

**Una evaluación  
objetiva de  
la física  
preuniversitaria**

Ángel Vázquez  
Alonso  
*Facultad de  
Educación.  
Universidad de las  
Islas Baleares*

*Educació i Cultura*  
(2003), 16:  
181-193

# Una evaluación objetiva de la física preuniversitaria

## Objective assessment of high-school physics

Ángel Vázquez Alonso

Facultad de Educación, Universidad de las Islas Baleares

### Resum

Una prova objectiva sobre coneixements de Física al darrer curs de batxillerat, ja utilitzada amb anterioritat en un estudi previ, ha estat aplicada a estudiants de l'assignatura de Física al primer curs universitari. Els resultats trobats són baixos i inferiors als obtinguts a l'aplicació prèvia; les diferències són sistemàtiques i estadísticament significatives entre ambdues aplicacions. Les diferències entre grups per sexe, carreres, ensenyament públic i privat confirmen el mateix patró trobat a l'aplicació prèvia i les diferències entre alumnat COU i LOGSE són favorables als primers. Les puntuacions a la prova correlacionen directament i positivament amb les qualificacions d'accés a la universitat, però no classifiquen igualment l'alumnat de rendiment més baix. Finalment, es discuteixen algunes propostes per a l'ensenyament de la Física i la seva avaluació.

### Summary

A multiple-choice Physics test on the last high-school course (baccalaureate) curriculum, has been applied to freshmen students enrolled in university Physics. The same test had already been used in another previous study, which is the base line to compare. The mean scores are lower than those obtained in the previous evaluation; the differences between pre- and post-evaluation are systematical and statistically significant. The current differences between groups (sex, career, public/private schools) confirm the same previous patterns, and COU students perform better than LOGSE students do. The test scores correlate directly and positively with the university entry qualifications, but they do not equally rank students with bottom scores. Finally, some proposals to improve education and assessment in Physics are discussed.

En nuestro contexto educativo, todavía es una asignatura pendiente una cultura de la evaluación que vaya más allá de la simple calificación del alumnado, en cuanto a aceptación y relevancia profesionales y sociales. A diferencia de otros países, especialmente los países anglosajones (Beaton, 1987; Beaton, A. E., Mullis, I.V.S., Martin, M. O., Gonzalez, E. J., Kelly, D. L. & Smith, T. A., 1996a, 1996b; IEA, 1988), donde la evaluación como contraste y rendición de cuentas constituye una auténtica preocupación social, las evaluaciones globales del funcionamiento del sistema educativo, con un sentido diagnóstico y como base para orientar las decisiones políticas, son escasas entre nosotros, y frecuentemente, muy controvertidas, por esta falta de cultura evaluadora (Álvaro, 1990;

INCE, 1998). En este marco, el uso de las pruebas objetivas como instrumento de evaluación es todavía menos frecuentes en nuestro contexto (Álvarez, 1990). Las pruebas objetivas tienen ventajas bien conocidas, pues a cambio de una elaborada y cuidadosa planificación, permiten recoger gran cantidad de datos de una manera válida, fiable, sencilla y rápida, y al mismo tiempo, cubrir significativamente el programa evaluado (Mitter, 1979).

Hace más de una década, iniciamos un estudio de evaluación global de los conocimientos de Física de COU mediante una prueba objetiva con alumnos que comienzan sus estudios universitarios (Vázquez, 1989, 1991a, 1992a, 1992b). Las puntuaciones medias obtenidas mostraron un bajo rendimiento medio general (35% de aciertos, 42% errores y 23% de omisiones), junto con un importante descuido de la faceta comprensiva (19%), así como un descenso progresivo hacia los últimos temas del currículo y diferencias estadísticamente significativas según el sexo y el tipo de estudios universitarios elegidos.

En la década transcurrida desde el primer estudio, el sistema educativo de nuestro país ha sufrido una honda transformación educativa, como consecuencia de la progresiva implantación de los nuevos planes de estudio derivados de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE, 1990), sobre cuyos efectos la sociedad española está comenzando a vivir una cierta polémica, especialmente a raíz de la publicación de los primeros datos de evaluación (INCE, 1998). Este estudio ofrece los resultados de una reevaluación del estado instructivo en Física en alumnos que comienzan estudios universitarios de ciencias. Como instrumento de evaluación se emplea la misma prueba objetiva utilizada hace una década (adaptada), replicando el diagnóstico realizado para evaluar el potencial cambio en la formación en Física de los estudiantes en este período.

## **Método**

### **Muestra**

La muestra válida de este estudio son 269 alumnos matriculados en Física de primer curso de diversas especialidades como Físicas (35), Telecomunicaciones/Informática (54), Químicas (85) y Biológicas (95) en el curso 1999-2000 en la UIB. La distribución por sexos muestra 120 (46%) mujeres y 141 (54%) hombres, aunque esta distribución oscila mucho según la carrera: Físicas (30% de mujeres), Telecomunicaciones/Informática (6% de mujeres), Químicas (50% de mujeres) y Biológicas (69% de mujeres). El alumnado proviene de centros públicos (29.5%) y privados (70.5%), después de cursar COU (71.2%) o el segundo curso del nuevo Bachillerato (28.8%) y aproximadamente un cuarto de la muestra (26.3%) son repetidores, aunque la incompleta cumplimentación de los formularios origina algunos casos desaparecidos en los grupos descritos.

### **Instrumento**

La prueba objetiva aplicada está formada por 25 cuestiones, basadas en contenidos comunes de Física de COU y del segundo curso del nuevo Bachillerato, con el mismo formato: elección múltiple con cinco alternativas de respuesta, de las cuales sólo una es correcta. Los temas de las cuestiones son: Cálculo Vectorial (4), Dinámica (8), Trabajo-Energía (2), Campos (7), Ondas (4). Para adaptarla rigurosamente a los currículos de COU y del nuevo Bachillerato se eliminaron cinco cuestiones en relación a la primera aplicación.

### **Procedimiento**

La prueba objetiva, cuyo proceso de desarrollo y validación se ha detallado en otro lugar (Vázquez, 1992a), fue aplicada a los alumnos al comienzo del curso primero en los

propios grupos y por su profesor en la universidad. Para asegurar el interés y esfuerzo en su ejecución, la aplicación fue planteada como el primer examen de la asignatura, disponiendo de 50 minutos para responder. Los estudiantes informaron también de sus calificaciones de Física y media global obtenidas en las pruebas de acceso a la universidad (PAAU) en cinco categorías: deficiente (inferior a dos puntos), insuficiente (entre dos y cuatro puntos), suficiente (entre 4 y seis), notable (seis a ocho) y sobresaliente (superior a 8 puntos).

Las puntuaciones directas de la prueba se han obtenido asignando un punto a los ítems acertados y cero a los no acertados (o no contestados), en variables como Aciertos (ítems acertados), Omisiones (ítems no contestados) y Errores (ítems equivocados) y las mismas puntuaciones en cada uno de los temas de contenidos. Para evitar el inconveniente de la diversidad de rangos y facilitar la comparación entre variables se han transformado todas las puntuaciones a una escala porcentual (0 a 100), expresando cada puntuación directa como una proporción porcentual del rango de cada variable.

El análisis de las diferencias entre grupos mediante análisis factorial de la varianza, toma como criterio de diferencias estadísticamente significativas si el grado de significación es un exigente  $p < .01$ , y refiriéndose como próximas, si el grado de significación es  $.01 < p < .10$ .

## **Resultados**

La puntuación media de aciertos de toda la muestra es baja, con 7.42 aciertos (29.7%) y una desviación típica de 3.67 puntos, siendo la mediana 7 y la puntuación moda 8 aciertos. La puntuación media de errores es superior a la anterior, 9.87 puntos (39.5%), desviación típica de 4.7, mediana 10 y moda 9. La puntuación media de omisiones es similar a los aciertos, 7.71 puntos (30.8%), desviación típica de 6.1, mediana 7 y moda 0. Los datos más significativos son la existencia de un mayor número de errores que de aciertos, que se equiparan al número de omisiones, y constituyen los indicadores básicos de la deficiente preparación del alumnado; el valor de cero de la moda de las omisiones indica que existe una gran mayoría de alumnado que no deja ninguna respuesta en blanco, es decir, ninguna cuestión sin respuesta. A pesar de la disminución de longitud de la prueba, que siempre afecta negativamente a la fiabilidad, esta se mantiene en valores muy aceptables (.7245) y semejante a la obtenida en la aplicación anterior.

El análisis de las puntuaciones de aciertos muestra diferencias significativas ( $p < .0000$ ) entre las distintas carreras (tabla 1). Por un lado, el grupo de Informática (36%) y Físicas (39%) obtienen las puntuaciones más altas y similares entre sí, estos últimos con un rendimiento ligeramente mejor. Por otro lado, los grupos de Químicas (27%) y Biológicas (25%) tienen los rendimientos más bajos, especialmente estos últimos que tienen el rendimiento más bajo de todos.

El análisis de los errores por carreras muestra que es aproximadamente constante (no existen diferencias estadísticamente significativas entre las cuatro carreras), con un promedio situado en torno a 10 errores (40%). Puesto que el número de errores es aproximadamente constante, el número de omisiones según la carrera es aproximadamente complementario del número de aciertos, como reflejan los resultados de la tabla 2, lo cual quiere decir que la importancia relativa del error es mayor en aquellos casos donde el número de omisiones es mayor. El alumnado de Físicas es el que da menos respuestas en blanco, seguido de Informática, y quienes dan más respuestas en blanco son Químicas y Biológicas. Las diferencias entre carreras en el número de omisiones también son estadísticamente significativas ( $p = .0002$ ).

|                 | INFORMÁTICA | FÍSICAS | QUÍMICAS | BIOLÓGICAS | TOTAL |
|-----------------|-------------|---------|----------|------------|-------|
| Promedio        | 9,07        | 9,77    | 6,67     | 6,29       | 7,42  |
| Dv std          | 3,39        | 4,20    | 2,98     | 3,50       | 3,67  |
| Mediana         | 9           | 9       | 6        | 7          | 7     |
| Moda            | 10          | 6       | 5        | 8          | 8     |
| Mínimo          | 2           | 3       | 0        | 0          | 0     |
| Máximo          | 20          | 18      | 15       | 12         | 20    |
| Mujeres (media) | 8,25        | 6,44    | 6,02     | 6,01       | 6,13  |
| Hombres(media)  | 9,12        | 11,08   | 7,23     | 6,74       | 8,41  |

Tabla 1. Estadística de las puntuaciones directas de aciertos (rango 0 - 25 puntos) en la prueba objetiva de Física y las puntuaciones medias de hombres y mujeres en los cuatro grupos de carreras.

|             | INFORM. | FÍSICAS | QUÍMICAS | BIOLÓGICAS | TOTAL |
|-------------|---------|---------|----------|------------|-------|
| Aciertos-99 | 36,3    | 39,1    | 26,7     | 25,2       | 29,7  |
| Aciertos-87 | 33,5    | 42,4    | 35,9     | 29,9       | 35,5  |
| Errores-99  | 37,9    | 43,1    | 41,5     | 37,3       | 39,5  |
| Errores-87  | 47,9    | 39,3    | 44,8     | 29,9       | 42    |
| Omisión-99  | 25,9    | 17,8    | 31,9     | 37,5       | 27,2  |
| Omisión-87  | 18,7    | 18,4    | 19,3     | 40,1       | 22,5  |
| VECTOR-99   | 57,9    | 60,7    | 46,5     | 44,2       | 49,8  |
| VECTOR-87   | 60,6    | 73,1    | 69,9     | 67,5       | 65,3  |
| DINÁMIC-99  | 41,9    | 42,9    | 33,4     | 28,7       | 34,7  |
| DINÁMIC-87  | 42,2    | 52,1    | 49,6     | 47,3       | 45,9  |
| ENERGÍA-99  | 41,7    | 44,3    | 27,6     | 36,3       | 35,7  |
| ENERGÍA-87  | 28,2    | 31,7    | 22,4     | 33         | 27,9  |
| CAMPOS-99   | 33,1    | 37,1    | 19       | 18,8       | 24,1  |
| CAMPOS-87   | 29,2    | 39,5    | 29,9     | 9,7        | 29,7  |
| ONDAS-99    | 6,5     | 10,7    | 6,5      | 4,7        | 6,4   |
| ONDAS-87    | 10,3    | 18,7    | 13,1     | 4,5        | 12,6  |

Tabla 2. Puntuaciones porcentuales total y en los cuatro grupos de carreras en la aplicación anterior (1987) y actual (1999).

Las puntuaciones sobre los distintos temas del cuestionario de Física aportan una nueva perspectiva del rendimiento de los estudiantes en la prueba (tabla 2). En general, se observa que la puntuación media desciende a medida que se avanza por el programa, de modo que el primer tema del currículo (Cálculo vectorial) tiene la puntuación más alta, seguido de los otros dos temas que le suelen seguir en la secuencia de la enseñanza (Dinámica y Energía), con puntuaciones muy similares, después viene el tema de Campos y el último en puntuación es el tema de Ondas. Esta secuencia se mantiene en prácticamente todos los grupos de carreras que indica una cierta estabilidad en la forma-

ción adquirida en cada uno de ellos por todos los estudiantes. Las diferencias entre las carreras son estadísticamente significativas, o próximas al nivel de significación, en casi todos los casos, con excepción de Ondas, siguiendo aproximadamente el patrón marcado por la puntuación de aciertos.

## **Comparaciones entre grupos**

La comparación entre hombres y mujeres es siempre favorable a los hombres y en la mayoría de los casos, las diferencias son estadísticamente significativas ( $p < .000$ ). Las chicas tienen una puntuación global de aciertos inferior a los chicos, omiten más respuestas y tienen puntuaciones de aciertos más bajas en los temas del currículo Campos y Dinámica ( $p < .000$ ); las diferencias no son significativas en Errores y los otros temas de Vectores, Energía y Ondas, aunque las puntuaciones son siempre mejores en los chicos.

Por el contrario, el carácter de repetidor de Física en la universidad no marca diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento en la prueba en ninguna de las variables con los estudiantes no repetidores, es decir, que los estudiantes nuevos tienen apreciablemente el mismo rendimiento que los estudiantes repetidores.

Las diferencias entre estudiantes provenientes de institutos o colegios privados tampoco son significativas, aunque se encuentran próximas al nivel de significación en algunas variables como la representativa puntuación global de aciertos en la prueba ( $p = .0174$ ) y Dinámica ( $p = .0138$ ), y menos en otras como Ondas ( $p = .0548$ ), Energía ( $p = .0950$ ) y Campos ( $p = .0950$ ). En todos los casos se observa una tendencia consolidada: los estudiantes provenientes de centros privados obtienen puntuaciones mejores que los estudiantes de institutos.

Las diferencias entre el alumnado que continúa estudiando el antiguo COU o los que acceden a la universidad después de haber estudiado el nuevo Bachillerato muestran diferencias estadísticamente significativas sólo en el caso de la variable Dinámica ( $p = .0061$ ), aunque también las diferencias se encuentran en niveles próximos a la significación estadística en aciertos globales ( $p = .0486$ ). En casi todas las variables la tendencia de las diferencias es homogénea: el rendimiento de los estudiantes de COU es mejor que el de los estudiantes de Bachillerato, siendo la única excepción la variable Energía, donde estos últimos tienen una puntuación superior a los estudiantes de COU.

## **Comparación con la evaluación anterior**

Un aspecto importante de cualquier evaluación, aunque no siempre recibe atención, es su perspectiva longitudinal, es decir, poder diagnosticar como cambia el rendimiento del alumnado en Física con el tiempo. Para ello se comparan los resultados de la anterior aplicación en 1987 con los resultados presentes (1999) en una muestra equivalente (tabla 2). En primer lugar, el rendimiento general del alumnado ha descendido en esta década en prácticamente todos los temas evaluados, y las diferencias en promedio son significativas y sistemáticas. Los resultados de la puntuación global de aciertos muestran que la evaluación actual (29.7%) es significativamente ( $p < .001$ ) inferior a la evaluación de una década anterior (35.5%). El grupo de Físicas mantiene aproximadamente la misma diferencia observada en la puntuación total, pero los otros grupos se desvían de este patrón. El grupo de Informática muestra un patrón inverso, es decir, la puntuación actual es un poco

superior, mientras que en los otros dos grupos, los promedios son inferiores a la aplicación anterior y las diferencias son superiores a la media del grupo total, especialmente en el grupo de Químicas que desciende casi 10 puntos.

La puntuación global de errores es prácticamente idéntica entre ambas aplicaciones (en torno a 40%), pero ofrece resultados desiguales según la carrera. El grupo de Biólogos y Físicos aumentan el número de errores ahora, mientras los otros dos grupos siguen el patrón contrario, disminuyen el número de errores, aunque las diferencias nunca superan el 10%.

El número global de omisiones es ligeramente mayor en la aplicación actual pero ofrece resultados muy diferentes en el grupo de Químicas, que aumentan bastante el número de omisiones en la respuesta, en el mismo sentido que el grupo de Informática, aunque en este caso las diferencias son menores.

Las puntuaciones de aciertos en los distintos temas del currículo siguen, en general, el patrón marcado por las puntuaciones globales de aciertos entre los distintos grupos de carreras, es decir, las puntuaciones actuales son más bajas que las previas. La única excepción ocurre en el tema de Energía, donde la puntuación actual es ligeramente superior a la anterior, aunque, dado que este tema sólo está formado por dos cuestiones, es más probable obtener una variación como esta. Por grupos, también se observa que el grupo de Biológicas, que obtiene en general las puntuaciones más bajas, también tiene una puntuación actual más alta en el tema de Campos. También es notable observar el descenso continuo de la puntuación de aciertos entre el primer tema y el último, ya detectado en la primera aplicación, que se sigue manteniendo actualmente.

## Comparación con las calificaciones oficiales

Cuando los alumnos comienzan sus estudios universitarios han recibido ya dos calificaciones oficiales, la calificación final del COU y la calificación de las Pruebas de Acceso a la Universidad (PAAU), donde existe una calificación específica de Física y una puntuación global media que se aplica para la entrada selectiva en las carreras. Sería esperable que la calificación de Física y la calificación media de las PAAU tuvieran una relación significativa con las puntuaciones de la prueba objetiva aplicada.

|          | FÍSICA - PAAU<br>(n: 166) | MEDIA - PAAU<br>(n: 249) |
|----------|---------------------------|--------------------------|
| ACIERTO  | .3846**                   | .2478**                  |
| ERROR    | -.1944*                   | -.2559**                 |
| OMISIÓN  | -.1048                    | .0501                    |
| VECTORES | .1363                     | .2305**                  |
| DINÁMICA | .3129**                   | .1909*                   |
| ENERGÍA  | .1844*                    | .1247                    |
| CAMPOS   | .3099**                   | .2074**                  |
| ONDAS    | .1095                     | -.1346                   |

Significación de una cola: \*-.01 \*\*-.001

Tabla 3. Correlaciones entre las puntuaciones medias porcentuales en la prueba objetiva de Física y la calificación en Física y la calificación media de las pruebas de acceso a la universidad (PAAU).

Las correlaciones (tabla 3) entre las variables de aciertos global y las variables de aciertos en los distintos temas (con excepción de Ondas) frente a las calificaciones en las PAAU (media y específica de Física) son positivas, pero son negativas las correlaciones de las variables errores y omisiones como es plausible esperar. Las correlaciones más altas (significativas) encontradas corresponden a las variables de aciertos y de los temas Dinámica y Campos con ambas calificaciones de las PAAU.

La tabulación cruzada de las puntuaciones medias en la prueba entre los grupos de las calificaciones PAAU muestra algunos detalles interesantes (tabla 4). En primer lugar, en el caso de la calificación de Física en las PAAU, los dos grupos de máxima calificación obtienen también las calificaciones más altas en la prueba aplicada; sin embargo, entre los grupos cuya calificación en Física en las PAAU fue deficiente, insuficiente o suficiente se observa el alto grado de igualdad en puntuaciones de la prueba, es decir, que grupos con diferentes calificaciones de Física en las PAAU obtienen rendimientos en la prueba muy similares; incluso, en determinadas variables (Vectores y Dinámica) el grupo de más baja calificación (deficiente) tiene un resultado superior a los otros. Este resultado sugiere que resulta muy problemático discernir la preparación real del alumnado que obtiene las puntuaciones más bajas por el sistema de evaluación empleado de acceso.

| Grupos de calificación                          | n   | %    | Aciertos | Vector | Dinámica | Energía | Campos | Ondas |
|---|-----|------|----------|--------|----------|---------|--------|-------|
| <b>CALIFICACIÓN DE FÍSICA PAAU (n = 166)</b>    |     |      |          |        |          |         |        |       |
| Deficiente                                      | 23  | 13,5 | 30,0     | 55,4   | 34,7     | 39,1    | 22,3   | 4,3   |
| Insuficiente                                    | 32  | 18,8 | 30,2     | 50,7   | 36,7     | 32,8    | 24,1   | 6,2   |
| Suficiente                                      | 66  | 38,8 | 31,0     | 53,0   | 34,0     | 36,3    | 27,0   | 7,5   |
| Notable   | 34  | 20,0 | 35,8     | 52,2   | 44,4     | 38,2    | 32,7   | 6,6   |
| Sobresaliente                                   | 15  | 8,8  | 52,8     | 73,3   | 56,6     | 73,3    | 54,2   | 11,6  |
| <b>CALIFICACIÓN MEDIA DE LAS PAAU (n = 249)</b> |     |      |          |        |          |         |        |       |
| Insuficiente                                    | 4   | 1,6  | 37,0     | 37,0   | 31,2     | 50,0    | 35,7   | 31,2  |
| Suficiente                                      | 161 | 64,7 | 27,9     | 27,9   | 33,6     | 33,2    | 21,6   | 6,2   |
| Notable   | 76  | 30,5 | 33,3     | 33,3   | 38,9     | 38,1    | 27,6   | 5,2   |
| Sobresaliente                                   | 8   | 3,2  | 50,0     | 50,0   | 51,5     | 68,7    | 55,3   | 0     |

Tabla 4. Puntuaciones medias porcentuales en la prueba objetiva de Física de los distintos grupos de calificación en Física y media de las pruebas de acceso a la universidad (PAAU).

En segundo lugar, cuando la referencia son los grupos de calificación media en las PAAU (donde está ausente el grupo deficiente, obviamente) se continúa observando la discriminación de los dos grupos superiores (notable y sobresaliente) con puntuaciones en la prueba objetiva también superiores a los demás, pero la igualdad de los otros grupos resulta si cabe más contradictoria, por cuanto se observa que el grupo de calificación media insuficiente tiene en la mayoría de las variables puntuaciones medias de la prueba superiores al grupo superior de calificación media (suficiente), y en algún caso al de notable. Dada la menor especificidad de la calificación media de las PAAU, estos resultados más mezclados serían esperables y revelan hasta qué punto alumnos con calificaciones medias altas o bajas en las PAAU pueden tener rendimientos en Física que no están en correspondencia con esa calificación media.

## Discusión

El rendimiento en Física obtenido con la prueba aplicada es relativamente bajo, y más bajo que el obtenido con la misma prueba aplicada hace una década al mismo colectivo de estudiantes (Vázquez, 1991a, 1991b, 1992a, 1992c). Aunque las diferencias observadas no son relevantes, parecen consolidadas, en el sentido que los análisis realizados según diferentes grupos de sexo, carrera o estudios previos (COU o Bachillerato LOGSE), ponen de manifiesto actualmente resultados inferiores en prácticamente todos estos grupos. Este bajo nivel obtenido aquí concuerda con los resultados de estudios similares que han usado otras pruebas objetivas diferentes, tanto en la tasa media de aciertos (sobre 30%) como en la tasa de alumnos que superan el 50% de aciertos (Casanova, San José y Pérez, 1985; Escudero, 1984; Touron, 1984).

La interpretación de los pobres resultados obtenidos, pasa sin duda por reconocer deficiencias en el aprendizaje significativo de la Física por el alumnado. La evaluación realizada aquí, después de un tiempo de finalizado el aprendizaje, neutraliza los efectos de la recencia o proximidad excesiva entre estudio y evaluación y de los aprendizajes puramente memorísticos. Después de un tiempo entre aprendizaje y evaluación, únicamente se conservan los aprendizajes realmente significativos, es decir, aprendizajes caracterizados por la retención comprensiva de conceptos e integración en la estructura mental del alumno como una red estable, amplia y multirelacionada de significados, que los hace funcionales (útiles) y susceptibles de ser empleados en nuevas situaciones (Coll, 1988). Las puntuaciones bajas y el elevado número de errores conceptuales o concepciones alternativas detectadas en la prueba, que son un indicador de aprendizajes meramente superficiales y no significativos (Vázquez, 1990), apoyan la idea de falta de significación del aprendizaje de la Física.

Además, en esta reevaluación se mantiene la tendencia negativa, ya detectada en la evaluación primera (1987), entre el rendimiento en la prueba objetiva y la secuenciación curricular de los Temas de Física, de modo que las puntuaciones van decreciendo sistemáticamente hacia los últimos temas del currículo. La explicación más plausible de esta inferior preparación en esos temas, se basa en la menor atención prestada en el proceso de enseñanza / aprendizaje, más pausado en los primeras lecciones y más apresurado al final, que redundaría en una menor atención a la enseñanza de los últimos temas del currículo. El hecho que se mantenga tan clara y sistemática esta tendencia con los años indica que se ha hecho poco por corregir la tradicionalmente desequilibrada dedicación temporal al currículo.

En general, cualquier medición del rendimiento del alumnado lleva asociado un error de la medida, cuyo efecto es la falta de coincidencia entre diversas medidas realizadas de ese rendimiento, por ejemplo, entre la calificación de la prueba y la calificación de Física o la media de las pruebas de acceso a la universidad (PAAU) o selectividad, causadas por las distintas metodologías empleadas, pero también por la propia variabilidad de las medidas en variables humanas. Los detractores de la evaluación subrayan estas inconsistencias, propias de cualquier proceso de medida, como un defecto importante y un argumento contra la evaluación, pero hoy en día la necesidad de una evaluación multifacética y formativa de la Física para mejorar la enseñanza de la Física y los resultados para los estudiantes es subrayada ampliamente (Black, 1999). A pesar del margen de error de las medidas, la evaluación plantea cuestiones centrales sobre la enseñanza de la Física ¿Es aceptable que un amplio grupo de estudiantes tenga una formación inferior al 30% del currículo planificado? ¿Es aceptable que ninguno de los ocho estudiantes con una calificación media de sobresaliente en las PAAU, por ejemplo, no consiga acertar ni una de las

cuatro cuestiones sobre el tema de Ondas? ... En la tarea interpretar mejor los resultados y reducir el error en la evaluación, las distinciones entre currículo planificado, enseñado y logrado (Beaton et al., 1996a, 1996b), a los que Millar (1999) añade el currículo evaluado, pueden ayudar a definir con mayor precisión los objetivos de la educación en Física y, en consecuencia, evaluar las capacidades y destrezas logradas realmente por el alumnado. Esto será especialmente más factible para el currículo de Física del nuevo Bachillerato (cuando esté implantado), puesto que la Física de COU es más un listado de temas, que no un currículo detallado, en el sentido actual de este término, como conjunto mínimo de objetivos, contenidos, metodología y criterios de evaluación que contribuyen a definir la enseñanza de una materia.

Estas y otras muchas cuestiones que surgen de los resultados mostrados aquí requieren una reflexión donde se apoya la evaluación para sugerir innovaciones de mejora en la enseñanza de la Física. En concreto algunas de las direcciones de mejora podrían ser las siguientes:

En general, hacer la enseñanza y aprendizaje de la Física una actividad más atractiva para el alumnado, que sin caer en la edulcoración fácil o la mutilación irracional de los contenidos, huya también de la imagen de dureza y dificultad con que se suele adornar, a veces tan innecesaria, como inútilmente.

Centrar y enfocar el currículo de Física haciendo más realista el currículo planificado y enseñado, es decir, acercando más el currículo planificado a las posibilidades del currículo logrado realmente por los estudiantes. No sirve de mucho enseñar un currículo aparentemente perfecto desde la perspectiva de la planificación si ello redundaría en una disminución del aprendizaje realmente logrado por los estudiantes. Esta tarea pasa por simplificar actividades reiterativas o contenidos excesivos planificados previamente, a cambio de afianzar y aumentar el currículo logrado por los estudiantes, para lo cual, es necesario un compromiso o equilibrio entre la tendencia a enseñar mucho y la realidad de aprendizajes significativos desgraciadamente escasos.

La enseñanza de la Física debe buscar no sólo «educar en Física» sino también «educar sobre Física». Esta distinción puede parecer bizantina pero no lo es tanto, a juzgar por las muchas propuestas en este sentido presentes en numerosas investigaciones en didáctica de la Física y de las ciencias. Educar sobre Física se refiere no sólo a promover el aprendizaje de los conocimientos de Física (educar en Física) sino también aprender como es y como funciona la Física para construir el conocimiento científico, el conocimiento y aplicación de los procesos de la ciencia, las relaciones entre la sociedad y la ciencia, las relaciones con la tecnología, conocer la historia de la Física, etc., porque muchos de estos conocimientos contribuyen decisivamente a una educación más completa y útil para cualquier ciudadano medio de nuestras sociedades modernas altamente tecnológizadas.

En coherencia con lo anterior, si se incluyen en el currículo cuestiones relativas a la historia y naturaleza de la Física, como los señalados en el párrafo anterior, la evaluación de los estudiantes, además de los tradicionales conocimientos de Física, debería incluir también estos aspectos, como el trabajo práctico de laboratorio y los aspectos de Ciencia-Tecnología-Sociedad, historia y naturaleza de la Física, conexiones con la tecnología, implicaciones para la sociedad, etc. Se trataría, pues, de equiparar la educación sobre Física a la tradicional educación en Física, porque no tendría sentido enseñar sobre Física y después, a la hora de evaluar, quedarse sólo en los aspectos puramente cognitivos referidos a la tradicional educación en Física.

Aplicar las tecnologías de la información y la comunicación puede ser un elemento que contribuya decisivamente a aumentar la motivación y el interés por la Física, al mismo tiempo que una exigencia de los tiempos actuales.

En un reciente coloquio internacional dedicado a la enseñanza de la Física preuniversitaria muchas de estas propuestas han sido discutidas y apoyadas (Coughlan, 1999). También algunas de ellas están ya explícitamente recogidas en los currículos de las materias del nuevo Bachillerato de nuestro país, actualmente en proceso de implantación definitiva, esperando que su aceptación y adecuada aplicación redunde en efectos reales positivos para la mejora de la formación de los estudiantes que optan ya por una especialidad científica concreta.

## Bibliografía

- ALVARO PAGE, M. y otros (1990). *Hacia un modelo causal del rendimiento académico*. Madrid: Centro de Investigación, Documentación y Evaluación.
- BEATON, A. E. (1987). *The NAEP Technical Report*. Princeton, NJ: Educational Testing Service University of Princeton.
- BEATON, A. E., MULLIS, I.V.S., MARTIN, M. O., GONZALEZ, E. J., KELLY, D. L. & SMITH, T.A. (1996a). *Mathematics Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- BEATON, A. E., MULLIS, I.V.S., MARTIN, M. O., GONZALEZ, E. J., KELLY, D. L. & SMITH, T. A. (1996b). *Science Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- BLACK, P. (1999). Assesment issues and Physics at 16+. En R. Coughlan (Ed.), *Proceedings of the Colloquium on Attainment in Physics at 16+*, (pp. 55-77), Ireland: Department of Education and Science.
- CASANOVA, J., SAN JOSÉ, R. Y PÉREZ, P. J. (1985). Contribución al análisis del fracaso escolar en el primer curso de las facultades de ciencias. *Revista de Educación*, 278: 99-117.
- COLL, C. (1988). Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo. *Infancia y Aprendizaje*, 41: 131-142.
- COUGHLAN, R. (Ed.) (1999). *Proceedings of the Colloquium on Attainment in Physics at 16+*. Ireland: Department of Education and Science.
- ESCUADERO ESCORZA, T. (1984). Condicionantes y capacidad predictiva de la selectividad universitaria. *Revista de Educación*, 273: 139-164.
- IEA, International Association for the Evaluation of Educational Achievement (1988). *Science Achievement in Seventeen Countries. A Preliminary Report*. Oxford: Pergamon Press.
- INCE (1998). *Diagnóstico general del sistema educativo. Avance de resultados*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- MILLAR, R. (1999). Physics 16+: An overview of issues arising at the Colloquium. En R. Coughlan (Ed.), *Proceedings of the Colloquium on Attainment in Physics at 16+*, (pp. 104-113), Ireland: Department of Education and Science.
- MITTER, W. (ed.) (1979). *The Use of Tests and Interviews for Admission to Higher Education*. Windsor: NFER Pub. Co.
- TOURON FIGUEROA, J. (1984). *Factores del rendimiento académico en la universidad*. Pamplona: EUNSA.

- VÁZQUEZ ALONSO, A. (1989). *Rendimiento en Bachillerato: Aptitudes y Atribución Causal. Análisis del rendimiento objetivo en Física y Química*. Tesis doctoral, Universidad de las Islas Baleares.
- VÁZQUEZ, A. (1990). Concepciones alternativas en Física y Química de Bachillerato: una metodología diagnóstica. *EnseZanza de las Ciencias*, 8 (3), 251-258.
- VÁZQUEZ ALONSO, A. (1991a). *Validación empírica de una prueba objetiva de Física de COU*. Comunicación presentada a la XXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física, Valladolid.
- VÁZQUEZ, A. (1991b). *Evaluación en Física de C.O.U. de alumnos que comienzan estudios superiores*. XXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física. Universidad de Valladolid, Valladolid, 23-27 sepbre. 1991.
- VÁZQUEZ, A. (1992a). *Test de Física de C.O.U.: Baremación y Evaluación*. Zaragoza: I.C.E. Universidad de Zaragoza.
- VÁZQUEZ, A. (1992b). Evaluación objetiva de la Física de COU. *Revista Española de Física*, 6 (2), 48-52.

## **Agradecimientos**

Al profesorado de Física de primer curso de la Universidad de las Islas Baleares por la colaboración prestada en la aplicación de la prueba al alumnado.