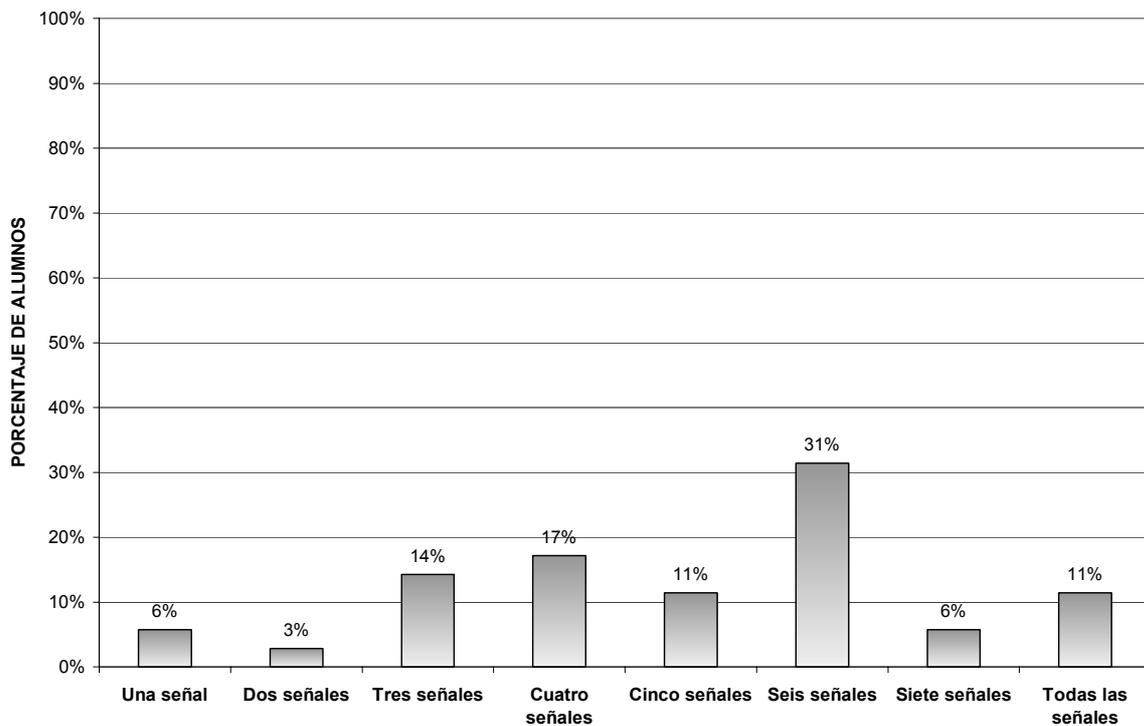
Nivel de texto	Presentación	Estilo	Contenido
Macro	Verbal	Lazo	1. Hemos estudiado la formulación general del 1 Principio. Ahora vamos a ver como aplicarlo para conocer el balance de energía de un sistema termodinámico que sufre una transformación.
Macro	Verbal	Objetivo	2. Aplicar el Primer Principio de la Termodinámica para calcular la variación de energía interna de un sistema termodinámico que sufre un cambio de fase.
Micro	Visual	Escenario	3. Descripción del sistema: Un bloque de hielo de masa m
Micro	Visual	Escenario	4. que pasa de hielo a 0°C a agua a 0°C.
Micro	Visual	Escenario	5. Dibujo del bloque.
Macro	Visual	Principio	6. $\Delta U = Q - W$
Macro	Verbal	Guión	7. Comencemos por el cálculo de Q.
Micro	Visual	Definición	8. Calor latente de fusión es la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa
Micro	Visual	Definición	9. de una sustancia que está a la temperatura de fusión
Micro	Visual	Definición	10. para que pase de sólido a líquido.
Micro	Visual	Definición	11. Se denota por L_f .
Micro	Visual	Proposición	12. $Q = m \cdot L_f$
Micro	Verbal	Elaboración	13. Si la misma masa pasase de líquido a sólido, podría tratarse de un calor cedido.
Macro	Verbal	Guión	14. Calculemos ahora W.
Micro	Verbal	Proposición	15. Un sistema termodinámico realiza trabajo sobre los alrededores si se expande, es decir aumenta su volumen. Los alrededores realizan trabajo sobre el sistema si disminuye su volumen.
Macro	Visual	Guión	16. Calculemos ahora la variación de volumen y la presión.
Micro	Visual	Elaboración	17. $V_{agua} - V_{hielo} = m/d_a - m/d_h$
Micro	Verbal	Elaboración	18. Donde d_a es la densidad del agua y d_h es la densidad del hielo.
Micro	Verbal	Elaboración	19. Como d_a , densidad del agua, es mayor que d_h , densidad del hielo, existe una disminución de volumen.
Micro	Visual	Elaboración	20. Por tanto el trabajo es negativo.
Macro	Visual	Guión	21. Calculemos la presión
Micro	Verbal	Elaboración	22. La presión es constante durante el proceso
Micro	Visual	Elaboración	23. La atmosférica, p_o
Micro	Visual	Elaboración	24. $W = \int p \cdot dV = \int p_o \cdot dV$
Micro	Verbal	Elaboración	25. $W = p_o (V_a - V_h)$
Macro	Visual	Guión	26. Por tanto tenemos Q y tenemos W ... obtenemos ΔU
Micro	Visual	Proposición	27. $\Delta U = Q - W$
Micro	Visual	Proposición	28. $\Delta U = m \cdot L_f - p_o (m/d_a - m/d_h)$
Micro	Verbal	Elaboración	29. Como $d_a > d_h$
Micro	Verbal	Elaboración	30. esta cantidad es negativa con lo que el W se suma al Q.
Micro	Verbal	Elaboración	31. La energía interna aumenta porque se transfiere energía al sistema en forma de trabajo y en forma de calor.

**Figura 3.11. Macroestructura reflejada en apuntes.
Aplicación del primer principio de la Termodinámica.**



recoge prácticamente toda la macroestructura (más de siete señales), un 40% no llega a recoger la mitad de las señales (cuatro señales) y un 6% no recoge apenas la macroestructura de la resolución del problema.

**Figura 3.12. Número de señales de macroestructura reflejadas.
Aplicación del primer principio de la Termodinámica.**



b) Señales de Microestructura:

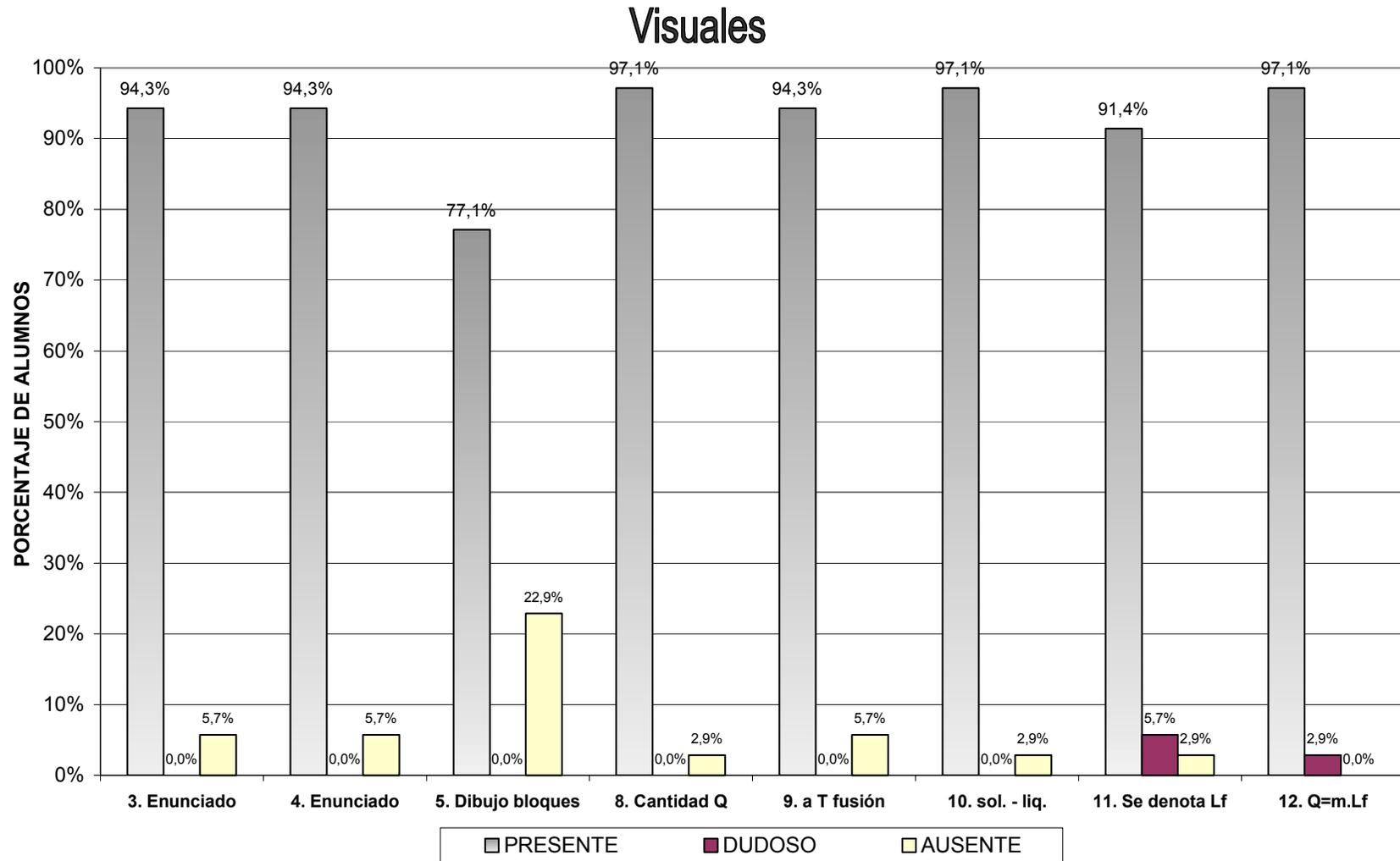
Para el análisis de la microestructura se recogió la información relativa a los apartados siguientes:

- 3- 5 Enunciado del problema (*visual*).
- 8-12 Definición del calor latente de fusión (*visual*).
- 13 Si la misma masa pasase de líquido a sólido sería calor cedido (*verbal*).
- 15. Criterio de signos para el trabajo realizado por o sobre un sistema termodinámico (*verbal*).
- 17. $V_{\text{agua}} - V_{\text{hielo}} = m/d_{\text{agua}} - m/d_{\text{hielo}}$ (*visual*).

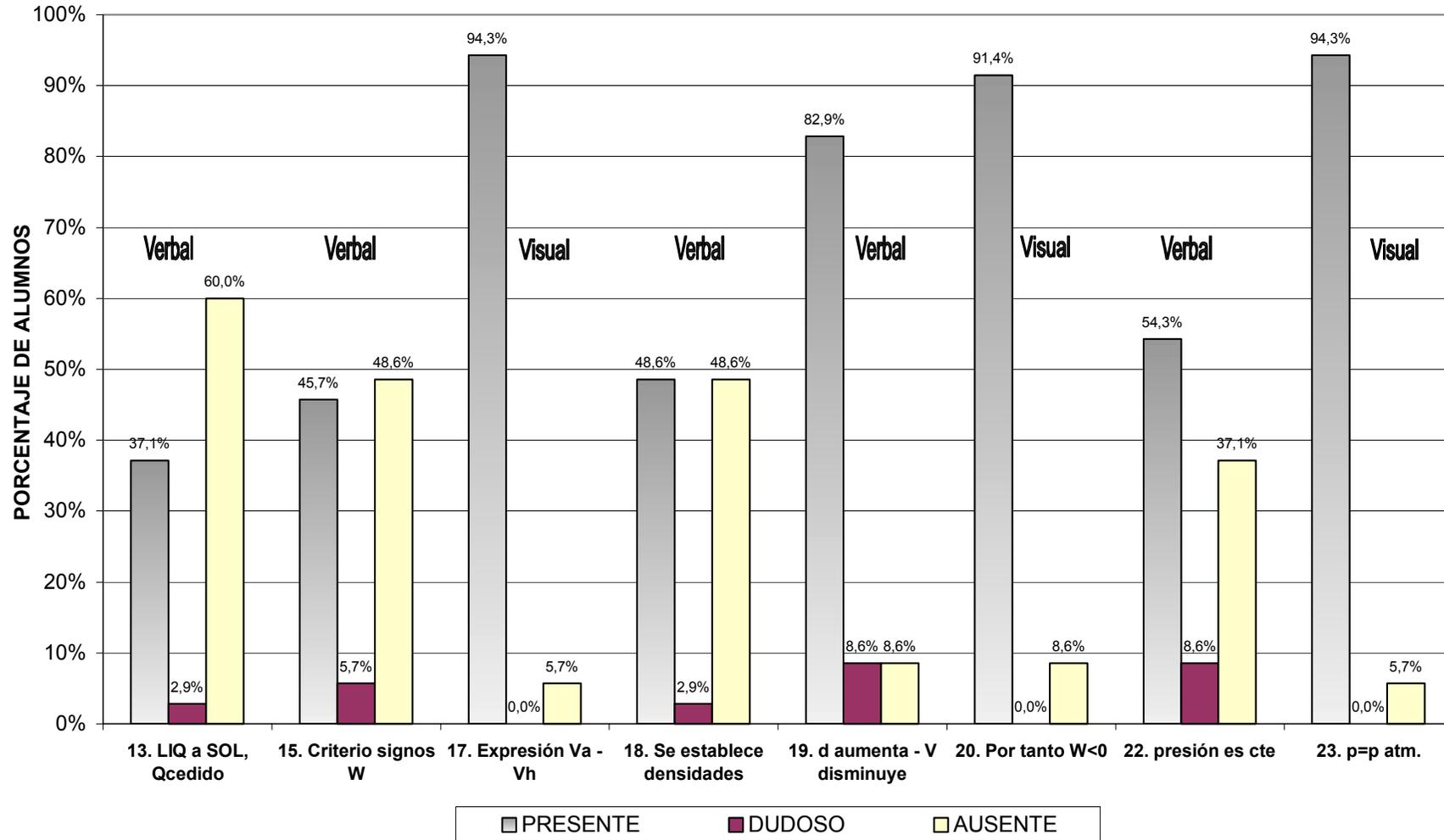
18. Establecimiento de las densidades del estado inicial (d_{hielo}) y final (d_{agua}) (*verbal*).
19. Como la densidad del agua es mayor que la densidad del hielo, por tanto, hay una disminución de volumen (*verbal*).
20. Por tanto el trabajo es negativo (*visual*).
22. La presión es constante durante el proceso (*verbal*).
23. Es la presión atmosférica (*visual*).
24. (*visual*)
$$W = \int_{V_h}^{V_a} p \cdot dV = \int_{V_h}^{V_a} p_0 \cdot dV$$
25. (*verbal*)
$$W = p_0(V_a - V_h)$$
27. Repetición de la expresión matemática del primer principio.
28. Expresión de la variación de energía interna (*visual*):
$$\Delta U = m \cdot L_f - p_0 \left(\frac{m}{d_a} - \frac{m}{d_h} \right)$$
29. Como $d_{\text{agua}} > d_{\text{hielo}}$
30. Ese trabajo al ser negativo se va a sumar al calor proporcionado al sistema (*verbal*).
31. Conclusión: La energía interna aumenta porque se transfiere energía al sistema en forma de trabajo y en forma de calor (*verbal*).

Los resultados del análisis de la Microestructura se presentan en las Figuras 3.13 a 3.15. En todas ellas, e independientemente del tipo de información suministrada (definición, deducciones matemáticas, argumentación, conclusiones, etc.), siempre es superior el porcentaje de información recogida cuando se ha presentado de forma visual que cuando se ha presentado en forma verbal. Así, de las 14 unidades de información presentadas visualmente, solamente una queda por debajo del 90% (un 77%) y, además, se trata de un dibujo que no proporciona ninguna información relevante. En cambio, de las 9 unidades de información presentadas verbalmente, solamente dos superan con amplitud el 50%: la inferencia “como $d_{\text{agua}} > d_{\text{hielo}}$, el volumen disminuye” (83%) y la conclusión del problema (un 86%).

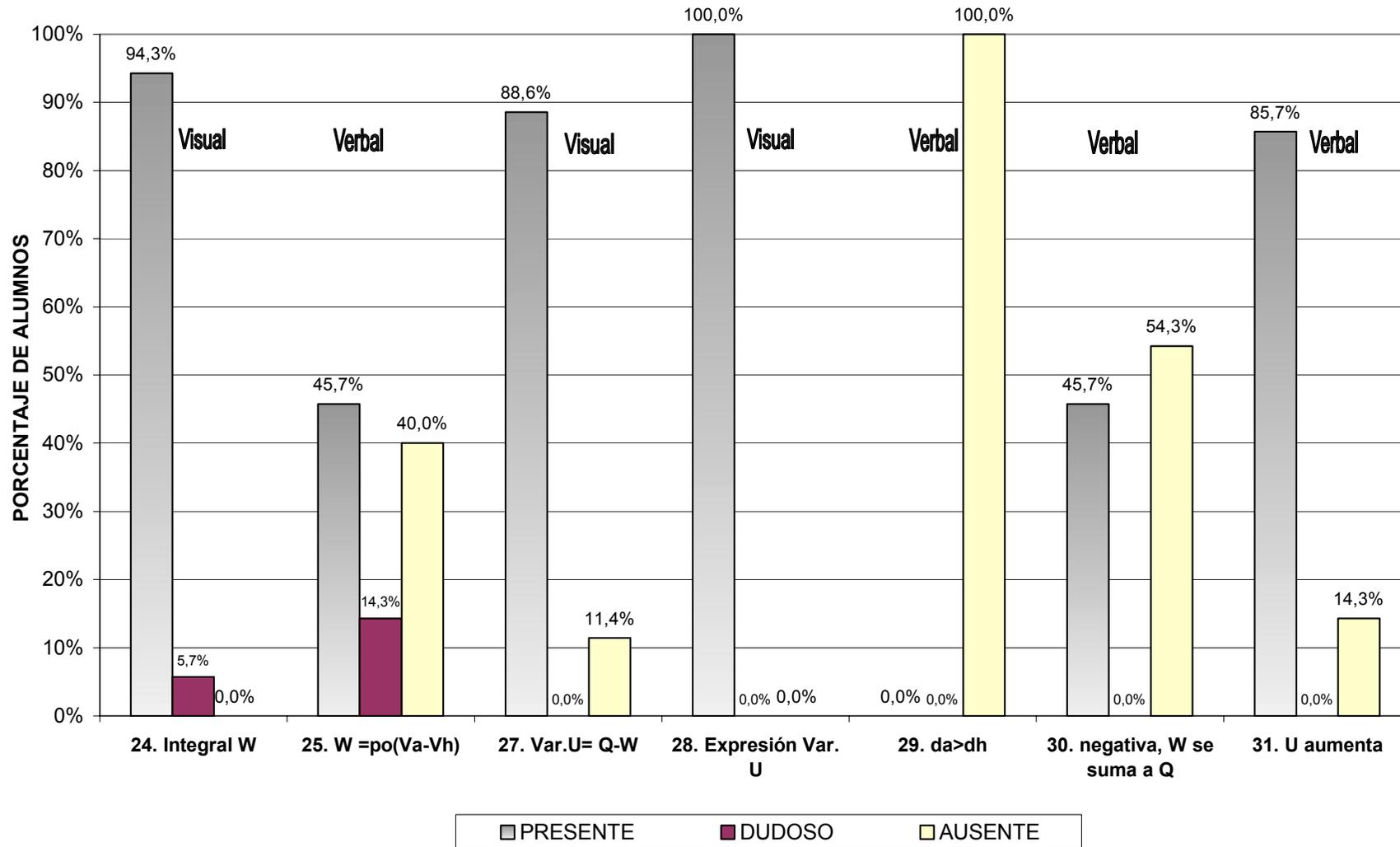
**Figura 3.13. Microestructura reflejada en apuntes (1).
Aplicación del primer principio de la Termodinámica.**



**Figura 3.14. Microestructura reflejada en apuntes (2).
Aplicación del primer principio de la Termodinámica.**



**Figura 3.15. Microestructura reflejada en apuntes (3).
Aplicación del primer principio de la Termodinámica.**

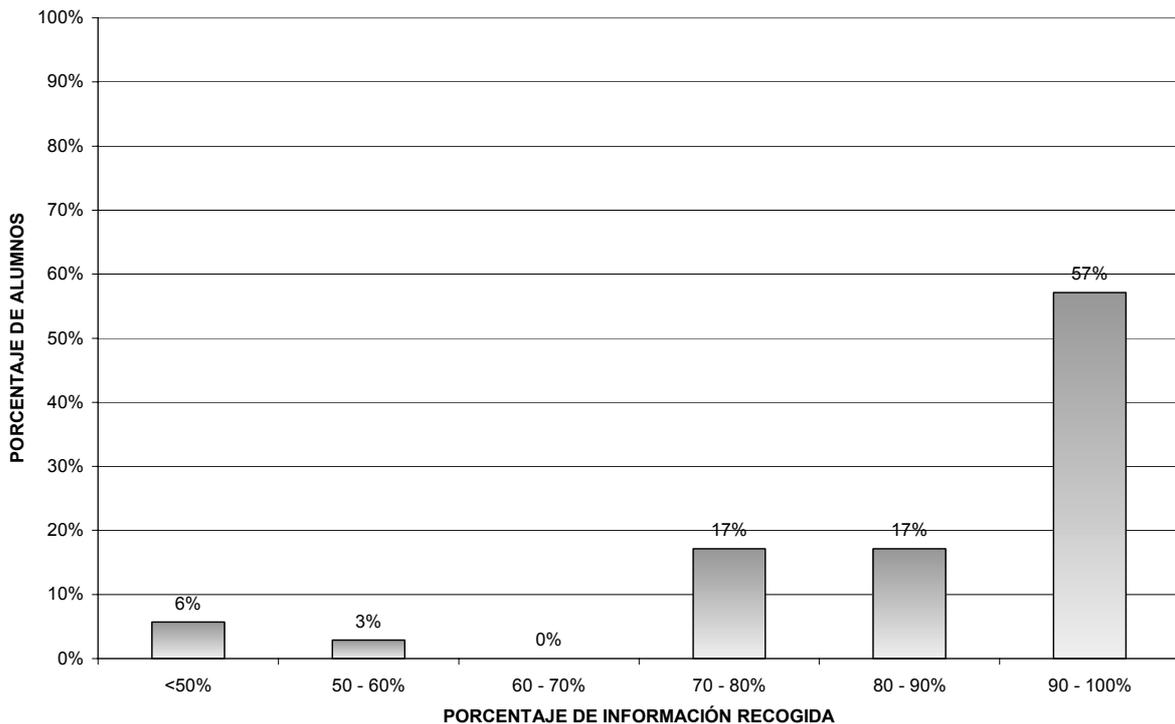


2) Tipo de presentación

Los resultados señalados en los apartados anteriores quedan reflejados de forma patente cuando se comparan los porcentajes de información recogida por los alumnos cuando ha sido presentada por el profesor en transparencias (visual) o ha sido suministrada por el profesor en forma verbal.

Como puede observarse en el gráfico de la Figura 3.16, un 74% de los alumnos recoge más del 80% de la información presentada en forma visual. Aunque existe un 9% que no recoge ni siquiera el 60% de la información visual, que se supone es la más importante.

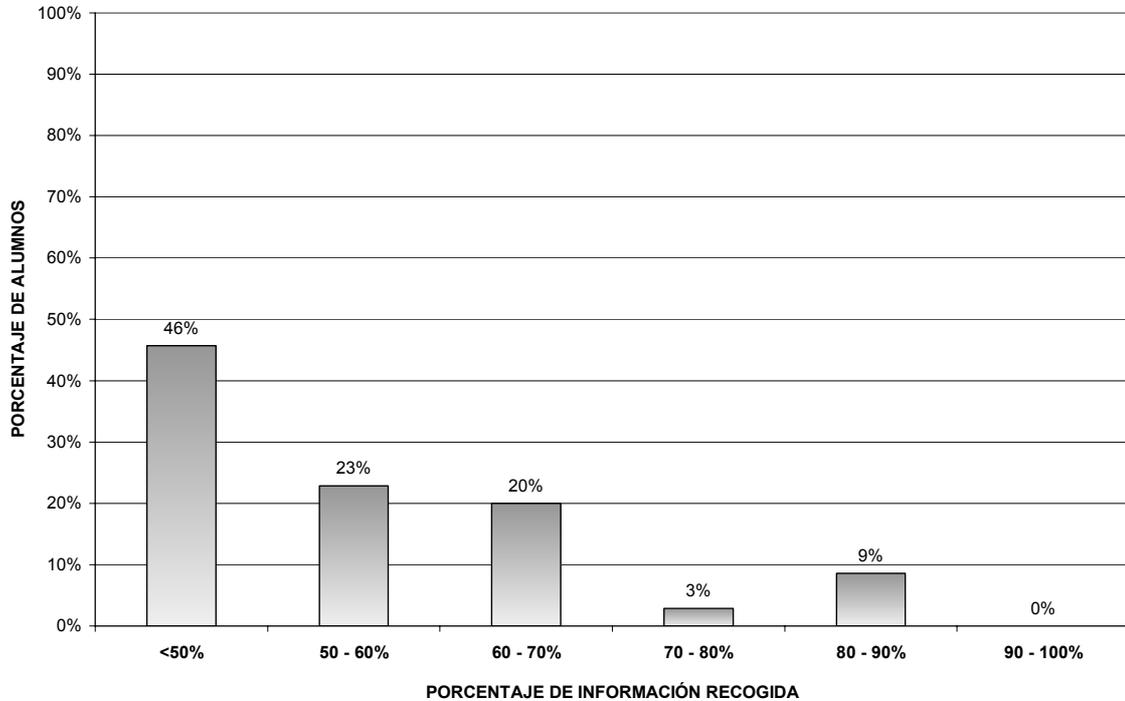
**Figura 3.16. Información presentada visualmente que recogen los alumnos.
Aplicación del primer principio de la Termodinámica.**



La distribución de los alumnos en el caso de la información presentada verbalmente es diametralmente opuesta a la de la información visual (Figura 3.17): un 46% de los alumnos no llega a recoger el 50% de la información presentada y sólo un 9% recoge más del 80%.

Figura 3.17. Información presentada verbalmente que recogen los alumnos.

Aplicación del primer principio de la Termodinámica.



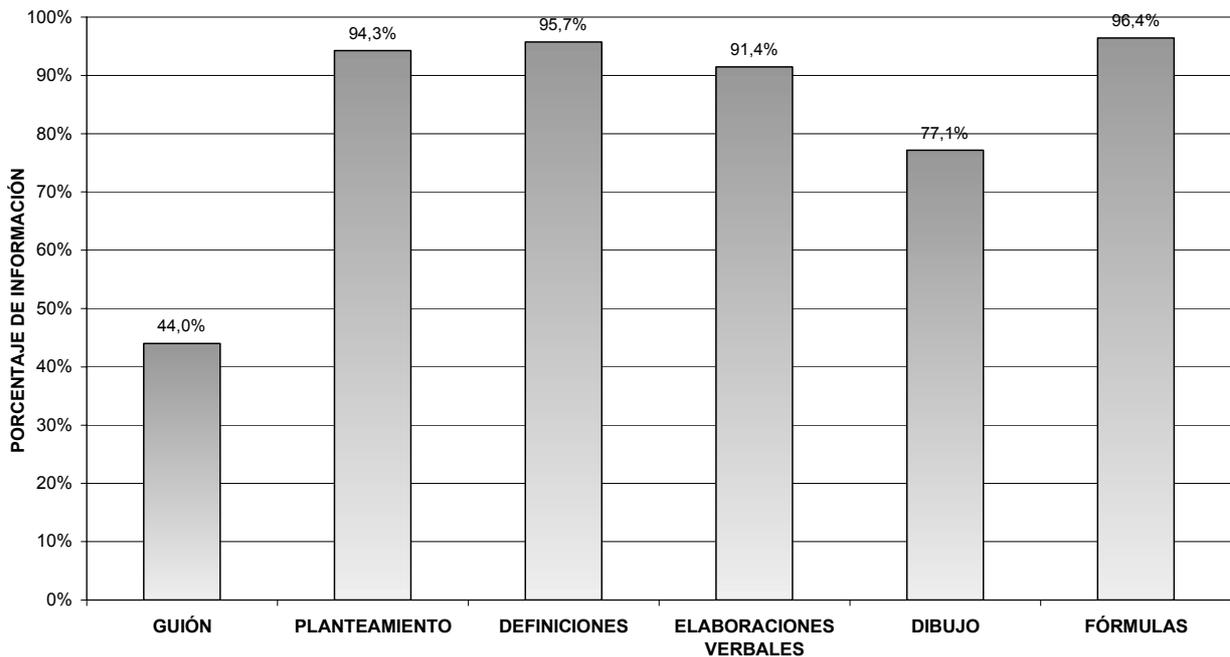
3) Clase de contenido

A la vista de los resultados obtenidos al comparar los porcentajes de información visual y verbal reflejados en los apuntes de los alumnos, en el gráfico de la Figura 3.18 sólo se ha considerado la información presentada de forma visual, lo que elimina el porcentaje de información total recogida en objetivos y reduce las unidades de información sobre el guión y las elaboraciones verbales.

La información presentada de forma textual se recoge en diferentes porcentajes dependiendo de su función. Las señales de macroestructura son las que se reflejan en menor proporción (solamente un 44%). En cambio el planteamiento del problema, la definición de calor latente de fusión y la deducción del signo del trabajo son recogidos por más del 90% de los alumnos.

Se recoge el 96,4% de las fórmulas presentadas y, a pesar de proporcionar una información completamente irrelevante para la comprensión del problema, un 77% de los alumnos recoge el dibujo del bloque de hielo. De forma análoga al caso del dibujo del bloque de hielo, un elevado porcentaje de alumnos (94%) recoge el dato de que la presión es la presión atmosférica, totalmente anecdótico (pero presentado de forma visual).

Figura 3.18. Clase de contenido que recogen los alumnos en los apuntes. Aplicación del primer principio de la Termodinámica.



Solamente tres alumnos (9%) presentan elaboraciones propias a la información del profesor (aunque uno de ellos erróneamente). Seis alumnos (17%) contienen errores en sus apuntes. Son errores en el propio objetivo del problema (“calcular la energía interna...”), criterio de signos para el trabajo o el calor, sustituciones en las fórmulas o deducciones (“aumento de volumen” del sistema en el paso hielo – agua).

3.3. Conclusiones

En el caso de la aplicación del primer principio de la termodinámica, solamente un 17% de los alumnos recoge la macroestructura de la resolución

del problema de forma completa y clara. Recíprocamente, un 6% no recoge prácticamente la macroestructura. Las señales de macroestructura presentadas en forma visual se recogen en mayor porcentaje (entre el 54-100%) que las presentadas en forma verbal (entre el 26-66%).

En la deducción de la ecuación del movimiento de una onda armónica, en que todas las señales de macroestructura eran verbales, únicamente un 17% recoge más del 70% de las señales y un 4% prácticamente no recoge nada. Hay que destacar que solo un 42% recoge la parte fundamental del objetivo, frente al 88% que recoge la parte concreta del mismo.

Es preciso destacar también que las señales de macroestructura, incluso las presentadas de forma visual, se recogen en menor medida que las definiciones y fórmulas (44% de señales de macroestructura frente a más del 90% de definiciones y fórmulas en el caso de la aplicación de Termodinámica).

En cuanto a la microestructura, se recogen especialmente las fórmulas, definiciones y objetivo (en este orden), y se recogen muy pocas elaboraciones.

También en este caso se recoge mayoritariamente la información visual frente a la verbal. Así un 55% (Ondas) - 74% (Termodinámica) de los alumnos recoge más del 80% de la información visual, frente a un 0% - 9% que recoge porcentajes análogos de información verbal. Este resultado es lógico puesto que, generalmente, se presenta visualmente la información más importante.

Un 17%- 9%, respectivamente, de los alumnos no recoge ni siquiera el 60% de la información presentada en forma visual, que se supone es la más importante.

Puede concluirse que el material no recogido suele ser información repetitiva (caso de las diferentes unidades de información relativas a lo que es una onda armónica, la necesidad de calcular previamente el volumen y la presión para determinar el trabajo realizado; el hecho de que la presión es constante y que la densidad del agua es mayor que la del hielo) o información

que les resulta evidente (“por tanto ... restamos”).

Se da el caso de alumnos (10%) que registran completamente la macroestructura pero recogen menos la microestructura. Análogamente hay alumnos (20%) que, registrando más del 70% de la Microestructura, no llegan a recoger ni la mitad de las señales de macroestructura. Ello parece indicar que más información no significa mejor información.

Conclusiones

El profesor debe ser consciente de que los alumnos recogen en menor medida las señales verbales y que, por lo tanto, es preciso presentar toda la información importante de forma visual.

Dadas las dificultades que tienen los alumnos para detectar las señales de macroestructura, incluso las presentadas de forma visual, el profesor debe destacarlas de forma especial.

En cierta medida, los alumnos toman decisiones mientras recogen los apuntes eliminando información evidente o repetitiva y realizando elaboraciones propias.

CAPÍTULO 4. FACTORES RELATIVOS A LOS ALUMNOS. ANÁLISIS DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

Introducción

Como se ha mencionado en los antecedentes, existe una crítica generalizada hacia los trabajos prácticos en la clase de Ciencias experimentales. Los estudios destacan la desconexión entre teoría y laboratorio (Coleman, Holcomb y Rigden, 1998; Ferreyra y González, 2000), así como el hecho de que los alumnos sigan los manuales como auténticas “recetas de cocina” (Insausti, 1997).

Sebastián (1987) ha explorado las opiniones de alumnos y profesores sobre lo que debería ser el trabajo en el laboratorio de Física y también encuentra que ambas muestras coinciden en que el laboratorio debería dar importancia a objetivos como *“ilustrar el contenido de la teoría”*, *“servir de ayuda en el aprendizaje de conceptos físicos”* y *“familiarizar con equipos de laboratorio”* y, en cambio, se debería dar menos importancia a objetivos como *“entrenar en seguir instrucciones escritas”*.

La encuesta realizada a los alumnos de Física del primer curso de Ciencias Biológicas y Ciencias Ambientales refleja opiniones similares y poco favorables hacia las prácticas realizadas en los laboratorios de la asignatura: son consideradas poco útiles para su carrera por un 63% de los alumnos de Física de los procesos biológicos (FPB) y por un 30% de los de Física Ambiental (FA); porcentajes similares afirman que no facilitan la comprensión teórica.

Se realizó, por tanto, un análisis de las prácticas de laboratorio de una de estas asignaturas, Física de los Procesos Biológicos. En esta asignatura, que como ya se ha dicho es de tipo cuatrimestral, se realizan cuatro prácticas:

- Medida de longitudes, áreas y volúmenes.
- Medida de la aceleración de la gravedad. Péndulo.
- Osciloscopio.
- Medidas en corriente continua.

En el curso 1998/99 se realizó una observación informal del trabajo en el laboratorio, mientras los alumnos realizaban las experiencias de “Osciloscopio” y “Medidas en corriente continua”. Como resultado de esta observación, en el curso 1999/2000 se analizaron los guiones de laboratorio de una muestra aleatoria de alumnos.

4.1. Observación del trabajo en el laboratorio

En la observación se exploraron los aspectos siguientes:

el alumno,

- ha realizado prácticas de Física durante la Enseñanza Secundaria,
- reconoce los principios de Física que se aplican en la práctica que está realizando,
- encuentra relación entre lo que está haciendo y lo que ha estudiado en teoría,
- encuentra dificultad en el guión de laboratorio,
- considera que la experiencia va a ser de utilidad en la carrera y en el futuro.

La información recogida sugirió que:

- La mayoría de los alumnos no hicieron prácticas de laboratorio en Enseñanza Secundaria (“si acaso, el péndulo” o “en Biología, no en Física”).
- El laboratorio está desconectado temáticamente de la teoría.
- Los alumnos establecen relaciones entre la práctica y la teoría. Así, en el osciloscopio, “la señal se relaciona con el movimiento armónico simple,... con la ecuación del m.a.s. ...”, pero “no recuerdo la ecuación del movimiento ondulatorio” o “tiene que ver con la electricidad (potencial, corriente alterna), no con el m.a.s.”. Y, en las medidas con voltímetros y amperímetros, “se refiere a la

ley de Ohm, (la fórmula está en la página anterior)", pero no se dan cuenta de que con el "shunt" se está buscando que pase por el amperímetro una fracción de la intensidad que circula por el circuito.

- Existen discrepancias sobre el grado de dificultad del guión y algunos alumnos señalan que tienen problemas de tiempo para poder leerlo antes de entrar en el laboratorio (se supone que han consultado la teoría previamente).
- Los alumnos entienden mejor las explicaciones de un compañero que las del profesor.
- Los alumnos consideran que sí que les puede ser útil en el futuro (caso del osciloscopio para alumnos que quieren estudiar Biología molecular).

4.2. Análisis de los guiones de laboratorio

De las cuatro prácticas, se seleccionó "Medida de la aceleración de la gravedad. Péndulo" por presentar una dificultad de tipo medio. Como se señala en el guión: por una parte, el alumno "debe interpretar el movimiento de un sistema real, como es el péndulo físico, mediante un modelo (péndulo simple) y, también debe reconocer cuáles son los límites del modelo"; por otra parte "tiene que enfrentarse con el problema de la medida, directa e indirecta, reconociendo y manejando los distintos tipos de errores que intervienen y reduciéndolos en la mayor medida posible".

Sujetos

Del total de alumnos que realizó la práctica se tomó una muestra aleatoria de 36 alumnos.

Procedimiento

Los alumnos reciben un guión de la práctica que incluye apartados relativos a:

1. Material.
2. Objetivos.
3. Descripción y manejo.
4. Fundamento del método de medida.

5. Análisis crítico del método.
6. Procedimiento operativo.
7. Resultados (debe ser completado por los alumnos).
8. Interpretación y análisis de los resultados (debe ser completado por los alumnos).

Una vez concluida la práctica, los alumnos entregan el guión completado a los profesores para su calificación. La nota de prácticas contribuye con un máximo de dos puntos a la calificación final de la asignatura.

Para el análisis de los guiones se recogió información referente a:

- 1) Justificación teórica. En el guión se exige del alumno que deduzca, a partir de la bibliografía recomendada, las ecuaciones de:
 - a) El movimiento oscilatorio realizado por el péndulo.
 - b) El período del péndulo simple para pequeñas oscilaciones.
- 2) Reconocimiento del error instrumental de los aparatos utilizados.
- 3) Cálculo del error aleatorio.
 - a) Determinación del período medio del péndulo, desviación típica y error cuadrático medio.
 - b) Decisión sobre el error a considerar (comparación de los valores de los errores instrumental y aleatorio).
- 4) Construcción del histograma de frecuencias de los datos obtenidos.
- 5) Expresión de las medidas.
 - a) Longitud del péndulo simple.
 - b) Valor final de período del péndulo.
 - c) Valor final de la aceleración de la gravedad.
- 6) Interpretación de los resultados.
 - a) Justificación de la variación de la desviación típica con la longitud del péndulo.
 - b) Comparación de las contribuciones de los errores en la longitud y el período en el error de la aceleración de la gravedad.
 - c) Discusión de la exactitud y precisión de la medida. Error relativo de la medida.

Resultados

1) Justificación teórica.

La mitad de los alumnos (42%) aporta en el guión la fundamentación teórica que se exige de forma completa; un 12% presenta únicamente la justificación de la expresión del período y un 31% no aporta absolutamente nada (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Justificación teórica de la práctica realizada.

Concepto	Bien	Incompleto	Mal	No contesta
Ecuación movimiento	42%	14%	0%	44%
Período péndulo	56%	3%	11%	31%

2) Reconocimiento del error instrumental de los aparatos utilizados.

Se trata de constatar si el alumno reconoce el grado de precisión que tienen el cronómetro y la regla graduada utilizados, así como si, en el caso de la esfera, señala que el error cometido en el radio es la mitad del error asignado al diámetro y, en el caso del período, divide el error instrumental por el número de oscilaciones.

Tabla 4.2. Determinación del error instrumental.

Concepto	Bien	Unidades	Mal	No contesta
Cronómetro	97%	----	3%	0%
Longitud	100%	----	0%	0%
Radio esfera	6%	8%	55%	31%
Error instrumental de T	89%	----	11%	0%

Como se observa en la Tabla 4.2, prácticamente todos los alumnos señalan correctamente la precisión instrumental de regla y cronómetro e indican el error instrumental del período. No es así en el caso de la medida del radio de la esfera que se cuelga del hilo: la mitad de los alumnos da un error equivocado (la mitad de los cuales señala, sencillamente, el error correspondiente al diámetro), un 8% no se percata de que se solicita la medida en centímetros (no pasa los milímetros a centímetros y da un valor de 12 cm, sin reflexionar sobre lo que se le pide), y un 31% no completa el valor del radio de la esfera.

3) Error aleatorio.

- a) Determinación del período medio del péndulo, desviación típica y error cuadrático medio.

Como se observa en la Tabla 4.3 prácticamente todos los alumnos calculan correctamente el valor medio de los valores obtenidos para el período del péndulo, su desviación típica y su error cuadrático medio.

Tabla 4.3. Determinación del error aleatorio.

Concepto	Bien	Mal	No contesta
Período medio	91%	9%	0%
Desviación típica	86%	14%	0%
Error cuadrático medio	92%	8%	0%
Decisión correcta del error a considerar	75%	19%	6%

- b) Decisión sobre el error a considerar (comparación de los valores de los errores instrumental y aleatorio).

El 75% de los alumnos realiza correctamente la comparación, tomando la decisión adecuada (en general tienen que tomar el error aleatorio pues es superior al instrumental), pero solamente el 31% lo justifica adecuadamente.

4) Construcción del histograma de frecuencias de los datos obtenidos.

Es importante destacar que sólo la tercera parte de los alumnos construye correctamente el histograma de frecuencias de los valores obtenidos para el período de oscilación del péndulo. Otra tercera parte presenta histogramas incorrectos porque no establece intervalos iguales de tiempo en el eje de abscisas.

5) Expresión de las medidas.

En este apartado se trataba de contrastar si, además de haber medido y calculado bien el error, la medida se expresaba con un número de cifras significativas adecuado al error cometido en la medida.

Tabla 4.4. Expresión de las medidas.

Concepto	Bien	Cifras significativas no adecuadas	Mal	No contesta
Longitud del péndulo simple	31%	69%	0%	0%
Período de oscilación	20%	56%	13%	11%
Valor g	6%	36%	58%	0%
Error de g	36%	11%	53%	0%

a) Longitud del péndulo simple.

Aunque la totalidad de los alumnos señalan correctamente cuál es la precisión instrumental de la regla graduada, solamente un 31% da con la precisión adecuada el valor de la longitud del *péndulo simple* pues el 69% pone un número de cifras significativas que no se adecua al error de la regla (Tabla 4.4).

b) Valor final de período del péndulo.

De nuevo, más de la mitad de los alumnos (53%) da un número de cifras significativas no adecuado al error calculado, generalmente dan un número superior al correcto.

c) Cálculo de la aceleración de la gravedad.

El primer punto a destacar es que solamente dos alumnos (un 6% de la muestra) consideran claramente el radio de la esfera a la hora de sustituir la longitud del péndulo para calcular la aceleración de la gravedad (Tabla 4.2). De los alumnos que calculan la aceleración de la gravedad a partir de la longitud del péndulo simple, un 36% de los alumnos vuelve a dar para g un número de cifras significativas que no se corresponde con los del error obtenido.

Como puede verse en la tabla el porcentaje de alumnos que hace aproximaciones correctas para el valor del error de g es mayor que para el valor de g . La mayoría de los resultados categorizados como "Mal" para el error de g corresponden a alumnos que, a pesar de haber tomado en su momento la decisión correcta, sustituyen como error del período el error instrumental en lugar del aleatorio.

En resumen, a pesar de todo el esfuerzo realizado por los profesores en la preparación del guión para que los alumnos aprendan a calcular el error de sus medidas y expresarlas con el número de cifras adecuadas, sólo han tenido éxito en menos de la tercera parte de los alumnos.

En cambio, la destreza y cuidado de los alumnos en las medidas no es mala pues, para la mitad de los alumnos, el valor real de g está comprendido entre sus márgenes de error ($g \pm \Delta g$). Solamente un 14% de los alumnos obtienen valores muy desajustados (Figura 4.1).

6) Interpretación de los resultados.

Como puede observarse en la Tabla 4.5, una cuarta parte de los alumnos no responde ninguna de las preguntas planteadas en la interpretación de los resultados, probablemente por falta de tiempo.

a) Justificación de la variación de la desviación típica con la longitud del péndulo.

Una tercera parte de los alumnos demuestra no haber comprendido el significado del concepto de "desviación típica" (y, tal vez, por las justificaciones que aportan, el propio concepto de desviación). Un pequeño porcentaje se limita a presentar información teórica sin ninguna aportación propia.

Figura 4.1. Distribución de los resultados obtenidos por los alumnos para el valor de la aceleración de la gravedad.

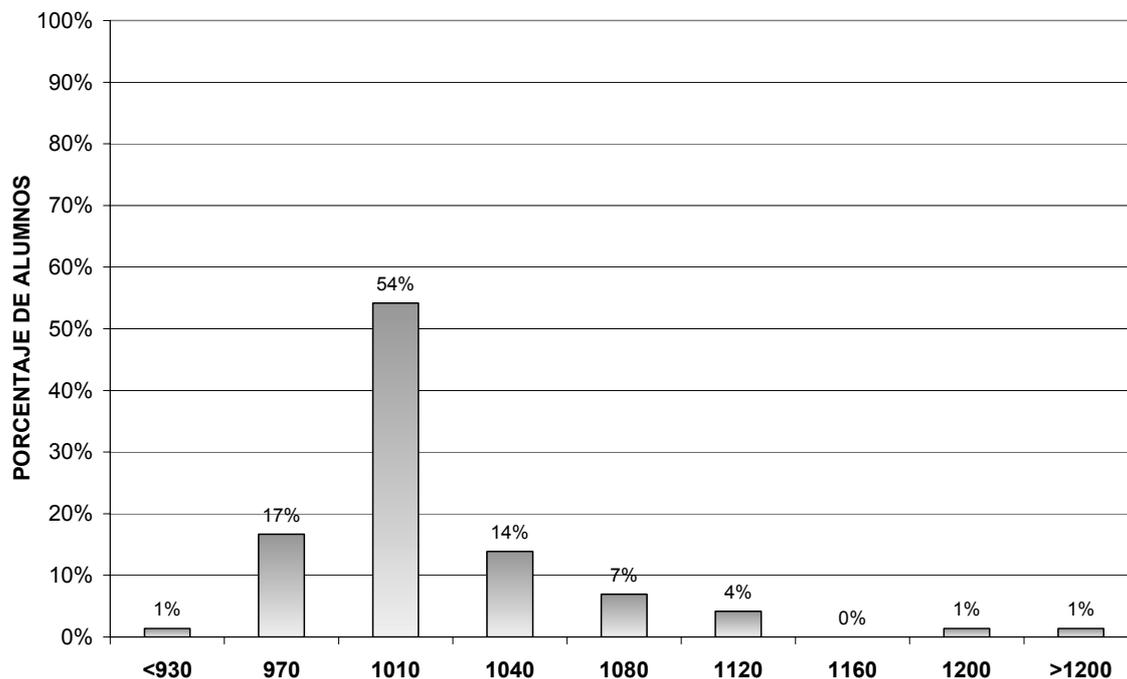


Tabla 4.5. Interpretación de los resultados.

Concepto	Bien	No justificado (o teoría)	Mal justificado	No contesta
Desviación típica	27%	14%	34%	25%
Contribuciones al error de g	11%	19%	42%	28%
Exactitud-precisión	39%	8%	17%	36%

b) Comparación de las contribuciones de los errores en la longitud y el período en el error de la aceleración de la gravedad.

Únicamente la décima parte de los alumnos demuestra haber comprendido la pregunta y responde comparando realmente las contribuciones al error de la gravedad del error de la longitud y del péndulo. Unos se limitan a comparar ambos errores y otros hablan de que se ha partido de que son iguales (sin comprobarlo). Un 10% demuestra no conocer el significado del término “orden de magnitud”.

c) Discusión de la exactitud y precisión de la medida. Error relativo de la medida.

Un 59% de los alumnos no calcula el error relativo de la medida y, por tanto, no discuten o justifican mal la precisión o exactitud de la medida que han realizado. Un 19% llega a calcular el porcentaje del error cometido, otro 19% se limita a dar el tanto por uno. Un alumno vuelve a demostrar que no sabe calcular el tanto por ciento.

Conclusiones

Los resultados del análisis de los guiones del alumno de la práctica de laboratorio confirman la información recogida en la encuesta:

- Los alumnos no obtienen un aprendizaje significativo de su trabajo en el laboratorio y, en general, se limitan a seguir el guión de forma rutinaria.
- Aunque, por los resultados obtenidos, realicen con cuidado las medidas, no preparan previamente la base teórica ni se esfuerzan en responder las preguntas que se plantean.

En cambio, frente a lo que han señalado en la encuesta, no demuestran “intentar razonar la asignatura” pues aquellos que responden a la interpretación de los resultados, se limitan a repetir contenidos teóricos aportados por el propio guión o dan respuestas sin fundamento.

Es indudable que sería necesario orientar el trabajo en el laboratorio del alumno de otra manera, tal vez en la línea señalada por Coleman, Holcomb y Rigden (1998) de “*laboratorios cortos, enfocados, con informes escritos mínimos y significativos, coordinados con la clase magistral y que les ayuden a comprender la Física*”. Otra solución sería la propuesta por Insausti (1997) de introducir un Pre-laboratorio que “*organizara el pensamiento del alumno antes de entrar al laboratorio*” realizando la adecuada conexión con los contenidos teóricos, y un Post-laboratorio, que les obligara a “*interpretar y discutir el trabajo realizado en el laboratorio*”.

CAPÍTULO 5. FACTORES RELATIVOS A LOS ALUMNOS. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE EVALUACIÓN.

Introducción

En un trabajo anterior sobre “Formación inicial y rendimiento académico en Física del primer curso universitario” (Pérez de Landazábal y otros, 2000) se ha encontrado que de un total de 252 alumnos matriculados en la asignatura de “Física de los Procesos Biológicos” (FPB), impartida en el primer cuatrimestre del primer curso de la facultad de CC. Biológicas de la Universidad de Alcalá de Henares, se presentaron al examen 204 alumnos (81%) y sólo 78 fueron calificados como aptos entre las tres convocatorias posibles - febrero, junio y septiembre - (un 31% de los matriculados y un 38% de los presentados), lo cual indica un bajo rendimiento en la asignatura.

La calificación final de FPB se compone de tres partes, correspondientes a una prueba de 12 preguntas de opción múltiple sobre “Fundamentos de Física”, una prueba de respuesta breve sobre “Bioaplicaciones” de la Física, y una calificación del trabajo de laboratorio que representa un máximo del 20% de la calificación final. La correlación entre las calificaciones de Fundamentos y Bioaplicaciones es baja (0,41), lo cual indica que ambas pruebas miden capacidades diferentes. Por ello se analizan por separado los resultados de ambas pruebas intentando localizar los puntos conflictivos para el alumno.

5.1. Fundamentos de Física

Se han analizado los resultados de las pruebas de “Fundamentos de Física” aplicadas en la primera convocatoria de los cursos 1998/1999 y 1999/2000 a los dos grupos existentes en la asignatura de FPB. En la calificación de estas pruebas, para evitar las respuestas aleatorias, los profesores penalizan las respuestas incorrectas aplicando la fórmula habitual.

$$\text{calificación} = N_{\text{correctas}} - \frac{N_{\text{incorrectas}}}{3}$$

Se presentan las calificaciones en su versión original – sobre tres puntos – en lugar de transformarlas a puntuación decimal con objeto de no variar la dispersión de los resultados.

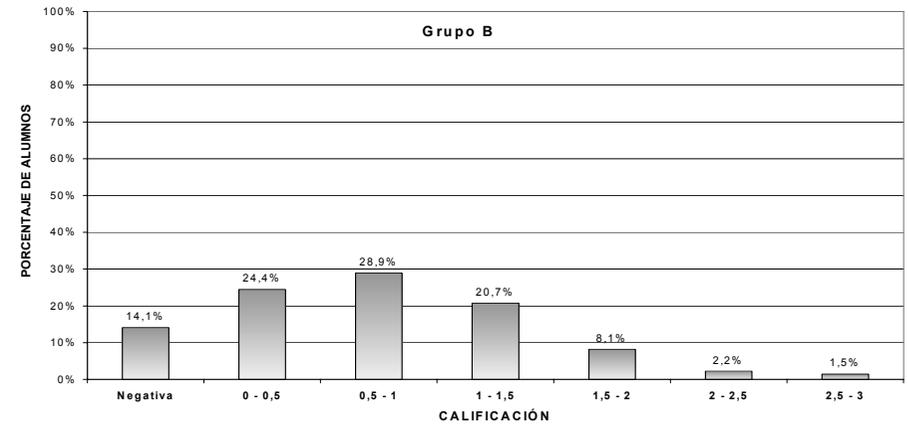
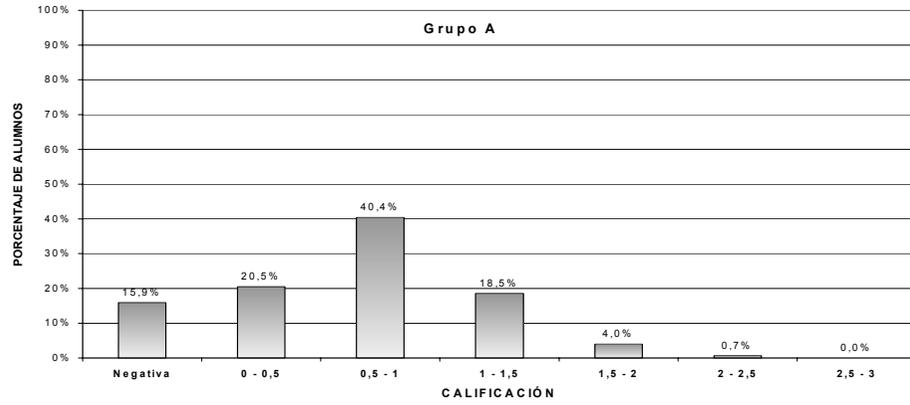
En los gráficos de la Figura 5.1 se muestra la distribución de las calificaciones obtenidas en dichas pruebas por un total de 568 alumnos. Puede observarse que las cuatro distribuciones presentan un sesgo marcadamente positivo con más del 50% de los alumnos por debajo de la media (que oscila entre 0,4 y 0,8) y el porcentaje de alumnos que superan el 1,5 (lo que sería el tradicional aprobado) no alcanzan el 10% en tres de las cuatro situaciones analizadas. Entre el 50 y el 60% obtiene puntuaciones entre 0 y 1 punto, existiendo un porcentaje importante de alumnos con puntuación negativa.

Los contenidos que se repiten en las pruebas son los siguientes:

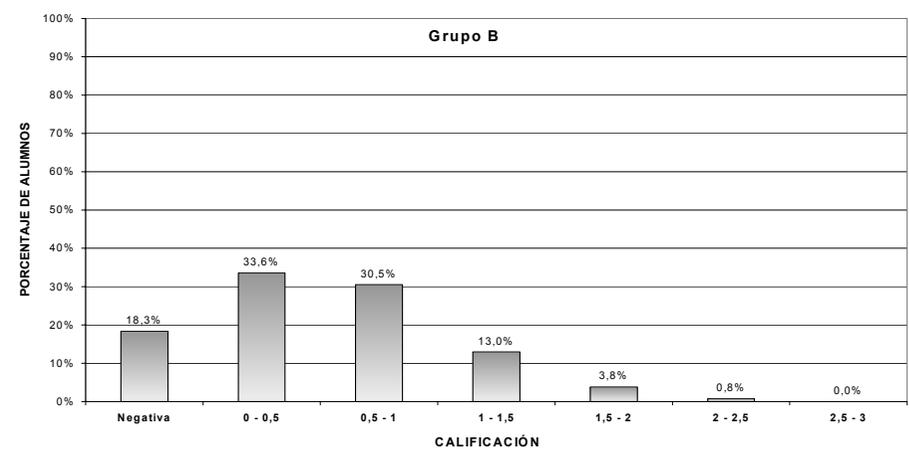
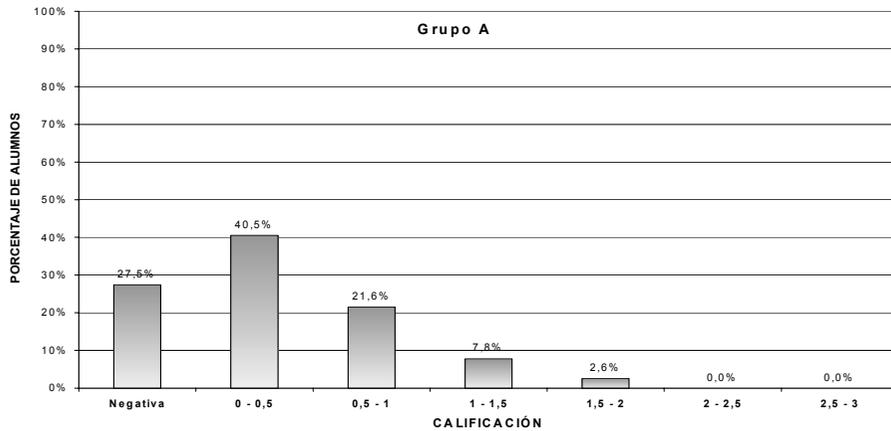
- 1) Equilibrio mecánico.
- 2) Deformación.
- 3) Aplicación del principio de Bernouilli en líquidos viscosos.
- 4) Difusión.
- 5) Ósmosis.
- 6) Primer principio de la Termodinámica.

**Figura 5.1. Distribución de calificaciones en Fundamentos de Física (Física de los procesos biológicos)
CC. BIOLÓGICAS.**

Curso 1998/1999



Curso 1999/2000



- 7) Segundo principio de la Termodinámica.
- 8) Radiación térmica.
- 9) Campo eléctrico.
- 10) Capacidad eléctrica.
- 11) Circuitos eléctricos.
- 12) Radiación electromagnética.

En algún examen se incluyó también preguntas sobre:

- 13) Presión hidrostática.
- 14) Principio de Arquímedes.
- 15) Viscosidad (ley de Stokes).
- 16) Capilaridad.
- 17) Calorimetría.
- 18) Ritmo de evaporación.
- 19) Refracción.
- 20) Interferencias.

Se trata de cuestiones conceptuales o de aplicación casi inmediata. Con objeto de localizar los puntos conflictivos para el alumno se calcularon los índices de dificultad y de discriminación de cada una de las preguntas (Tabla 5.1). El índice de dificultad es el porcentaje de alumnos que responde correctamente la pregunta y por tanto, cuanto más bajo es el índice, más difícil ha resultado la pregunta para los alumnos. El índice de discriminación es la diferencia entre el porcentaje de alumnos con calificaciones en el tercio superior de la distribución de notas de la prueba que ha respondido correctamente esa pregunta y el porcentaje que lo hace dentro del tercio inferior de dicha distribución de calificaciones, de lo cual se infiere si la pregunta “discrimina” entre los que “saben” y los que “no saben” del tema.

Como puede observarse en la Tabla 5.1, solamente 10 preguntas (una quinta parte) son resueltas por más de la mitad de la muestra. Aunque prácticamente la mitad de las preguntas (19) presentan una dificultad entre media y alta (entre el 0,30 y el 0,50), hay 12 preguntas (una cuarta parte) que resultan muy difíciles. Lógicamente los índices de discriminación de estas preguntas son

muy bajos, debido a su gran dificultad. Pero el resto de las preguntas presentan índices de discriminación adecuados, por encima del 0,30, salvo la aplicación del principio de Bernouilli del grupo B 1998/1999 que presenta una dificultad normal y un índice de discriminación nulo. A continuación se realiza un análisis detallado de preguntas y respuestas:

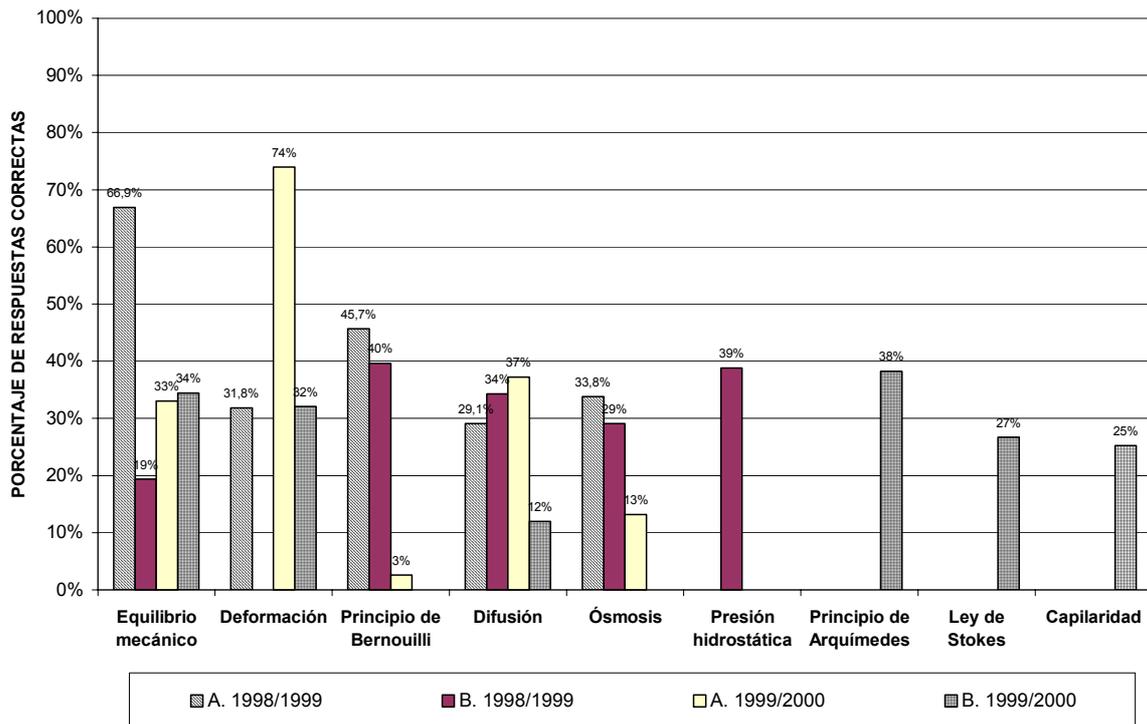
- 1) Equilibrio mecánico – Es una cuestión presente en todas las pruebas y, salvo en el caso de la prueba del grupo A 1999/2000 que únicamente requiere el conocimiento teórico de las condiciones de equilibrio, en los demás casos supone la determinación de la resultante de las fuerzas o momentos que actúan en situaciones concretas: bloque sobre una mesa (A 1998/99), fuerzas que actúan sobre un brazo en posición horizontal (B 1998/99) o fuerzas que actúan sobre un pie en movimiento (B 1999/2000), situaciones éstas últimas en las que se aporta el dibujo de las fuerzas correspondientes.

Como puede observarse en el gráfico de la Figura 5.2, los mejores resultados corresponden a la cuestión del bloque situado sobre una mesa (67% de respuestas correctas), situación que puede ser más familiar para el alumno por su similitud con tareas realizadas en la Enseñanza Secundaria y no a las aplicaciones relacionadas con el campo de la Biología. Resulta chocante que la pregunta más teórica solo alcance un 34% de respuestas correctas: A pesar de las opiniones señaladas en la encuesta, muchos alumnos tienen dificultades para elegir, como señala Tamir (1996), “la mejor respuesta en una serie de cuatro opciones” y seleccionan respuestas que implican una verdad parcial (“Es cero la suma de las fuerzas externas que actúan sobre él” ó “Es cero la suma de los momentos de las fuerzas externas que actúan sobre él”).

- 2) Deformación – Dos de las preguntas relativas a deformación únicamente requieren el reconocimiento de la anulación de la suma de los momentos y, de nuevo, se obtienen mejores resultados en la aplicación, prácticamente directa, (curso A1999/2000) que en el reconocimiento de las características teóricas (curso B1999/2000). La dificultad de la tercera tarea (curso A 1998/1999) – comparación de los alargamientos producidos por la misma fuerza en dos barras del mismo material pero una de ellas con longitud y diámetro doble que la otra –

puede deberse a que requiere el manejo de una proporcionalidad inversa con el cuadrado de una magnitud, razonamiento que resulta difícil incluso para los alumnos que acceden a la universidad, como se ha comprobado en otras investigaciones en la aplicación de la ley de Coulomb en Electrostática (Brincones Otero, López, Cuerva y Jiménez, 1995).

Figura 5.2. Porcentaje de respuestas correctas en la prueba de opción múltiple sobre Fundamentos de Física (Mecánica) (FPB. CC. Biológicas)



3) Aplicación del principio de Bernoulli a líquidos viscosos – Las situaciones planteadas en las tres tareas propuestas exigen al alumno controlar dos variables al mismo tiempo – presión y velocidad del líquido – de ahí su dificultad y su falta de discriminación. El hecho de que la pregunta del curso A 1998/1999 obtenga mejores resultados puede deberse a que el dibujo propuesto facilita el control de variables.

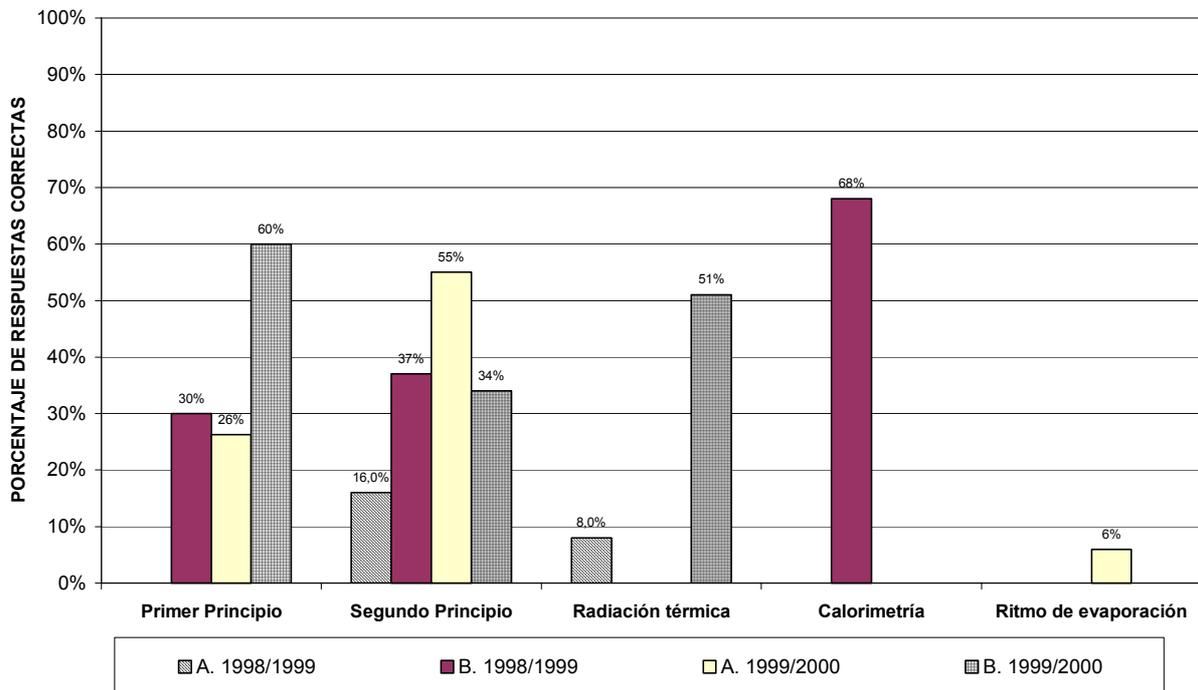
El análisis de los distractores indica que, en muchos casos, los alumnos eligen dos opciones contradictorias, es decir, que no utilizan adecuadamente sus destrezas de razonamiento para la solución de problemas.

Tabla 3.1. Índices de dificultad y discriminación de las preguntas de la prueba de “Fundamentos de Física”.

Pregunta	Grupo	Índice dificultad	Índice discriminación
1) Equilibrio mecánico.	A. 1998/99	0,67	0,38
	B. 1998/99	0,19	0,33
	A. 1999/2000	0,33	0,53
	B. 1999/2000	0,34	0,32
2) Deformación.	A. 1998/99	0,32	0,54
	A. 1999/2000	0,74	0,36
	B. 1999/2000	0,32	0,36
3) Aplicación del principio de Bernoulli.	A. 1998/99	0,46	0,47
	B. 1998/99	0,40	0,04
	A. 1999/2000	0,06	0,06
4) Difusión	A. 1998/99	0,29	0,36
	B. 1998/99	0,34	0,40
	A. 1999/2000	0,37	0,47
	B. 1999/2000	0,12	0,18
5) Ósmosis.	A. 1998/99	0,34	0,54
	B. 1998/99	0,29	0,39
	A. 1999/2000	0,13	0,27
6) Primer principio de la Termodinámica.	B. 1998/99	0,30	0,50
	A. 1999/2000	0,27	0,57
	B. 1999/2000	0,60	0,58
7) Segundo principio de la Termodinámica.	A. 1998/99	0,16	0,09
	B. 1998/99	0,37	0,43
	A. 1999/2000	0,55	0,53
	B. 1999/2000	0,34	0,44
8) Radiación térmica	A. 1998/99	0,08	0,09
	B. 1999/2000	0,51	0,63
9) Campo eléctrico	A. 1999/2000	0,01	0,00
	B. 1999/2000	0,05	0,05
10) Capacidad eléctrica.	A. 1998/99	0,48	0,43
	B. 1998/99	0,46	0,47
	A. 1999/2000	0,68	0,57
	B. 1999/2000	0,50	0,61
11) Circuitos eléctricos.	A. 1998/99	0,75	0,40
	B. 1998/99	0,36	0,47
	A. 1999/2000	0,16	0,12
	B. 1999/2000	0,27	0,44
12) Radiación electromagnética.	A. 1998/99	0,38	0,41
	B. 1999/2000	0,17	0,22
13) Presión hidrostática.	B. 1998/99	0,39	0,31
14) Principio de Arquímedes.	B. 1999/2000	0,38	0,30
15) Viscosidad (ley de Stokes).	B. 1999/2000	0,27	0,38
16) Capilaridad.	B. 1999/2000	0,25	0,43
17) Calorimetría.	B. 1998/99	0,68	0,46
18) Ritmo de evaporación.	A. 1999/2000	0,06	0,04
19) Refracción.	B. 1998/99	0,52	0,53
	B. 1998/99	0,42	0,53
20) Interferencias.	A. 1998/99	0,11	0,25

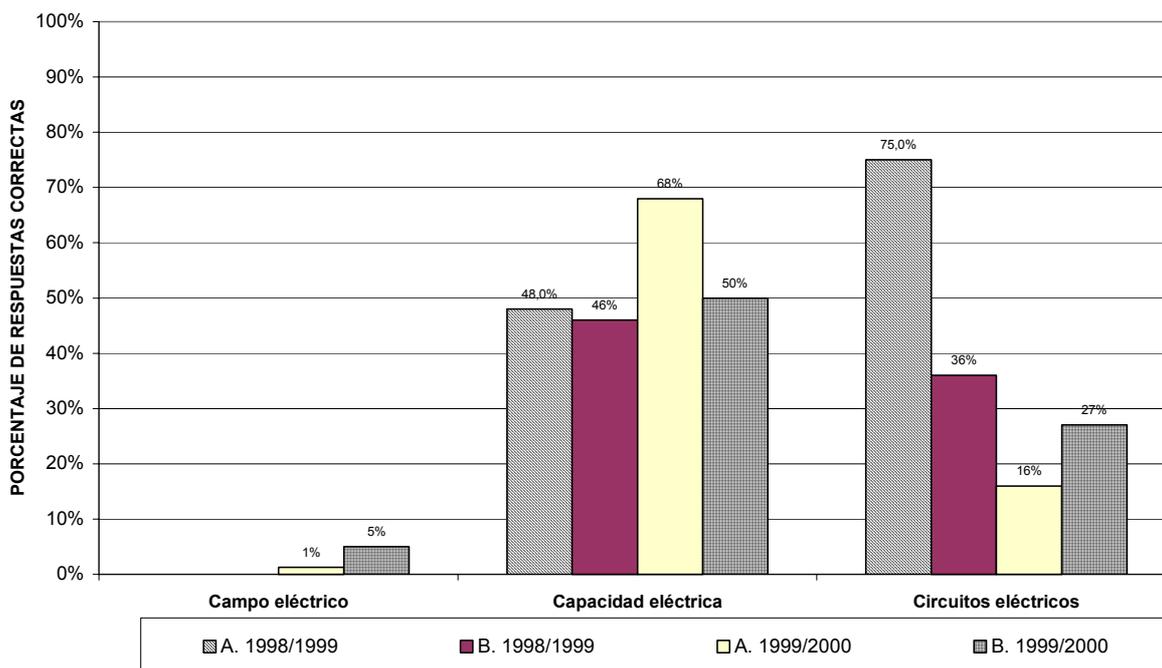
- 4) Difusión – Las cuatro tareas son de tipo teórico, pero mientras las de los tres primeros grupos aportan un gráfico que puede facilitar el reconocimiento de la característica correcta, la cuarta presenta un gráfico que no aporta nada, de ahí su mayor dificultad y falta de discriminación.
- 5) Ósmosis – Son tres tareas con enfoque diferente: Mientras la pregunta del primer grupo sólo exige identificar las afirmaciones correctas, la del segundo es de tipo cuantitativo (lo cual explicaría su mayor dificultad por exigir, además, manejar el cambio de unidades) y la tercera requiere elegir la mejor respuesta y justificarla. La escasa diferencia entre la dificultad de las dos primeras tareas (0,34 y 0,29) parece indicar que las dificultades de los alumnos en este nivel son similares entre tareas conceptuales y cuantitativas. La diferencia en la tercera tarea puede tener su raíz bien en las dificultades de los alumnos para justificar el por qué eligen una afirmación, bien en que no reflexionan sobre la diferencia entre membrana “elástica” y “rígida”.
- 6) Primer principio de la Termodinámica – Las tres tareas requieren identificar el signo del calor, del trabajo y de la variación de la energía interna en diferentes procesos. La más sencilla para los alumnos vuelve a corresponder a la situación más familiar de la fusión de un sólido del grupo A 1999/2000 (0,60), mientras las otras dos (0,30 y 0,27) corresponden a procesos “teóricos” descritos por curvas en un gráfico presión – volumen (Figura 5.3).
- 7) Segundo principio de la Termodinámica – En las tres primeras tareas se solicita indicar la variación de entropía en tres procesos, dos de variación de temperatura y uno de fusión, mientras en la última solamente se exige identificar la variación de entropía del universo en un proceso irreversible (característica teórica). De nuevo, la identificación teórica (grupo B 1999/2000) no supone menos dificultad para el alumno. El análisis de distractores en el caso de la primera tarea (grupo A 1998/1999) indica que la mayoría de los alumnos (62%) relaciona automáticamente “proceso reversible → variación de entropía cero”.

Figura 5.3. Porcentaje de respuestas correctas en la prueba de opción múltiple sobre Fundamentos de Física (Termodinámica) (FPB. CC. Biológicas)



- 8) Radiación térmica – En este caso sí que existe una clara diferencia a favor de la pregunta teórica de identificación de las características de la radiación térmica (ley de Stefan-Boltzmann) frente a la cuestión de aplicación de la misma que, además, requiere señalar el verdadero valor (0,51 frente a 0,08).
- 9) Campo eléctrico – Como puede observarse en el gráfico de la Figura 5.4, las dos cuestiones relativas al campo eléctrico planteadas a los grupos del curso 1999/2000 resultan irresolubles para los alumnos. La abstracción requerida por el concepto puede quedar además agravada por la interpretación de gráficos que requiere la pregunta del grupo A.
- 10) Capacidad eléctrica - En cambio las cuatro tareas sobre capacidad eléctrica son resueltas por la mitad de los alumnos en todos los grupos, indicando que la relación capacidad eléctrica, diferencia de potencial y carga no encierra dificultad para la mayoría de ellos.

Figura 5.4. Porcentaje de respuestas correctas en la prueba de opción múltiple sobre Fundamentos de Física (Electricidad) (FPB. CC. Biológicas)

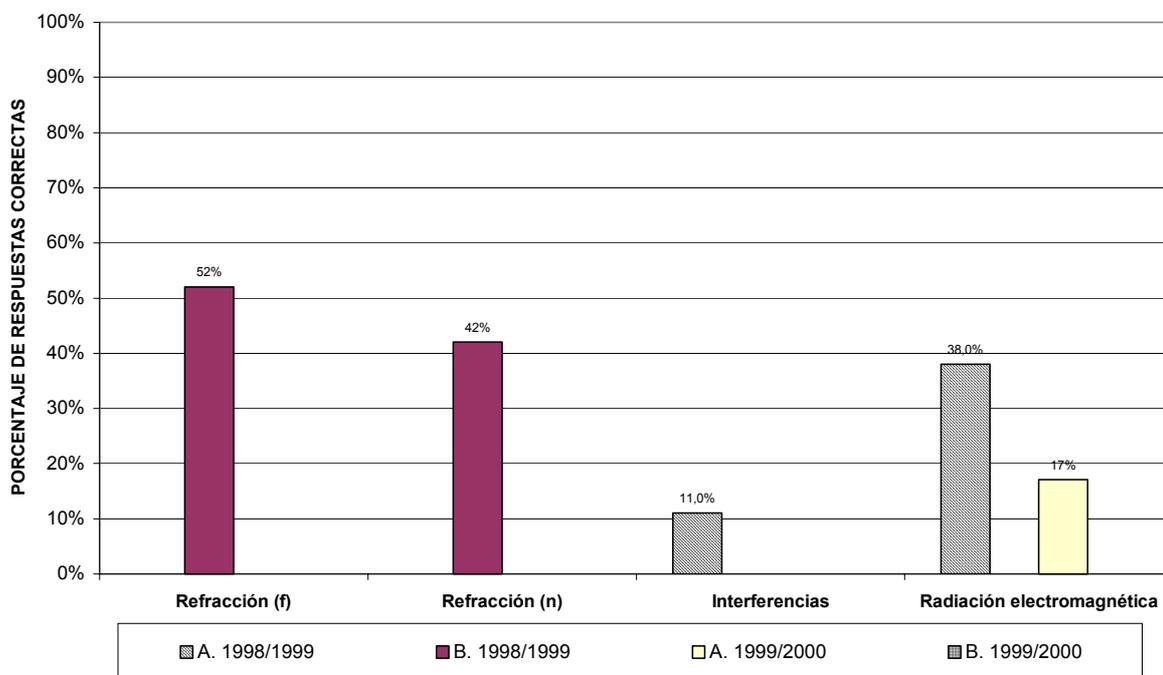


11) Circuitos eléctricos – Se trata de cuatro cuestiones de diferente dificultad que se refleja de forma lógica en las respuestas de los alumnos. La primera sólo requiere reconocer el gráfico Voltaje – Intensidad correspondiente a un conductor óhmico (ley de Ohm) y es respondido por casi todos los alumnos (aunque es una pregunta que también discrimina). El segundo requiere aplicar las leyes de Kirchhoff a un circuito con dos mallas y, aunque más difícil, también discrimina bien. Lo mismo sucede en la última tarea que requiere reconocer los valores de la diferencia de potencial en un circuito resistivo. El más difícil exige reconocer variaciones de las diferencias de potencial en un circuito con resistencia durante la carga de un condensador, con lo cual el alumno se ve obligado a trabajar con dos variables al mismo tiempo: demasiado difícil y no discrimina.

12) Radiación electromagnética – Las dos preguntas sobre radiación electromagnética requieren conocer la ley de Wien y la relación entre longitud y frecuencia. De nuevo la aplicación cuantitativa (grupo A 1998/99 con un 38% de respuestas correctas) resulta más sencilla para los alumnos que la pregunta conceptual (grupo A 1999/2000) que exige un razonamiento basado en dos

proporciones inversas: longitud de onda y temperatura, longitud de onda y frecuencia.

Figura 5.5. Porcentaje de respuestas correctas en la prueba de opción múltiple sobre Fundamentos de Física (Ondas) (FPB. CC. Biológicas)



De las preguntas que aparecen aisladas cabe destacar aspectos como:

Presión hidrostática: Se trata de una cuestión cuya única dificultad es el manejo adecuado del paso de todas las unidades al S. I. Plantea el problema de “calcular la altura a la que se debería situar un recipiente abierto conteniendo suero” a partir de la densidad de éste y de la presión manométrica media en una vena. El hecho de que, después del 39% de alumnos que elige la opción correcta, se dé un 30% que elija la opción “109 metros” es un signo importante de que los alumnos, incluso en este nivel de primero de Universidad, se limitan a “aplicar fórmulas” y no utilizan estrategias metacognitivas para reflexionar sobre la validez de los resultados obtenidos.

Interferencias: La cuestión plantea identificar qué condiciones deben cumplirse para que se produzca oscuridad total por interferencia de dos ondas luminosas. El problema de esta pregunta radica en que el 60% de los alumnos se limita a

identificar una de las condiciones – oposición de fase – y se olvida de la igualdad de frecuencia y amplitud.

Como resumen del análisis realizado, se puede destacar:

- Salvo en el caso de los conceptos de campo eléctrico, que presenta siempre una gran dificultad para los alumnos, o de capacidad eléctrica, que les resulta siempre fácil, no puede decirse que haya un área de la Física o un concepto que les resulte más difícil que otro. La dificultad parece radicar en las características de la tarea propuesta.
- En la mayoría de casos, los alumnos encuentran más dificultad en las preguntas de tipo conceptual que en tareas más cuantitativas en las que se puede encontrar la respuesta mediante la aplicación de una fórmula.
- Los alumnos también encuentran más dificultades en la resolución de cuestiones que implican el control de dos variables. Y la dificultad es todavía mayor si dichas variables están relacionadas por una proporcionalidad inversa.
- Los alumnos tienen dificultades para elegir “la mejor respuesta entre las opciones propuestas” y, en muchos casos, optan por una “verdad parcial” fijándose solamente en una de las características del concepto o fenómeno en análisis.
- El contexto en que se presenta la tarea puede facilitar la respuesta: las situaciones familiares (bien porque se refieren a fenómenos concretos en lugar de situaciones abstractas, bien porque son situaciones que el alumno ha estudiado en Secundaria) son resueltas por porcentajes superiores de alumnos.
- Los alumnos no parecen aplicar estrategias metacognitivas a la hora de resolver las cuestiones del examen: No solamente no buscan la mejor respuesta o se limitan a identificar verdades parciales, sino que no analizan, y eliminan, las opciones contradictorias ni la validez o lógica de sus resultados contrastándolos con la realidad.

CAPÍTULO 6. FACTORES RELATIVOS AL PROFESORADO. ENCUESTA DELPHI.

Introducción

La información subjetiva de un grupo de expertos puede obtenerse mediante métodos que se alinean en un continuo que va desde las encuestas de opinión individuales a la conferencia de expertos. Uno de los extremos, las encuestas de opinión, tiene las ventajas de bajo costo y posibilidad de tratamiento estadístico de los datos, sin embargo no se obtiene una información de grupo. En el otro extremo, la conferencia de expertos o la mesa redonda, el coste es alto y las opiniones de los individuos dominantes polarizan la opinión general. Entre estos extremos se sitúa el método Delphi que se usa en el presente estudio. Con este método se superan los inconvenientes de otros procedimientos de consulta a expertos al apoyarse en tres características fundamentales, tal como han sido expuestas por Dalkey (1969): "Anonimato, retroacción controlada, y respuesta estadística de grupo. El anonimato, conseguido por el uso de cuestionarios u otros canales de comunicación tal como la comunicación "on line", es una forma de reducir el efecto de los individuos dominantes. La retroacción como tal, conduce al ejercicio de una serie de ciclos, en donde los resúmenes del ciclo previo son comunicados a los participantes, siendo esta una manera de reducir el ruido. El uso de una definición estadística de la respuesta del grupo garantiza que todas las opiniones individuales sean tomadas en consideración en el resultado final, siendo una forma de reducir la presión del grupo hacia la conformidad".

El método Delphi se utilizó exclusivamente con los profesores. Como "expertos" participaron nueve profesores del Departamento de Física de la Universidad de Alcalá que enseñan Física en el primer curso, considerando que

estas asignaturas presentan características muy especiales que las diferencian de asignaturas más específicas de cursos posteriores, como lo indican los resultados de la evaluación ya citada de la licenciatura de CC. Biológicas de la UA (López Caballero y otros, 1997).

La distribución de años de experiencia de los profesores consultados presenta una mediana de siete años en la enseñanza de la Física del primer curso, con un rango intercuartílico de cinco años. El 63% presenta una experiencia superior a seis años, el 12% tiene 4 años y el 25% reconoce un solo año de experiencia en primero (aunque su experiencia en otros cursos sea superior). Las especialidades cubiertas son CC. Químicas, CC. Biológicas, CC. Ambientales, Arquitectura, Ingeniería Técnica Industrial (I.T.I.), Ingeniería Técnica de Telecomunicación (I.T.T.) e I.S. de Geodesia y Cartografía; ello supone un amplio campo de especialidades y de visiones subyacentes en la problemática en estudio. En cuanto al número de alumnos, cuentan con una asistencia media de 40 (I.T.T.) a 80 alumnos por aula (CC. Biológicas).

El número de expertos consultados es suficiente dado que supera siete, que es el número mínimo teórico. El número de rondas se fijó inicialmente en tres dado que “determinar el número de iteraciones en función de los condicionantes temporales, presupuestarios o de permanencia de los expertos es un criterio de finalización metodológicamente poco recomendable” (Landeta, 1999), un número que parecía suficiente para revelar las dificultades de la enseñanza de la Física, alcanzar un consenso básico y contrastar estas dificultades con las identificadas a partir de las opiniones expresadas por los alumnos.

Las tres etapas o rondas fueron:

- 1) Identificación de los problemas mediante respuestas libres.
- 2) Valoración de la importancia de los problemas
- 3) Reconsideración de las puntuaciones.

6.1. Primera ronda. Identificación de los problemas mediante respuestas libres.

En la primera ronda se envió a los profesores participantes, el cuestionario que debían cumplimentar y una carta de presentación en la cual se informaba de la naturaleza y los objetivos del estudio que se pretendía realizar y de las características de la metodología Delphi (ANEXO III). También se explicaba que el proceso consistiría en tres etapas que se pretendían completar antes de finales de julio, para no sufrir la interferencia de las vacaciones de verano. Previamente, se había explicado el propósito e interés de la consulta en uno de los Consejos de departamento al que pertenecían los profesores consultados. Los investigadores se comprometieron a compartir los resultados finales con todos los participantes en la consulta.

Este primer cuestionario incluye dos partes. En la primera se plantean unas preguntas previas para identificar las características del profesor (Facultad en la que imparte clase, años de experiencia en la enseñanza de la Física de primer curso, media de alumnos que asisten a su clase). En la segunda parte se plantea de forma abierta la pregunta siguiente: *“Te solicitamos que indiques cuáles son los principales problemas con que te encuentras en la enseñanza de tu asignatura”*. El estudio comenzó con una pregunta abierta para extraer problemas concretos sobre los que se preguntaría en las otras etapas del trabajo. De esta se trataba de disminuir la influencia de los investigadores en la definición de los problemas tratados en las etapas siguientes.

El equipo de investigación y los profesores participantes se comunicaron mediante correo electrónico; se trata de un medio inmediato que posibilita un rápido intercambio de información, y el recuerdo si algún participante se retrasa en el envío de sus respuestas.

6.2. Segunda ronda. Valoración de la importancia de los problemas

El equipo investigador interpretó y reformuló las respuestas a las preguntas abiertas (algunos participantes señalan las mismas dificultades de forma diferente) *“manteniendo su sentido y sin perder la información real, es decir, realizando esta actividad de tipo subjetivo de la forma más objetiva posible”* (Landeta, 1999). Esta síntesis fue realizada por dos de los investigadores del equipo para asegurar que la redacción de los problemas reflejaba realmente la dificultad que los profesores habían señalado y que era comprensible. Los cuarenta y tres problemas señalados por los profesores participantes se reformularon en veintinueve problemas ordenados en las tres categorías establecidas para la encuesta al alumnado: “Organización académica general”, “Problemas relativos al alumno” (con dos subcategorías: a) conocimientos, y b) trabajo y participación) y “Problemas relativos a la metodología de enseñanza” (con otras dos subcategorías: a) referente a la actividad del alumno, y b) referente a la actividad del profesor y a la asignatura).

En esta segunda etapa se solicitó a los profesores una valoración de la importancia de cada problema, en una escala de 1 a 5 (1 – nada importante; 5 – muy importante). Resulta más sencillo responder mediante la valoración de cada problema que ordenarlos por importancia.

La presentación final de este segundo cuestionario (Delphi 2) se presenta también en el ANEXO III.

6.3. Tercera ronda. Reconsideración de las puntuaciones.

Las puntuaciones asignadas por los profesores a los veintinueve problemas identificados se analizaron cuantitativamente: se construyeron los histogramas de frecuencias y se calcularon medianas y rangos intercuartílicos para las puntuaciones a cada uno de los problemas. Para la información a los profesores se envió la información completa proporcionada por el histograma, en lugar de proporcionar solamente una medida de tendencia central y de dispersión. De este modo, cada experto recibió el histograma obtenido para cada una de las categorías establecidas,

acompañado de una tabla en la que, junto con las puntuaciones que él había asignado en la ronda anterior, se le proponía si, a la vista de los resultados, deseaba modificar alguna de sus puntuaciones. Un ejemplo de la información enviada se presenta en el ANEXO III.

Las puntuaciones definitivas de los profesores, una vez tenidas en cuenta las modificaciones se presentan en las Figuras 6.1 a 6. 5. En general los profesores fueron reacios a modificar sus puntuaciones y, en caso de hacerlo, se orientaron hacia la opción más neutra.

En la Tabla 6.1 se presentan las medidas de tendencia central y dispersión correspondientes a dichas puntuaciones, jerarquizadas en orden descendente. En el método Delphi se considera como medida de tendencia central la mediana frente a la media, para reducir la influencia de los valores extremos. Sin embargo debido al gran número de veces que aparece 4 (importante) como mediana se ha tomado la media como segunda variable de jerarquización.

Figura 6.1. Importancia de los problemas relacionados con la organización académica general

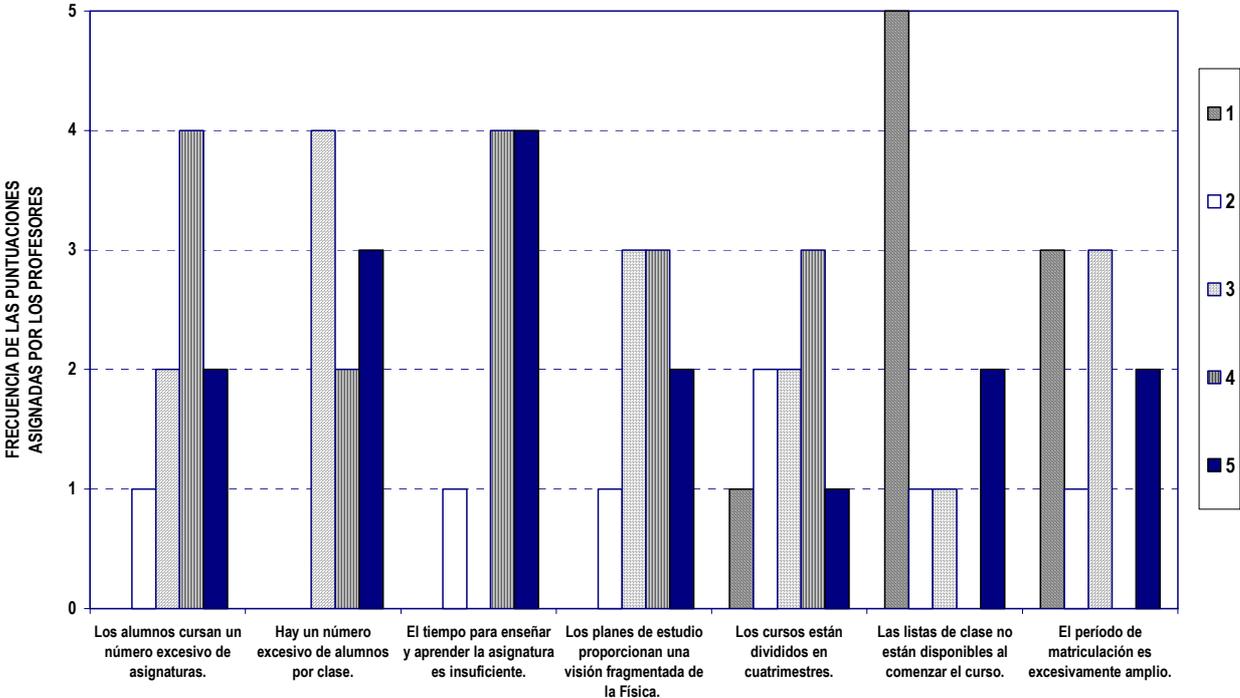


Tabla 6.1. Problemas jerarquizadas de acuerdo con las medidas de tendencia central

	MEDIANA	MEDIA	Q3-Q1	σ
1. El alumno no estudia de manera continuada.	4,5	4,3	1,3	0,9
2. El alumno tiene poca disposición para utilizar libros de texto.	4,0	4,4	1,0	0,5
3. El tiempo para enseñar y aprender la asignatura es insuficiente.	4,0	4,2	1,0	1,0
4. El alumno tiene conocimientos iniciales erróneos.	4,0	4,2	1,0	0,7
5. El alumno prefiere estudiar apuntes a los libros.	4,0	4,2	1,0	0,8
6. Las asignaturas de Física se tratan superficialmente (por el poco tiempo).	4,0	4,1	0,0	0,6
7. El alumno tiene poca disposición para razonar o pensar científicamente.	4,0	4,1	1,0	1,1
8. El alumno considera la Física una asignatura difícilmente superable.	4,0	4,0	0,0	0,9
9. El alumno considera la Física una asignatura poco relevante para su carrera.	4,0	4,0	0,0	0,7
10. El alumno tiene poca capacidad para razonar o pensar científicamente.	4,0	4,0	1,0	1,2
11. El alumno tiene una concepción inadecuada de lo que es la Física.	4,0	4,0	2,0	0,9
12. El alumno participa poco en clase.	4,0	3,9	1,0	0,8
13. Hay un número excesivo de alumnos por clase.	4,0	3,9	2,0	0,9
14. Los alumnos consultan poco al profesor en las tutorías.	4,0	3,9	2,0	1,1
15. Los alumnos cursan un número excesivo de asignaturas.	4,0	3,8	1,0	1,0
16. El alumno dedica pocas horas al estudio.	4,0	3,8	2,3	1,3
17. Los planes de estudio proporcionan una visión fragmentada de la Física.	4,0	3,7	1,0	1,0
18. El alumno tiene conocimientos iniciales insuficientes.	4,0	3,7	1,0	1,1
19. Las asignaturas de Física exigen demasiado nivel de abstracción y razonamiento lógico.	4,0	3,7	1,0	1,0
20. Los alumnos no hacen preguntas en clase.	4,0	3,6	1,0	1,1
21. Los profesores no utilizan técnicas apropiadas para manejar un elevado número de alumnos por clase.	3,5	3,4	1,3	1,1
22. Existe demasiada variedad en los conocimientos iniciales de los alumnos.	3,5	3,3	2,3	1,5
23. El alumno no muestra interés por el laboratorio.	3,0	3,3	1,0	0,7
24. El alumno no ve la utilidad del laboratorio.	3,0	3,2	1,0	0,7
25. Los profesores no se adaptan al nivel de conocimientos y razonamiento de los alumnos.	3,0	3,1	1,3	0,8
26. Los cursos están divididos en cuatrimestres.	3,0	3,1	2,0	1,3
27. El período de matriculación es excesivamente amplio.	3,0	2,7	2,0	1,6
28. Los alumnos no asisten a clase.	2,0	2,6	1,0	1,0
29. Las listas de clase no están disponibles al comenzar el curso.	1,0	2,2	2,0	1,7

Figura 6.2. Importancia de los problemas relacionados con los conocimientos de los alumnos

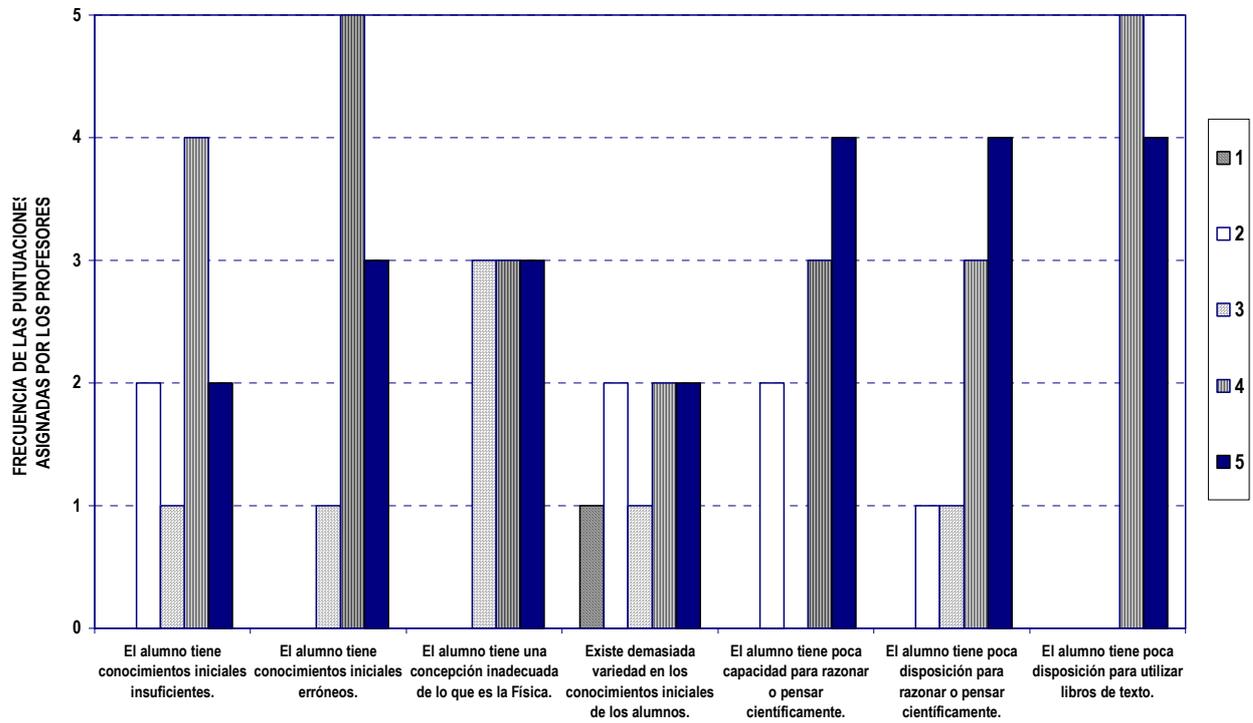


Figura 6.3. Importancia de los problemas relacionados con el trabajo y la participación de los alumnos.

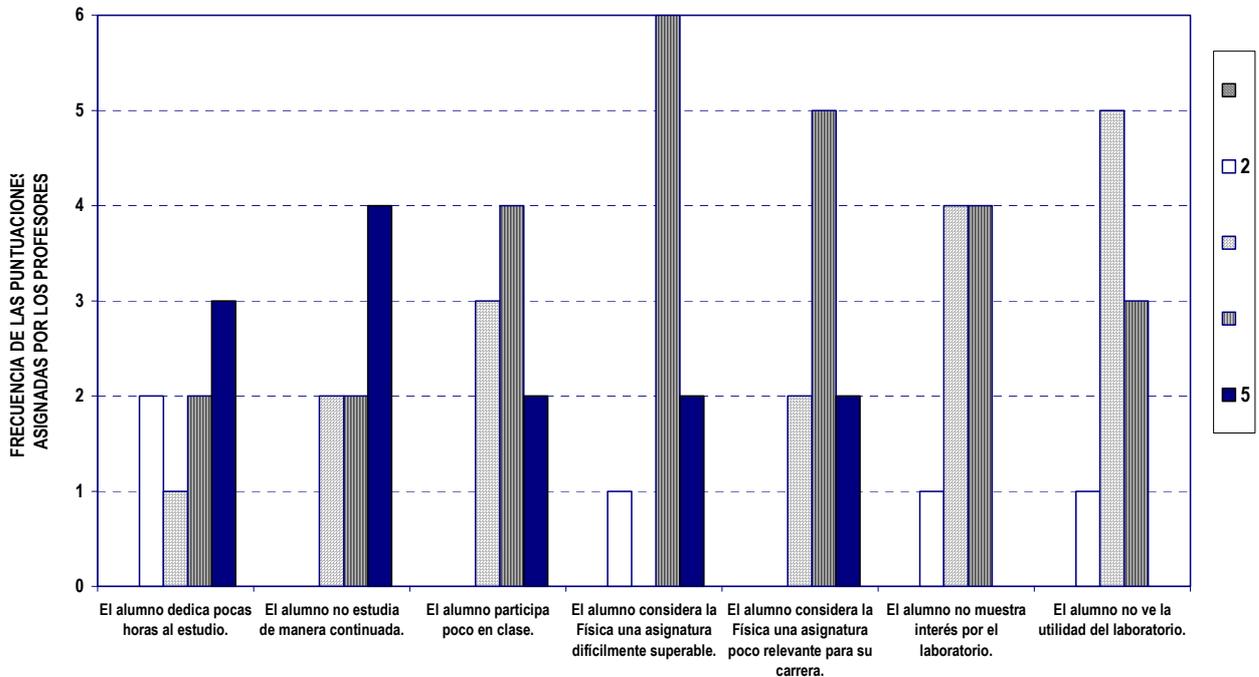
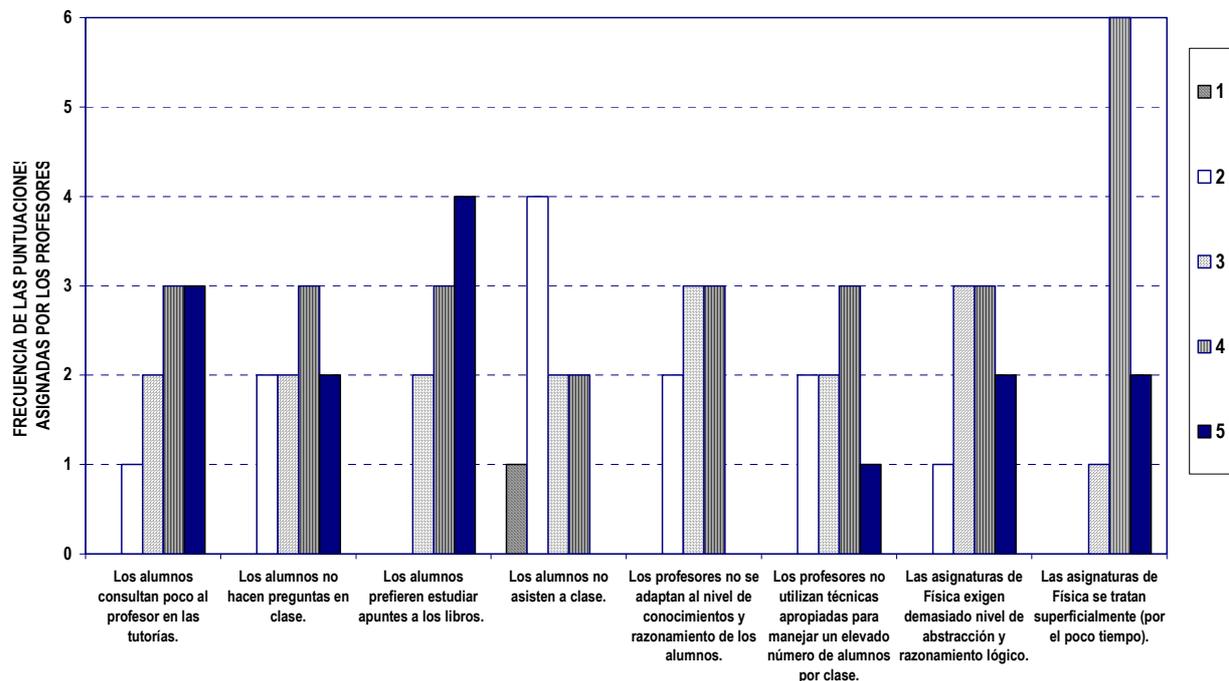


Figura 6.4. Importancia de los problemas relacionados con la metodología de enseñanza.



Como puede observarse en la tabla anterior, entre los factores señalados como más importantes por los profesores únicamente hay uno relativo a la *Organización académica general* (“El tiempo para enseñar y aprender la asignatura es insuficiente”) y otro relativo a *Metodología de la enseñanza. Referente a la actividad del profesor y la asignatura* (“Las asignaturas de Física se tratan superficialmente (por el poco tiempo)”). Ambos factores inciden en las limitaciones de tiempo para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los factores restantes se refieren todos al *alumno* y la mayoría apuntan a sus conocimientos, destrezas y actitudes: “El alumno tiene poca disposición para utilizar libros de texto”, “... tiene conocimientos erróneos”, “... tiene una concepción inadecuada de la Física” o “... tiene poca disposición / capacidad para razonar o pensar científicamente”. También se señala el trabajo y la actitud del alumno hacia la asignatura: “El alumno no estudia de manera continuada” o “El alumno considera la Física una asignatura difícilmente superable / poco relevante para su carrera”.

Es de destacar que los profesores consideran más importante el hecho de que los alumnos tengan conocimientos erróneos a que tengan conocimientos

insuficientes, así como la menor importancia asignada a su participación en clase y tutorías, y al trabajo en el laboratorio.

6.4. Comparación de las opiniones de profesores y alumnos.

Si se analizan conjuntamente los factores a los que atribuyen el fracaso académico los alumnos y los profesores, aparecen varios factores coincidentes, aunque en algunos casos se establezcan de forma diferente. Así, se destacan problemas como:

- *Falta de tiempo para el proceso de enseñanza – aprendizaje.* Se trata del tercer problema en importancia para los profesores - “El tiempo para enseñar y aprender la asignatura es insuficiente” (mediana=4; media=4,2; $\sigma=1,0$) - o el sexto “Las asignaturas de Física se tratan superficialmente (por el poco tiempo)” (mediana=4; media=4,1; $\sigma=0,6$). También, aunque le asignen menos importancia, señalan que “los alumnos cursan un número excesivo de asignaturas” (mediana=4; media=3,8; $\sigma=1,0$).

Los alumnos reflejan esa misma opinión en “El horario de clases y laboratorios no deja tiempo suficiente para el estudio” (93-86% en los dos cursos consultados), “El número de asignaturas por cuatrimestre es excesivo” (73-56%) o “La extensión del programa de las asignaturas es excesiva para el tiempo de clase” (85-66%).

- *Los alumnos no estudian de manera continuada.* Ya se ha mencionado que el factor considerado más importante por los profesores como causante del fracaso académico es que “El alumno no estudia de manera continuada” (mediana=4,5; media=4,3; $\sigma=0,9$). Este factor puede relacionarse con el señalado anteriormente y, además, estar implícito en el reconocimiento masivo de los alumnos de que “El horario de clases y laboratorios no deja tiempo suficiente para el estudio” (93-86%).

- *Los conocimientos previos de los alumnos no son los apropiados para cursar la asignatura.* Los mismos alumnos consideran que sus conocimientos iniciales no eran los adecuados (un 48% en FA y un 62% en FPB). Los profesores inciden en el problema con más precisión, señalando que “El alumno tiene conocimientos erróneos” (y dando mayor importancia al *error* que a la *insuficiencia*), “... tiene una concepción inadecuada de la Física” o “... tiene poca disposición / capacidad para razonar o pensar científicamente”.
- *Los alumnos, especialmente en algunas licenciaturas, tienen la percepción de que la Física (tanto en su parte teórica como en el laboratorio) no es una asignatura relevante para su carrera.* La opinión de los profesores de que “El alumno considera la Física una asignatura poco relevante para su carrera” (mediana=4; media=4,0; σ =0,7) queda refrendada también por el hecho de que sólo un 42% de los alumnos de CC. Biológicas la consideren relevante, aunque el resultado sea diferente en otras licenciaturas como CC. Ambientales.
- *Los alumnos tienen poca disposición para utilizar libros de texto.* Los profesores destacan que “El alumno tiene poca disposición para utilizar libros de texto” (mediana=4; media=4,4; σ =0,5) o “... prefieren estudiar apuntes a los libros” (mediana=4; media=4,2; σ =0,8), considerándolo un factor importante a la hora de explicar su fracaso en la asignatura. Un 73% de los alumnos de CC. Ambientales, y sólo un 35% de CC. Biológicas confirman este hecho al reconocer que utilizan más los apuntes que los libros.
- *Los profesores no adaptan los contenidos a los conocimientos de los alumnos.* Este problema es señalado por un 68% de los alumnos de CC. Biológicas, aunque solo por un 38% en CC. Ambientales, y se complementa con otras afirmaciones destacadas por los alumnos como que “El ritmo de exposición en clase es considerado demasiado rápido” (77% FA y 79% en FPB), “No se realiza un número suficiente de problemas” (92,7 % de alumnos de FPB; 31% en FA) o “No se explicitan suficientemente los pasos en la resolución de los problemas” (75,8% en FPB y solamente un 11% en FA).

Este problema fue también planteado por alguno de los profesores (“Muchos profesores no están inclinados a adaptarse al bajo nivel de conocimientos y razonamiento con que llegan los alumnos a la Universidad” o “Dificultades técnicas para manejar un elevado número de alumnos por clase”) pero, en las rondas de puntuación no se consideraron muy importantes (medianas de 3,5 y 3,0, respectivamente).

CONCLUSIONES

El estudio ha permitido conocer las diferentes percepciones que alumnos y profesores tienen de la enseñanza de la Física en los primeros cursos de la universidad, y sus problemas. Además el análisis de algunos medios de enseñanza, como los apuntes que toman los alumnos o su actividad en el laboratorio, arrojan luz adicional sobre los problemas de la enseñanza en este nivel. Por tanto, los resultados expuestos en los capítulos anteriores permiten llegar a las conclusiones siguientes en lo que se refiere a,

Opiniones de los alumnos sobre la enseñanza de la Física en el primer curso de Universidad

- Existe una percepción diferente de los problemas de enseñanza de la Física por los alumnos de dos licenciaturas distintas como CC. Ambientales y CC. Biológicas. Por tanto, los problemas identificados deben depender, entre otros factores, de características de los alumnos como su capacidad académica, de la misma organización académica, y de los profesores.

Por tanto estudios futuros sobre la problemática de la enseñanza de la Física en los primeros cursos deben ser específicos para cada licenciatura.

- El problema común, central, identificado por los alumnos en las dos licenciaturas estudiadas es la diferencia entre la capacidad que perciben en ellos mismos y la enseñanza que le proporcionan los profesores: ausencia de conocimientos iniciales apropiados, ritmo de enseñanza demasiado rápido, demasiada materia para el tiempo disponible.

Por tanto debe eliminarse esta discrepancia entre lo que los alumnos creen que están preparados para hacer y lo que se exige de ellos.

- Métodos y medios de enseñanza utilizados frecuentemente en la Universidad pueden ser inapropiados para el aprendizaje. En particular, los apuntes tomados en clase representan un medio de enseñanza y aprendizaje importante en algunas licenciaturas como las estudiadas. Sin embargo, tienen importantes limitaciones como medio para transmitir el conocimiento científico: los alumnos no son capaces de recoger la estructura global del contenido, ignoran parte de la información que el profesor transmite verbalmente y recogen toda aquella presentada visualmente, independientemente de su importancia.

Por tanto los profesores deben conocer que métodos tradicionales de enseñanza como el dictado de apuntes o la clases magistrales tienen importantes limitaciones para favorecer el aprendizaje y que deben ser sustituidos o complementados con otros métodos y recursos.

- Los alumnos no obtienen un aprendizaje significativo de su trabajo en el laboratorio, lo consideran desconectado de la teoría y lo realizan de forma rutinaria, por lo cual se convierte en un medio poco útil para el proceso de enseñanza - aprendizaje.

Por tanto los profesores deben reorientar el trabajo de laboratorio de forma que permita el desarrollo de estrategias científicas y facilite el aprendizaje significativo de los contenidos teóricos de la asignatura, lo cual permitirá aumentar la motivación del alumno hacia el mismo.

Opiniones de los profesores sobre la enseñanza de la Física en el primer curso de Universidad

- Los profesores constatan la existencia de los problemas planteados por los alumnos, en particular la inadecuación de los conocimientos iniciales de los alumnos y la falta de tiempo para una enseñanza apropiada. Sin embargo, en su opinión, la raíz del problema y, por tanto, el aspecto que debería solucionarse, es la actuación deficiente de los alumnos: trabajo insuficiente o con técnicas

inadecuadas, o poca capacidad para el estudio de la asignatura. Los profesores identifican pocos problemas que sean atribuibles a ellos mismos o a su actuación.

Por tanto la necesidad de reducir las discrepancias indicadas más arriba por los alumnos recibe el respaldo en la opinión de los profesores, aunque de las opiniones de estos últimos no se desprenda una solución obvia (¿aumento en calidad y cantidad del trabajo de los alumnos?). La opinión de los profesores muestra, también que éstos, cómo otros colectivos afectados, no son una fuente apropiada para identificar posibles problemas en la enseñanza de la Física causados por su propia actuación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRINCONES, I., OTERO, J., LÓPEZ, T., CUERVA, J. y JIMÉNEZ, S. (1995). Evaluación de la relación entre la formación de los alumnos de Física que acceden a la Universidad y la enseñanza en el Primer Curso Universitario. *Tarbiya* 9, 97-106.
- BROUWER, W. y AUSTEN, D. (1985). High school physics does make a difference. *American Journal of Physics* 53, (4), 300.
- CÁMARA, M.E., PONCE, A., DÍAZ DE LA CRUZ, J.M. y SCALA, J.J. (1993) Análisis del bajo rendimiento del proceso de enseñanza - aprendizaje. Aplicación de nuevas técnicas educativas. *XXV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física*. Jaca, Huesca.
- COLEMAN, L.A., HOLCOMB, D.F. y RIGDEN, J.S. (1998). The Introductory University Physics Project 1987-1995: What has it accomplished. *American Journal of Physics* 66, (2), 124-137.
- DALKEY, M.C. (1969). *The Delphi Method. An experimental Study of Group Opinion*. Rand Corporation, RM-5882-PR
- ESCUADERO, T. (1984). Condicionantes y capacidad predictiva de la selectividad universitaria. *Revista de Educación* 283, 249-283.
- ESCUADERO, T. (1987). Buscando una mejor selección de universitarios. *Revista de Educación* 283, 249-283.
- FERREYRA, A. y GONZÁLEZ, E.M. (2000). Reflexiones sobre la enseñanza de la física universitaria. *Enseñanza de las Ciencias* 18 (2), 189-199.
- GARCÍA VALCÁRCEL, A.M., SALVADOR BLANCO, L. y ZUBIETA, J.C. (1991). "Elementos para el análisis evaluativo de la Universidad. El caso de la Universidad de Cantabria" En Latiesa, M., Muñoz-Repiso, M., González, R., Blanco, A. (eds.). *La investigación educativa sobre la Universidad*. Madrid, CIDE-MEC, 281-323.
- GOBERNA, M.A., LÓPEZ, M.A. y PASTOR, J.T. (1987). La predicción del rendimiento como criterio para el ingreso en la Universidad. *Revista de Educación*, 283, 235-248.
- GOBERNA, M. A., LÓPEZ, M.A. y PASTOR, J. T. (1989). Hacia un análisis comparativo del rendimiento académico en la Universidad Española. *Revista de Educación*, 290, 357-370.
- GONZÁLEZ GALÁN, M^a A. y LÓPEZ LÓPEZ, E. (1985). Factores del rendimiento universitario. *Revista Española de Pedagogía* 169-170, 497-518.
- GONZÁLEZ TIRADOS, R. (1989). *Análisis de las causas del fracaso escolar en la Universidad Politécnica de Madrid*. Madrid, CIDE-MEC.
- GONZÁLEZ TIRADOS, R. (1991). "Principales dificultades en el rendimiento académico en primer año de carreras de ingeniería". En Latiesa, M., Muñoz-Repiso, M., González Tirados, R. y Blanco, A. (eds.). *La investigación educativa sobre la Universidad*. Madrid, CIDE-MEC, 261-279.
- HALLOUN, I.A. y HESTENES, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics* 53, (11), 1043-1055.
- INSAUSTI, M.J. (1997). Análisis de los trabajos prácticos de Química general en un primer curso de Universidad. *Enseñanza de las Ciencias* 15 (1), 123-130.
- KLOPFER, L.E. (1975). La evaluación del aprendizaje en Ciencia. En Bloom, Hasting y Madaus (eds), *Evaluación del aprendizaje*, pp. 93-220. Buenos Aires: Troquel.

- LANDETA, J. (1999). *El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ariel Practicum.
- LATIESA, M. (1991). Rendimiento académico en distintos países y centros universitarios. En Latiesa, M., Muñoz-Repiso, M., González Tirados, R. y Blanco, A. (eds.). *La investigación educativa sobre la Universidad*. Madrid, CIDE-MEC, 353-384.
- LÓPEZ CABALLERO, E.J., GARCÍA CORRALES, P., PEINADO, M., FOMINAYA, A., LÓPEZ-FANDO, J.J., GOMBAO, C., SASTRE, C., CALVO, E., LLUL, D. y MARTÍNEZ DEL VALLE, C. (1997). *Plan Nacional de Evaluación de la Calidad de las Universidades. Autoinforme Titulación Licenciado en Biología*. Universidad de Alcalá de Henares.
- MARÍN IBÁÑEZ, R. (1991). "El rendimiento de la Universidad". En Latiesa, M., Muñoz-Repiso, M., González, R. y Blanco, A. (eds.). *La investigación educativa sobre la Universidad*. Madrid, CIDE-MEC, 233-260.
- OTERO, J., BRINCONES, I., CUERVA, J., GUTIÉRREZ, M., CÁMARA, E., RAMIRO, F., PONCE, A. y DÍAZ DE LA CRUZ, J.M. (1996). Evaluación de la relación entre la formación de los alumnos de Física que acceden a la Universidad y la enseñanza en el primer curso universitario. *Memoria final del Proyecto de investigación* (convocatoria CIDE, 1994).
- PEREZ DE LANDAZÁBAL, M.C., BILBAO, F., OTERO, J., CABALLERO, C. (2000) Formación inicial y rendimiento académico en Física del primer curso universitario. Poster presentado en el II Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria. 24-28 de Enero, Universidad de La Habana, Cuba.
- READISH, E.F., SAUL, J.M. y STEINBERG, R.N. (1998). Student expectations in introductory physics. *American Journal of Physics* 66, (3), 212-224.
- SEBASTIÁ, J.M. (1987). ¿Qué se pretende en los laboratorios de Física Universitaria. *Enseñanza de las Ciencias* 5 (3), 196-204.
- TAMIR, P. (1996). Science Assessment. En Birembaum, M. y Dockhy, F. (Eds) *Alternatives in Assessment of Achievements, Learning Processes and Prior Knowledge*. Boston: Kluwer.
- TOBIAS, S.. (1992). Guest Comment: Science education reform: What's wrong with the process?. *American Journal of Physics* 60, (8), 679-681.
- TOBIAS, S. (2000). From innovation to change: forging a physics education reform agenda for the 21 st century. *American Journal of Physics* 68 (2), 103-104.
- TOURÓN, FIGUEROA, F.J. (1984). *Factores del rendimiento académico en la Universidad*. Pamplona, EUNSA
- VAN DIJK, T.A. y KINTSCH, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.

ANEXO I

ENCUESTA DE OPINIÓN SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

ALUMNOS

ENCUESTA RELATIVA A LA ENSEÑANZA DE “FÍSICA DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS (FPB)”

Completa los datos siguientes, marcando con una cruz en la casilla apropiada

1. DATOS DEL ALUMNO

1.1. Sexo

V M

1.2. Cursos de Física BUP:

3° BUP COU

ESO:

4° ESO 1° Bachillerato 2° Bachillerato

FP: Especifica las asignaturas relacionadas con la Física que has cursado

.....

1.3. Repetidor

NO SÍ

1.4. La carrera de Ciencias Biológicas era la elegida en:

1ª Opción 2ª Opción 3ª Opción Opciones posteriores

2. FACTORES RELATIVOS A CONDICIONAMIENTOS ACADÉMICOS

2.1. El número de asignaturas por cuatrimestre es adecuado	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.2. La extensión del programa de la asignatura FPB es excesiva para el tiempo de clase	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.3. El horario de clases y laboratorios deja tiempo suficiente para el estudio	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total

2.4. Señala el orden horario en que crees que se deberían impartir las diferentes asignaturas teóricas, poniendo el número correspondiente antes de la disciplina	Bioquímica Botánica Citología e Histología Física	Matemáticas Química Zoología
---	--	------------------------------------

3. FACTORES RELATIVOS AL PROPIO ALUMNO

2.5. La asignatura FPB te parece relevante para la carrera	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.6. En el transcurso de la clase de FPB mantienes la atención durante un porcentaje de tiempo entre el:	0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100	
2.7. Tus conocimientos iniciales de Física eran los apropiados para seguir la asignatura FPB	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.8. Cuando estudias la asignatura FPB tratas siempre de razonarla	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.9. ¿Qué importancia, en %, dirías que tiene el estudio por el libro en comparación con el estudio por los apuntes en la asignatura FPB ?	Libro: Apuntes:	0 - 25 100 - 75	25 - 50 75 - 50	50 - 75 50 - 25	75 - 100 25 - 0
2.10. Consideras que haces un esfuerzo adecuado para aprobar la asignatura FPB	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.11. Estudias durante el fin de semana	Siempre	Algunas veces	El mes antes del examen	La semana antes del examen	Nunca
2.12. ¿Qué media de horas por semana (de lunes a viernes) dedicas al estudio de la asignatura FPB ?					
2.13. El examen de tipo test te dificulta la obtención de buenos resultados	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total

2.14. Consideras que, aunque te esfuerces, no vas a ser capaz de aprobar la asignatura FPB	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
---	---------------	---------	---------------------------	------------	------------------

4. FACTORES RELATIVOS A LA METODOLOGÍA

2.15. La forma de dar clase del profesor hace que la asignatura FPB te resulte aburrida	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.16. El profesor relaciona la Física con el mundo real	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.17. El profesor de FPB explica adecuándose a tu nivel de conocimientos	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.18. El ritmo de exposición del profesor de FPB en clase te parece rápido	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.19. La exposición de las ideas fundamentales de FPB por el profesor debería ser más extensa	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.20. La exposición de las ideas fundamentales de FPB por el profesor es clara	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.21. El libro de consulta recomendado para FPB se entiende bien (fácilmente)	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.22. El número de problemas realizado en clase de FPB es suficiente	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.23. El profesor de FPB especifica adecuadamente los pasos en la resolución de problemas en clase	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total

2.24. Las sesiones de laboratorio de FPB son poco útiles para tu carrera	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.25. Las sesiones de laboratorio de FPB te ayudan a comprender la teoría	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.26. Comprendes razonadamente las prácticas que realizas en el laboratorio de FPB	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.27. El contenido de la evaluación de FPB se ajusta a los contenidos que tu esperabas	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.28. El nivel de dificultad de la evaluación de FPB es similar al nivel de dificultad de los ejercicios resueltos en clase	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.29. El profesor de FPB permite y responde las preguntas	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.30. El profesor de FPB está disponible para las consultas fuera de clase	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
2.31. El profesor de FPB se interesa porque aprendas	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total

ENCUESTA RELATIVA A LA ENSEÑANZA DE “FÍSICA AMBIENTAL”

Modificaciones realizadas en el cuestionario:

2. FACTORES RELATIVOS A CONDICIONAMIENTOS ACADÉMICOS

- Eliminación de la pregunta 1.4

3. FACTORES RELATIVOS AL PROPIO ALUMNO

- Eliminación de la pregunta 3.9.

- Cambios en la redacción de las preguntas 3.7 y 3.8
- Modificación del orden de las preguntas, agrupando las relativas a horas de estudio y las relativas al esfuerzo.

3.2. Tus conocimientos iniciales de Física eran los apropiados para seguir la asignatura FA	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
3.3. Cuando estudias la asignatura Física Ambiental tratas siempre de razonarla	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
3.4. En el transcurso de la clase de FA mantienes la atención durante un porcentaje de tiempo entre el:		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
3.5. ¿Qué importancia, en %, dirías que tiene el estudio por el libro en comparación con el estudio por los apuntes en la asignatura Física Ambiental ?	Libro: Apuntes:	0 - 25 100 - 75	25 - 50 75 - 50	50 - 75 50 - 25	75 - 100 25 - 0
3.6. ¿Cuántas horas por semana (de lunes a viernes) dedicas, en promedio, al estudio de la asignatura FA ?					
3.7. En un fin de semana típico, en medio del cuatrimestre y lejos del examen ¿cuántas horas dedicas al estudio de la asignatura FA ?					
3.8. Consideras que haces un esfuerzo adecuado para aprobar la asignatura Física Ambiental	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
3.9. Consideras que, aunque te esfuerces, no vas a ser capaz de aprobar la asignatura FA	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total

5. FACTORES RELATIVOS A LA METODOLOGÍA

- Se modifica la redacción de la pregunta 4.12

4.12. Comprendes las prácticas que realizas en el laboratorio de Física Ambiental	Acuerdo total	Acuerdo	Ni acuerdo, ni desacuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo total
--	---------------	---------	---------------------------	------------	------------------

ANEXO II

GUIONES DE LAS CLASES:

Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.
Aplicación del Primer Principio de la Termodinámica.

GUIÓN DE LA CLASE:
Descripción matemática del movimiento de una onda armónica.

Objetivo	<p>Describir matemáticamente el movimiento de una onda como la que se crea en una cuerda al mover un extremo. DIBUJO</p>
Activación conocimiento inicial	<p>Recordais lo que es el movimiento armónico simple ECUACION MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE $y=y(t)$ DIBUJO EJE VERTICAL</p>
Reformulación del objetivo en términos más concretos	<p>Si se desplaza el extremo de una cuerda arriba y abajo de forma que el extremo describa un m.a.s. se produce un tren de ondas que recibe el nombre de onda armónica. TRANSPARENCIA</p> <p>Se trata de encontrar la ecuación de esta onda $y=f(x,t)$ y depende tanto de x como de t SE SEÑALA LA TRANSPARENCIA</p>
Estructura de la exposición	<p>1) Primero daremos algunas definiciones previas 2) Después encontraremos la ecuación que liga y con x, suponiendo que la onda no se moviese (una fotografía) 3) Finalmente supondremos que se mueve y veremos como adaptar la ecuación PIZARRA</p>
1) Definiciones	<p>La distancia entre crestas sucesivas se llama longitud de onda ESCRIBO λ El tiempo que invierte el extremo de la cuerda en una oscilación completa es el periodo ESCRIBO T</p>
Relación v, λ, T	<p>En el tiempo en que el extremo de la cuerda efectúa una oscilación completa, la onda se mueve una distancia λ Luego ESCRIBO $\lambda=vT= v/f$</p>
Elaboración	<p>La frecuencia depende de la fuente. Para el caso de la onda en la cuerda, de cómo se mueva el extremo.</p>
Pregunta	<p>¿DE QUE DEPENDE LA FRECUENCIA DE LAS ONDAS</p>

	<p>LUMINOSAS?</p> <p>Para el caso de la luz de las características del emisor. La velocidad depende del medio en que se propague la onda, luego la λ variará en diferentes medios.</p>
2) Onda "fija"	
Suposición Inicial	<p>Se puede demostrar que la forma de la onda "fija" (en la fotografía) corresponde a una senoide, es decir a una curva descrita por la ecuación $y = \text{sen algo}$.</p> <p>SE ESCRIBE $y = \text{sen [algo]}$</p>
Caso más sencillo	<p>Comencemos por la ecuación de una curva sencilla</p> <p>TRANSPARENCIA</p>
Caso general	<p>TRANSPARENCIA</p> <p>La $k =$ número de onda</p>
3) Onda en movimiento	<p>Pasamos ahora al tercer punto: reducir la onda en movimiento a la onda "fija"</p> <p>TRANSPARENCIA CON LOS EJES MÓVILES</p> <p>La onda está en reposo en el sistema de coordenadas $x'y$</p> <p>TRANSPARENCIA EJES $X'Y$</p> <p>Deducción de la ecuación</p> <p>Hemos llegado a la solución $y = y(x,t)$</p>

GUIÓN DE LA CLASE:
Aplicación del Primer Principio de la Termodinámica.

Tipo Información	Información Verbal	Transparencia
Macro: Lazo	Hemos estudiado la formulación general del Primer Principio. Ahora vamos a ver como aplicarlo para conocer el balance de energía de un sistema termodinámico que sufre una transformación.	
Macro: Objetivo	Aplicar el Primer Principio de la Termodinámica para calcular la variación de energía interna de un sistema termodinámico que sufre un cambio de fase.	
Micro: Escenario		Descripción del sistema—un bloque de hielo de masa m que pasa de hielo a 0°C a agua a 0°C ; Dibujo
Macro: Señal	Recordar el primer principio Se necesita calcular en primer lugar Q En segundo lugar W	$\Delta U = Q - W$
Macro: Señal	Comencemos por el cálculo de Q Definición:	Calor latente de fusión: es la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia que se encuentra en su punto de fusión para que pase de sólido a líquido. Se denota por L_f
Micro: Lazo	Por tanto para una masa m el calor ganado por el hielo	

Micro:Proposición	será m veces L_f	$Q=mL_f$
Micro: Elaboración	En otras situaciones, si la misma masa pasase de líquido a sólido, podría tratarse de un calor cedido	
Macro: Señal	Calculemos ahora W	
Micro: Proposición	Un sistema termodinámico realiza trabajo sobre los alrededores si se expande, es decir si aumenta su volumen. Los alrededores realizan trabajo sobre el sistema si disminuye su volumen.	
Macro: Señal	Si se conoce la variación de volumen y la presión puede calcularse el trabajo	
Macro: Señal	Por tanto vamos a calcular la variación de volumen y la presión	Calculemos la variación de volumen y la presión
Macro: Señal	Primer calculemos la variación de volumen	Vagua-Vhielo=
Micro-Lazo	Pero el volumen se puede escribir en función de la masa	$m/d_a - m/d_h$
Micro: Elaboración	Donde d_a es la densidad del agua y d_h es la densidad del hielo Como d_a , densidad del agua, es mayor que d_h , densidad del hielo, existe una disminución de volumen.	
Micro: elaboración		Por tanto el trabajo es negativo

Macro: Señal	Calculemos ahora la presión	Presión
Micro: Elaboración	La presión es constante durante el proceso	La atmosférica, p_o
Micro: Lazo		Por tanto el trabajo se calcula a partir del volumen y la presión, sabiendo que es constante
Micro: Elaboración	Como p_o es constante W será igual a p_o multiplicada por la diferencia de volúmenes: V_{agua} menos V_{hielo}	$W = \int p \, dV = \int p_o \, dV$
Macro: Señal		Por tanto, tenemos Q y tenemos W . Restamos y obtenemos ΔU
Micro-proposición		$\Delta U = Q - W =$
Micro-elaboración	Como d_a , densidad del agua, es mayor que d_h , densidad del hielo, esta cantidad es negativa ($m/d_a - m/d_h$), con lo que W se suma a Q . La energía interna aumenta porque se transfiere energía al sistema en forma de trabajo, y en forma de calor.	$mL - p_o (m/d_a - m/d_h)$

ANEXO III

ENCUESTA DELPHI A LOS PROFESORES SOBRE

**IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DEL FRACASO
EN LAS ASIGNATURAS DE FÍSICA**

DURANTE EL PRIMER CURSO UNIVERSITARIO

DELPHI 1.

Estimados compañeros:

Recientemente realizamos una encuesta a alumnos de CC. Biológicas y CC. Ambientales para identificar los problemas que perciben en la enseñanza de la Física del primer curso universitario. Esa encuesta se enmarcaba en un proyecto de investigación subvencionado por el Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE) que trata de identificar algunos de los problemas que afectan a la enseñanza de nuestras asignaturas. Como continuación de ese trabajo pretendemos ahora sintetizar la opinión que tienen los profesores de asignaturas de Física del primer curso sobre los problemas más importantes que afectan a la enseñanza y el aprendizaje de estas asignaturas. Para ello solicitamos la colaboración de aquellos de vosotros que os ocupéis de la docencia de una asignatura de primer curso.

Pretendemos realizar una encuesta mediante una técnica de consultas repetidas (llamada "Delphi"). La consulta constará de tres pasos. En primer lugar solicitamos que indiquéis cuales son, en vuestra opinión, los problemas más importantes relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de vuestra asignatura. Una vez recogidas estas opiniones, las organizaremos en varias categorías. En un segundo paso os enviaremos la relación de estas categorías y os pediremos que puntuéis cada una de ellas según la importancia que le otorgáis. En el tercer paso, os proporcionaremos la puntuación media obtenida por cada categoría para que, si lo consideráis oportuno, reconsideréis vuestra puntuación a la vista de los valores medios obtenidos. Aunque es posible que los problemas no sean los mismos en todas las licenciaturas e ingenierías, tratamos de obtener un cierto consenso entre los participantes en la encuesta.

Os adjuntamos el cuestionario correspondiente a esta primera fase. Como orientación se incluyen sugerencias sobre algunos de los problemas que podrían mencionarse.

Tanto las respuestas, como cualquier aclaración o información que deseéis al respecto, podéis enviarlas por correo electrónico (bien como texto adjunto o como un attachment) a:

M^a Carmen Pérez de Landazábal
ICE - Universidad de Alcalá
Colegio de León. c/ Libreros nº 13
28801 - Alcalá de Henares
Tfno: 91-8854370 Fax: 91-8854378
carmen.perez@univ.alcala.es

Os agradecemos que no retraséis vuestra contestación mas allá del 10 de Junio para que dé tiempo a completar la consulta antes de la terminación del curso.

Muchas gracias por vuestra colaboración.

José Otero
Profesor Titular
Departamento de Física

M^a Carmen Pérez de Landazábal
Científico titular del CSIC
Instituto de CC. de la Educación

Enseñanza y aprendizaje de la Física en los primeros cursos universitarios.

Datos del encuestado:

Años de docencia en la asignatura de primer curso:

Licenciatura en la que imparte la asignatura de primer curso:

Número aproximado de alumnos que asisten a clase

Explicación de la pregunta:

Te solicitamos que indiques cuáles son los principales problemas con que te encuentras en la enseñanza de tu asignatura. Como orientación te sugerimos las siguientes categorías:

a) Problemas relativos a la organización académica general (p.ej., número de asignaturas por curso, extensión del programa, número de alumnos por clase).

b) Problemas relativos al propio alumno (p.ej., conocimientos iniciales, horas dedicadas al estudio, interés por la asignatura).

c) Problemas relativos a la interacción profesor-alumno (p.ej., técnicas de enseñanza del profesor, métodos de evaluación, participación del alumno en clase).

d) Problemas materiales (p.ej., dotación del laboratorio, biblioteca).

e) Otros.

Relación de problemas que identificas:

DELPHI 2.

Estimado compañero:

Agradecemos mucho tu colaboración en la consulta acerca de los problemas más importantes de la enseñanza de la Física en el primer curso de universidad. Como te informábamos en la primera comunicación, la consulta tendría varias etapas y ahora te presentamos la segunda.

Hemos sintetizado y ordenado las respuestas en tres categorías: Organización académica general, Problemas relativos al alumno, y Problemas relativos a la metodología de enseñanza. Te solicitamos ahora que puntúes cada uno de los 29 problemas identificados según la importancia que le otorgas. Por favor, utiliza una escala de 1 a 5 (1 – nada importante, 2 – poco importante, 3 – intermedio, 4 – importante, 5 – muy importante).

Agradecemos que nos respondas dentro de esta semana (es decir, antes del día 30 de Junio). Una vez calculados los valores medios de las puntuaciones te volveremos a enviar el cuestionario para que, si lo consideras oportuno, modifiques la valoración a la vista de los resultados globales.

Las respuestas, como cualquier aclaración o información que desees al respecto, puedes enviarla por correo electrónico a M^a Carmen Pérez de Landazábal, igual que en la ocasión anterior.

Con nuestro agradecimiento por el tiempo que inviertes y el interés que muestras, recibe un saludo cordial,

José Otero
Profesor Titular
Departamento de Física

M^a Carmen Pérez de Landazábal
Científico titular del CSIC
Instituto de CC. de la Educación
Colegio de León. c/ Libreros nº 13
28801 - Alcalá de Henares
Tfno: 91-8854370 Fax: 91-8854378
carmen.perez@univ.alcala.es

ORGANIZACIÓN ACADÉMICA GENERAL

	VALORACIÓN (1 a 5)
Los alumnos cursan un número excesivo de asignaturas.	
Hay un número excesivo de alumnos por clase.	
El tiempo para enseñar y aprender la asignatura es insuficiente.	
Los planes de estudio proporcionan una visión fragmentada de la Física.	
Los cursos están divididos en cuatrimestres.	
Las listas de clase no están disponibles al comenzar el curso.	
El período de matriculación es excesivamente amplio.	
<i>Otros problemas que creas que no están recogidos y quieras incluir ahora:</i>	

PROBLEMAS RELATIVOS AL ALUMNO

Conocimientos

El alumno tiene conocimientos iniciales insuficientes.	
El alumno tiene conocimientos iniciales erróneos.	
El alumno tiene una concepción inadecuada de lo que es la Física.	
Existe demasiada variedad en los conocimientos iniciales de los alumnos.	

Destrezas

El alumno tiene poca capacidad para razonar o pensar científicamente.	
El alumno tiene poca disposición para razonar o pensar científicamente.	
El alumno tiene poca disposición para utilizar libros de texto.	

Trabajo y participación

El alumno dedica pocas horas al estudio.	
El alumno no estudia de manera continuada.	
El alumno participa poco en clase.	

Actitudes hacia la Física y su enseñanza

El alumno considera la Física una asignatura difícilmente superable.	
El alumno considera la Física una asignatura poco relevante para su carrera.	
El alumno no muestra interés por el laboratorio.	
El alumno no ve la utilidad del laboratorio.	

<i>Otros problemas que creas que no están recogidos y quieras incluir ahora:</i>	
--	--

PROBLEMAS RELATIVOS A LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

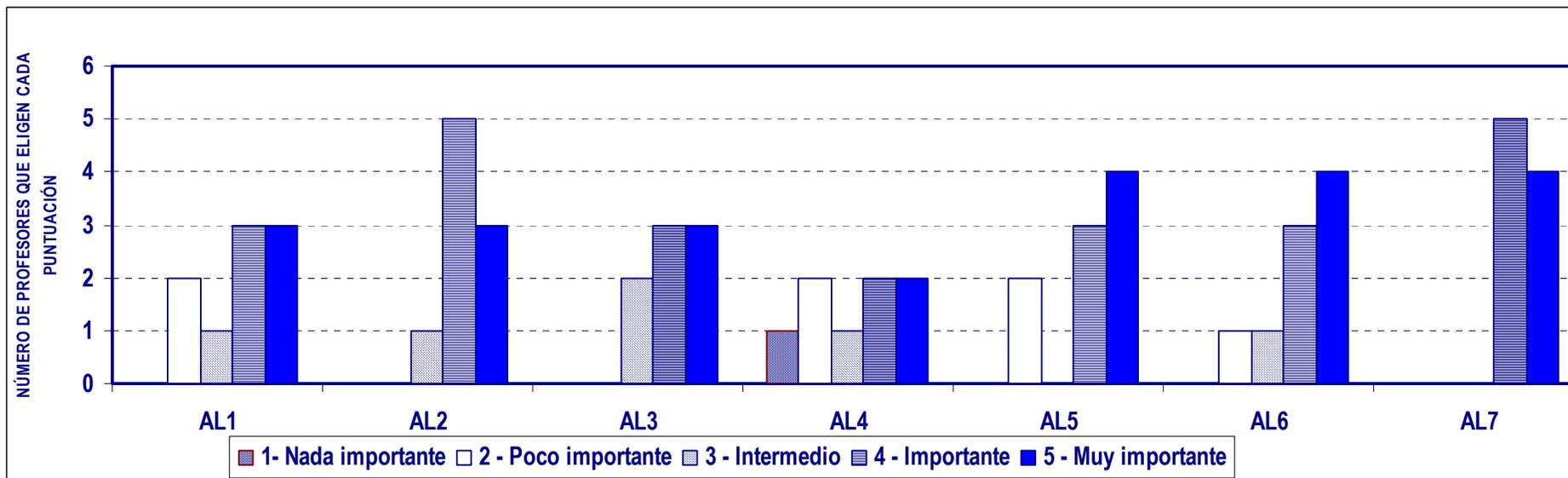
Referente a la actividad del alumno

Los alumnos consultan poco al profesor en las tutorías.	
Los alumnos no hacen preguntas en clase.	
Los alumnos prefieren estudiar apuntes a los libros.	
Los alumnos no asisten a clase.	

Referente a la actividad del profesor y a la asignatura

Los profesores no se adaptan al nivel de conocimientos y razonamiento de los alumnos.	
Los profesores no utilizan técnicas apropiadas para manejar un elevado número de alumnos por clase.	
Las asignaturas de Física exigen demasiado nivel de abstracción y razonamiento lógico.	
Las asignaturas de Física se tratan superficialmente (por el poco tiempo).	
<i>Otros problemas que creas que no están recogidos y quieras incluir ahora:</i>	

Ejemplo de la información enviada a los expertos en la tercera ronda de la Encuesta Delphi.



	1. El alumno tiene conocimientos iniciales insuficientes.	2. El alumno tiene conocimientos iniciales erróneos.	3. El alumno tiene una concepción inadecuada de lo que es la Física.	4. Existe demasiada variedad en los conocimientos iniciales de los alumnos.	5. El alumno tiene poca capacidad para razonar o pensar científicamente.	6. El alumno tiene poca disposición para razonar o pensar científicamente.	7. El alumno tiene poca disposición para utilizar libros de texto.
PUNTUACIÓN QUE TU HAS OTORGADO	4	5	5	4	4	4	4
¿A LA VISTA DE LOS RESULTADOS DESEAS MODIFICAR TU PUNTUACIÓN?.NUEVA PUNTUACIÓN:							