

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA Y UNIVERSIDAD: UN ANÁLISIS EXPERIMENTAL

LATORRE LATORRE, ÁNGEL y SANFÉLIX YUSTE, FERNANDO
Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Universitat de València (Estudi General).

SUMMARY

The aim of the research is of the analysis of the Scientific-Technological Education in High School and University students on declarative knowledge. In order to carry out this analysis we have used two instruments: The knowledge Test Alfa/Cien 1 and the Methodological Proposal to classify the questions depending on their answers' patterns, that have allowed us to measure the scientific-technological knowledge shown by the students and to study the questions that a high percentage of students has answered in a non-optimal form. Outcomes show that the University students possess higher levels of scientific-technological literacy than High School students, being the level of both below what it would be desirable.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un gran acuerdo en considerar que una persona alfabetizada es aquella que posee unos conocimientos y habilidades que van mucho más allá del mero saber leer y escribir. Así, Cook-Gumperz (1988) considera que la alfabetización es un proceso metacognitivo que hace posible otros desarrollos cognitivos y sociales; y, según Fleming (1989), la alfabetización le proporciona a la persona una *capacitación (empowerment)* que le faculta para crear ideas idiosincrásicas, que favorece el pensamiento y la generación de varias alternativas ante una situación o problema; esta capacitación le permite en suma tener un poder, una autoridad dentro de su cultura.

Nuestra investigación se enmarca dentro del ámbito de la educación científico-tecnológica, en concreto nos centramos en el estudio de la alfabetización o cultura

general científico-tecnológica, que es uno de los objetivos principales de dicha educación. La mayoría de las investigaciones y estudios realizados sobre este tema están incluidos dentro de la perspectiva ciencia - tecnología - sociedad (CTS). Hemos de advertir que la denominación utilizada no es unánime, siendo las más empleadas: *alfabetización científica*, *alfabetización tecnológica* y *alfabetización científico-tecnológica*. Consideramos que la más apropiada es la última, ya que enfatiza que la ciencia y la tecnología tienen un mismo rango, por lo que a lo largo del presente trabajo utilizaremos este término. Existen varios estudios en los que se indica en qué debe consistir la alfabetización científico-tecnológica, enumerando los conocimientos que debe ser capaz de saber y aplicar una persona científica y tecnológicamente alfabetizada (Thomas y Durant, 1987; Olorundare, 1988; Shahn, 1988; Fleming, 1989; Rivas, 1995). Como

ejemplo, presentamos la aportación de Olorundare (1988), que, siguiendo a Champagne y Klopfer (1982), llega a la conclusión de que la *alfabetización científica*, que es el término que utiliza, incluye los cinco siguientes componentes: *a)* conocimiento de hechos significativos, conceptos, principios y teorías de la ciencia; *b)* habilidad para aplicar el conocimiento relevante de la ciencia a las situaciones cotidianas de la vida; *c)* habilidad para utilizar los procedimientos de la investigación científica; *d)* comprensión de las ideas básicas sobre las características de la ciencia y sobre la importancia de las interacciones de la ciencia, la tecnología y la sociedad; y *e)* posesión de actitudes basadas en una información fidedigna y de intereses relacionados con la ciencia.

Los distintos conocimientos y habilidades apuntados por este autor y por los citados anteriormente podemos agruparlos en tres grandes grupos o tipos: conocimientos declarativos, conocimientos de procedimiento y actitudes. De los tres tipos de conocimientos indicados, en nuestra investigación hemos estudiado conocimientos declarativos sobre ciencia y tecnología de estudiantes de secundaria y universidad para averiguar cuantitativamente su medida y también para indagar sobre la naturaleza de dicho conocimiento. Esta última pretensión hace referencia principalmente al estudio de las cuestiones en las que los estudiantes han mostrado tener un mayor desconocimiento o ignorancia, ya que consideramos que no es suficiente cuantificar lo que los alumnos saben, sino también es necesario investigar lo que desconocen o conocen de forma deficiente e intentar encontrar una explicación y actuar en consecuencia. Al respecto, en los últimos años se han realizado varios trabajos incluidos en el marco conceptual de lo que en el ámbito anglosajón se conoce como *misconceptions* y, en nuestro contexto, se conoce con varios términos, *ideas de los estudiantes*, *errores conceptuales* (Carrascosa, 1983; Solbes, Calatayud, Climent y Navarro, 1987; Colombo de Cudmani y Cudmani, 1988) o *Errors conceptuels* (Carrascosa y Gil, 1985) por tratarse de conceptos equivocados o erróneos que tienen los estudiantes con respecto a lo que la ciencia y la tecnología consideran como válido, y que comparten las cuatro siguientes características indicadas por Vázquez Alonso (1994): *a)* persistencia; *b)* coherencia interna; *c)* que están muy extendidos; y *d)* que poseen un carácter histórico.

Según lo comentado, nuestro trabajo supone un primer nivel de acercamiento al estudio de la educación científico-tecnológica a través del análisis del conocimiento mostrado por los estudiantes de secundaria y universidad.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de nuestra investigación consiste en el análisis de la educación científico-tecnológica en estudiantes de secundaria y universidad referida a unos aspectos concretos dentro de los conocimientos declarativos que hacen referencia principalmente a «datos», «hechos»,

«autores», «definiciones», «conceptos», la mayoría de ellos relacionados con lo que Hodson y Reid (1988) llaman *historia y evolución de la ciencia y de la tecnología*. Este análisis incluye la medición del conocimiento científico-tecnológico mostrado por los estudiantes y el estudio de las cuestiones que un porcentaje elevado de estudiantes no han contestado o, si lo han hecho, ha sido de forma incorrecta. Los resultados fueron calculados de forma diferencial en cada uno de los dos niveles de la variable «nivel educativo» cursado por los estudiantes: secundaria y universidad, para poder establecer comparaciones entre ambos. Para realizar dicho análisis hemos utilizado dos instrumentos que nos han permitido averiguar características relevantes sobre el conocimiento de los estudiantes relativo a los aspectos citados. Estos dos instrumentos son presentados en el siguiente apartado.

METODOLOGÍA

Los dos instrumentos utilizados han sido la *Prueba de conocimientos Alfa/Cien 1* y la *Propuesta metodológica de clasificación de las cuestiones en función de sus patrones de respuesta*. A continuación presentaremos ambos instrumentos.

Prueba de conocimientos Alfa/Cien 1

Alfa/Cien 1 es una prueba de conocimientos declarativos sobre alfabetización científico-tecnológica. El primer paso en su elaboración consistió en el diseño de una prueba piloto compuesta por elementos referidos a conocimientos puntuales o particulares (conocimientos declarativos) de la cultura, que tienen como referencia el mundo científico y tecnológico (319 ítems pertenecientes a 14 apartados). Con la finalidad de depurar estos elementos, la prueba piloto fue cumplimentada por un panel de expertos. La selección definitiva de los ítems se realizó en función de su índice de dificultad, de forma que estuvieran representados ítems de las cinco categorías de dificultad indicadas por Yela (1984): muy fáciles, fáciles, normales, difíciles y muy difíciles. Esta selección se realizó también intentando construir dos formas paralelas y, así, este proceso de depuración de ítems y apartados dio como resultado las dos formas de la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1 (Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B) que a través de los análisis estadísticos pertinentes se comprobó que realmente son paralelas (Sanfélix, 1995). Cada una de estas dos formas está compuesta por 55 ítems de formato cerrado con 5 alternativas de respuesta, los cuales están distribuidos en 3 bloques y, a su vez, cada uno de estos bloques está formado por 3 apartados. Esta estructura la podemos ver con mayor detalle en la tabla I.

Como ya comentamos anteriormente, la mayoría de las cuestiones incluidas en Alfa/Cien 1 hacen referencia a lo que Hodson y Reid (1988) llaman *historia y evolución de la ciencia y la tecnología*.

Tabla I
Estructura de las formas Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B.

| BLOQUES | APARTADOS | NÚM. DE ÍTEMS |
|---------------|---|---------------|
| 1. GENERAL | 1.1. Premios Nobel | 5 |
| | 1.2. Pensamiento | 5 |
| | 1.3. Exploraciones y descubrimientos del pasado | 5 |
| 2. TECNOLOGÍA | 2.1. Obras civiles de ingeniería | 5 |
| | 2.2. Locomoción | 5 |
| | 2.3. Tecnología de la vida diaria | 5 |
| 3. CIENCIA | 3.1. Ciencias de la vida | 5 |
| | 3.2. Ciencias de la materia-energía y la matemática | 10 |
| | 3.3. Unidades y escalas de medida científica | 10 |

Propuesta metodológica de clasificación de las cuestiones en función de sus patrones de respuesta

La *propuesta metodológica de clasificación de las cuestiones en función de sus patrones de respuesta* (Sanfélix y Latorre, 1996) ha sido utilizada para analizar las características de las cuestiones que no han sido contestadas o lo han sido de manera incorrecta por un porcentaje elevado de estudiantes. Suscribimos la opinión de Vázquez Alonso (1990), quien considera que las *concepciones alternativas*, que es el término utilizado por este autor, son independientes del método empleado en su detección, y destaca la importancia instrumental y metodológica de las pruebas objetivas de elección múltiple, no sólo en la evaluación de alumnos, sino también en la identificación diagnóstica de concepciones alternativas en grupos de alumnos. Nuestra propuesta metodológica ha sido diseñada para ser aplicada en pruebas de formato cerrado con 5 alternativas de respuesta de las cuales sólo una es correcta, como es el caso de Alfa/Cien 1. La propuesta metodológica distingue cuatro grandes categorías de respuestas: óptimas, errores conceptuales o *misconceptions*, lagunas, y mezclas de errores conceptuales y lagunas. A su vez, estas cuatro categorías se dividen en distintos tipos o patrones de respuesta más concretos. En la tabla II se incluyen los distintos tipos de respuestas y su concepto básico y, a continuación, ofrecemos una breve explicación de las cuatro grandes categorías.

Óptimas

Son cuestiones cuya respuesta más elegida es la alternativa correcta, que es significativamente superior a las demás alternativas. Estas cuestiones no han sido respon-

didadas al azar, lo cual es comprobado a través de la prueba estadística Chi cuadrado que, en este caso, indica que existen diferencias significativas entre las frecuencias observadas de las alternativas de respuesta. Suelen ser pocos los sujetos que dejan en blanco estas cuestiones. Se considera un único tipo de cuestiones «óptimas».

Errores conceptuales o *misconceptions*

Se refiere a cuestiones cuya alternativa más elegida no es la alternativa correcta y, en el caso de serlo, no es significativamente superior a la segunda alternativa y, además, hay pocos sujetos que la hayan dejado en blanco, ya que, al igual que en las óptimas, el porcentaje de «No Sabe / No Contesta (N/C)» es siempre inferior al de la alternativa más elegida. Son cuestiones en las que los sujetos están convencidos de conocer la respuesta correcta pero, en cambio, la respuesta que ellos consideran como correcta no lo es, y esto no suele suceder de forma aislada, sino que hay ciertos errores conceptuales o *misconceptions* muy comunes y generalizados tanto entre los ciudadanos en general como entre los estudiantes. Diferenciamos tres tipos de errores conceptuales o *misconceptions*. Cabe destacar que los dos criterios que Vázquez Alonso (1990) establece para detectar concepciones alternativas mediante el análisis de las respuestas a los distractores de una prueba objetiva se cumplen en nuestra *misconception* tipo I, que precisamente consideramos como la *misconception* más pura.

Lagunas

Son cuestiones en las cuales existe un gran desconocimiento por parte de la mayoría de la población, lo cual

Tabla II
Tipología de las respuestas y su concepto básico.

| TIPOLOGÍA | CONCEPTO BÁSICO |
|------------------------|--|
| ÓPTIMAS | $N/C < 1^{\text{a}}$ alternativa (correcta) superior a 2^{a} alternativa (único tipo) |
| MISCONCEPTIONS | En todas: el No / contesta (N/C) $< 1^{\text{a}}$ alternativa |
| Misconception tipo I | 1^{a} alt. (incorrecta) es superior a 2^{a} alt. (<i>Misconception</i> más pura) |
| Misconception tipo II | 1^{a} alt. (incorrecta) no superior a 2^{a} alt., y 2^{a} alt. superior a 3^{a} alt. |
| Misconception tipo III | 1^{a} alt. (incorrecta) no superior a 2^{a} alt., y 2^{a} alt. superior a 3^{a} alt. |
| LAGUNAS | INDICA UN TOTAL DESCONOCIMIENTO SOBRE LA CUESTIÓN |
| Laguna tipo I | No hay diferencias entre las alternativas (respuesta al azar) |
| Laguna tipo II | $N/C \geq 1^{\text{a}}$ alt. (correcta) no superior ni a 2^{a} ni a 3^{a} alt. |
| Laguna tipo III | $N/C \geq 1^{\text{a}}$ alt. (incorrecta) no superior ni a 2^{a} ni a 3^{a} alt. |
| Laguna tipo IV | $N/C \geq 1^{\text{a}}$ alt. (correcta) superior a 2^{a} alt. |
| Laguna tipo V | $N/C < 1^{\text{a}}$ alt. (correcta) no superior ni a 2^{a} ni a 3^{a} alt. |
| Laguna tipo VI | $N/C < 1^{\text{a}}$ alt. (incorrecta) no superior ni a 2^{a} ni a 3^{a} (respuesta al azar) |
| MEZCLAS | En todas: $N/C \geq 1^{\text{a}}$ alternativa |
| Mezcla tipo I | 1^{a} alt. (correcta) no superior a 2^{a} alt., y 2^{a} alt. superior a 3^{a} alt. |
| Mezcla tipo II | 1^{a} alt. (incorrecta) superior a 2^{a} alt. |
| Mezcla tipo III | 1^{a} alt. (incorrecta) no superior a 2^{a} alt., y 2^{a} alt. superior a 3^{a} alt. |

podemos detectar a través del gran número de sujetos que no responden a estas cuestiones o, en caso de responder, muchos de ellos lo hacen al azar. Especialmente importantes son las lagunas que se tienen sobre conocimientos considerados como básicos y que, en cambio, son desconocidos por una gran parte de la población. Se consideran seis tipos de *lagunas* de las cuales la laguna tipo I y la laguna tipo VI se caracterizan por hacer referencia a cuestiones en las que la mayoría de los sujetos han contestado al azar.

Mezcla de *misconception* y laguna

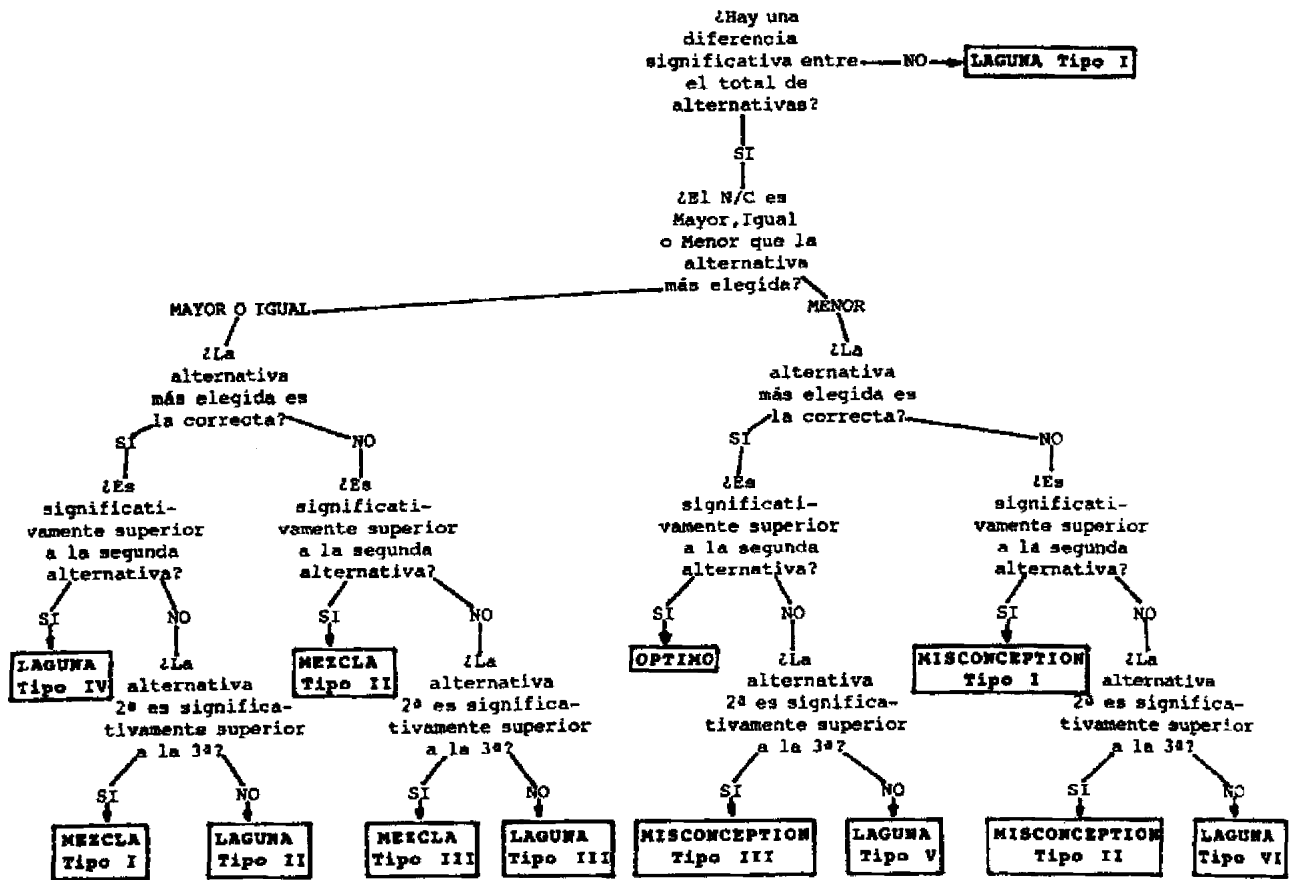
Son cuestiones que tienen a la vez características de los errores conceptuales y de las lagunas. En todas las mezclas consideradas, el porcentaje de «No Sabe / No Contesta (N/C)» es siempre mayor o igual al de la alternativa más elegida. Se considera la existencia de tres tipos de mezclas.

En el gráfico 1 podemos ver un diagrama de flujo que recoge todos estos tipos de respuesta y los criterios de clasificación seguidos en la citada propuesta metodológica.

El procedimiento utilizado para realizar el análisis de las respuestas a los ítems, con el objetivo de poder determinar a qué tipo de patrón de respuesta de la propuesta metodológica pertenece cada una de las cuestiones o ítems, forma parte de la misma propuesta metodológica, y ha sido ya apuntado en lo indicado anteriormente. No obstante, a continuación, pasamos a verlo con mayor detalle. Para realizar este análisis hemos utilizado la prueba de Chi cuadrado y su aplicación para comprobar la hipótesis nula (Garrett, 1968; Ferguson, 1986). La prueba Chi cuadrado puede utilizarse para comparar resultados obtenidos experimentalmente con los resultados que son de esperar teóricamente. En este caso, la hemos utilizado para comprobar, en cada uno de los ítems de Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B, si existía una

Gráfico 1

Diagrama de flujo de los distintos tipos de respuesta según la propuesta metodológica.



diferencia significativa entre las frecuencias observadas en cada una de las cinco alternativas de respuesta. Esto se realiza comparando la divergencia de los resultados observados en cada alternativa con los resultados esperados según la hipótesis de igual probabilidad o hipótesis nula. En todos los casos, hemos tomado como significativo un valor de P igual o menor que 0,05 (5 %).

Características de los sujetos

Las hojas de respuesta de Alfa/Cien 1 incluyen la recogida de datos sobre las siguientes variables de los sujetos: «estudios del padre y de la madre», «centro donde realiza los estudios», «tipo de centro», «ciudad donde realiza los estudios», «sexo», «opción de estudios» y

Tabla III
Número de sujetos y porcentajes de los dos niveles de la variable «curso» en Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B.

| | SECUNDARIA | | UNIVERSIDAD | |
|--------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| | Núm. de sujetos | Porcentaje | Núm. de sujetos | Porcentaje |
| Alfa/Cien 1A | 133 | 43,6 % | 172 | 56,4 % |
| Alfa/Cien 1B | 95 | 45,9 % | 112 | 54,1 % |

«curso». De todas ellas la única en la que ha sido viable realizar un estudio comparativo es en la variable «Curso», ya que en el resto de las variables indicadas se da una o ambas de las dos circunstancias que indicamos a continuación que nos impiden hacer un estudio comparativo adecuado: *a*) el porcentaje de «No Sabe/No Contesta» es muy elevado; *b*) el porcentaje de sujetos por nivel de la variable es muy desproporcionado. En la variable «curso», que hace referencia al nivel educativo cursado por los estudiantes, la primera circunstancia no se da, ya que en Alfa/Cien 1A sólo hay 7 sujetos no clasificados, lo que supone un 2 % del total y en Alfa/Cien 1B no hay ningún sujeto que no esté ubicado en alguno de los niveles de la variable. En cuanto a la segunda circunstancia, el porcentaje de sujetos es bastante proporcional en los

dos niveles de la variable: secundaria y universidad. Esta información la podemos ver con mayor detalle en la tabla III.

Por lo tanto, las características que tienen en común todos los sujetos que han participado en nuestra investigación son: ser estudiantes (de secundaria –3º de BUP o COU– o universitarios) y realizar sus estudios en la Comunidad Valenciana. La forma Alfa/Cien 1A fue cumplimentada por 312 sujetos y la forma Alfa/Cien 1B por 207 sujetos. Hemos de advertir que no son los mismos sujetos, ya que cada sujeto cumplimentó Alfa/Cien 1A o Alfa/Cien 1B, pero en ningún caso ambas. Los análisis estadísticos efectuados han sido realizados a través del sistema BARBRO y del programa StatView 512+.

Tabla IV
Medias y su puntuación equivalente de 0 a 10 obtenidas por los estudiantes de secundaria y universidad en Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B.

| ALFA/CIEN 1A | | | | |
|---|------------|----------------------|-------------|----------------------|
| APARTADOS | SECUNDARIA | | UNIVERSIDAD | |
| | MEDIA | Puntuación 0 a 10 | MEDIA | Puntuación 0 a 10 |
| 1.1. Premios Nobel | 1,83 | 3,66 | 2,27 | 4,54 |
| 1.2. Pensamiento | 2,50 | 5,00 | 2,90 | 5,80 |
| 1.3. Exploraciones y descubrimientos del pasado | 2,21 | 4,42 | 2,74 | 5,48 |
| 2.1. Obras civiles de ingeniería | 2,28 | 4,56 | 3,12 | 6,24 |
| 2.2. Locomoción | 2,26 | 4,52 | 2,94 | 5,88 |
| 2.3. Tecnología de la vida diaria | 2,09 | 4,18 | 2,33 | 4,66 |
| 3.1. Ciencias de la vida | 2,21 | 4,42 | 2,85 | 5,70 |
| 3.2. Ciencias de la materia-energía y la matemática | 4,35 | 4,35 | 5,18 | 5,18 |
| 3.3. Unidades y escalas de medida científica | 7,32 | 7,32 | 8,22 | 8,22 |
| TOTAL ALFA / CIEN 1A | 27,06 | 4,92 | 32,55 | 5,92 |
| ALFA/CIEN 1B | | | | |
| APARTADOS | SECUNDARIA | | UNIVERSIDAD | |
| | MEDIA | Puntuación 0 a 10 | MEDIA | Puntuación 0 a 10 |
| 1.1. Premios Nobel | 2,82 | 5,64 | 3,68 | 7,36 |
| 1.2. Pensamiento | 3,43 | 6,86 | 3,72 | 7,44 |
| 1.3. Exploraciones y descubrimientos del pasado | 1,68 | 3,36 | 1,80 | 3,60 |
| 2.1. Obras civiles de ingeniería | 1,96 | 3,92 | 2,10 | 4,20 |
| 2.2. Locomoción | 2,42 | 4,84 | 3,04 | 6,08 |
| 2.3. Tecnología de la vida diaria | 3,27 | 6,54 | 3,66 | 7,32 |
| 3.1. Ciencias de la vida | 2,29 | 4,58 | 2,09 | 4,18 |
| 3.2. Ciencias de la materia-energía y la matemática | 3,53 | 3,53 | 5,00 | 5,00 |
| 3.3. Unidades y escalas de medida científica | 7,18 | 7,18 | 7,84 | 7,84 |
| TOTAL ALFA / CIEN 1B | 28,59 | 5,20 | 32,94 | 5,99 |

RESULTADOS

Puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1 y comparación de las mismas en estudiantes de secundaria y universidad

A continuación presentamos los resultados referentes a las medias y su puntuación equivalente en una escala de 0 a 10 puntos, obtenidas por los estudiantes de secundaria y universidad en cada una de las dos formas paralelas de la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1 (Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B). Se detallan estas puntuaciones para cada apartado y para el total de cada forma. Esta información se ofrece en la tabla IV.

Como indicamos en la tabla I, cada uno de los apartados está formado por 5 ítems, a excepción de dos apartados, que incluyen 10 ítems. La puntuación ha sido obtenida asignando 1 punto a la respuesta correcta y 0 puntos a los errores y las omisiones, por lo que ni los errores ni las omisiones penalizan. Esto significa que la puntuación máxima en cada apartado y en el total de la prueba coincide con el número de ítems que incluyen. Para facilitar la comparación entre las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de secundaria y universidad en la tabla IV, hemos transformado estas puntuaciones a una escala de 0 a 10 puntos. Los resultados muestran que, tanto en Alfa/Cien 1A como en Alfa/Cien 1B, el apartado en que los estudiantes de secundaria y universidad

Tabla V
Comparación de las medias de los estudiantes de secundaria y universitarios en Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B para saber si son significativamente diferentes.

| ALFA/CIEN 1A | | | |
|--|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| APARTADOS | RC o t | MEDIA MÁS ALTA | NIVEL DE SIGNIFICACIÓN |
| 1.1. Premios Nobel | 4,05 | Universidad | 1 % |
| 1.2. Pensamiento | 2,58 | Universidad | 1 % |
| 1.3. Exploraciones y descubrimientos del pasado | 4,16 | Universidad | 1 % |
| 2.1. Obras civiles de ingeniería | 5,45 | Universidad | 1 % |
| 2.2. Locomoción | 4,35 | Universidad | 1 % |
| 2.3. Tecnología de la vida diaria | 2,16 | Universidad | 5 % |
| 3.1. Ciencias de la vida | 4,80 | Universidad | 1 % |
| 3.2. Ciencias de la materia-energía y matemática | 3,44 | Universidad | 1 % |
| 3.3. Unidades y escalas de medida científica | 3,40 | Universidad | 1 % |
| TOTAL ALFA / CIEN 1A | 5,80 | Universidad | 1 % |
| ALFA/CIEN 1B | | | |
| APARTADOS | RC o t | MEDIA MÁS ALTA | NIVEL DE SIGNIFICACIÓN |
| 1.1. Premios Nobel | 5,27 | Universidad | 1 % |
| 1.2. Pensamiento | 1,65 | Universidad | No significativa |
| 1.3. Exploraciones y descubrimientos del pasado | 0,71 | Universidad | No significativa |
| 2.1. Obras civiles de ingeniería | 1,14 | Universidad | No significativa |
| 2.2. Locomoción | 4,07 | Universidad | 1 % |
| 2.3. Tecnología de la vida diaria | 2,55 | Universidad | 5 % |
| 3.1. Ciencias de la vida | 1,35 | Secundaria | No significativa |
| 3.2. Ciencias de la materia-energía y matemática | 6,50 | Universidad | 1 % |
| 3.3. Unidades y escalas de medida científica | 1,90 | Universidad | No significativa |
| TOTAL ALFA / CIEN 1B | 4,43 | Universidad | 1 % |

han obtenido una mayor puntuación ha sido el «Unidades y escalas de medida científica». Respecto a los apartados con la puntuación más baja, en Alfa/Cien 1A ha sido tanto en secundaria como en universidad «Premios Nobel» y en Alfa/Cien 1B el apartado «Exploraciones y descubrimientos del pasado» es en el que tanto los estudiantes de secundaria como los de universidad han conseguido una menor puntuación. En el total de cada una de las dos formas, la puntuación de 0 a 10 obtenida por los estudiantes de secundaria es aproximadamente de 5 puntos, y la conseguida por los estudiantes universitarios es muy próxima a 6 puntos.

Los análisis estadísticos que presentamos a continuación tienen como objetivo averiguar si la puntuación obtenida por los estudiantes universitarios es significativamente superior a la de los estudiantes de secundaria, para lo cual vamos a hallar lo que Garrett (1968) llama *relación crítica (RC)*, y Ferguson (1986) denomina *razón t o prueba t (t)*. Los niveles de significación que hemos establecido son de 0,05 (5 %) y de 0,01 (1 %), ambos a 2 colas, lo que supone que, para que existan diferencias significativas entre las medias de las puntuaciones, el valor de la *relación crítica (RC o t)*, debe ser igual o mayor que 1,96 para ser significativa al 5 %, e igual o mayor que 2,58 para ser significativa al 1 %. Esta información se presenta en la tabla V.

Los resultados indican que, excepto en el apartado «Ciencias de la vida» de Alfa/Cien 1B, todas las medias de los universitarios son más altas que las de secundaria, tanto para Alfa/Cien 1A como para Alfa/Cien 1B; y, en el caso de aquel apartado, esta diferencia no es significativa, por lo que podemos afirmar que tanto en la forma 1A como en la 1B, en todas las ocasiones en las que la diferencia entre medias es significativa, la media mayor corresponde a los universitarios. En Alfa/Cien 1A las diferencias entre medias en los 9 apartados son significativas (en un caso al 5 % y en el resto al 1 %), y en la totalidad de la forma 1A también es significativa (al 1 %) y, tanto en los 9 apartados como en la totalidad de Alfa/Cien 1A, siempre son superiores las medias de los universitarios. En Alfa/Cien 1B, en 4 de los 9 apartados, las diferencias entre medias son significativas (1 al 5 % y 3 al 1 %), y en estos 4 casos la media de los universitarios es superior a la de secundaria. Considerado Alfa/Cien 1B en su totalidad, la diferencia entre medias es significativa al 1 %, siendo la media más alta la de los universitarios. Por lo tanto, podemos afirmar que los estudiantes universitarios han obtenido una puntuación significativamente superior a la de los estudiantes de secundaria (3º de BUP y COU), tanto en Alfa/Cien 1A como en Alfa/Cien 1B.

Análisis de las cuestiones que un elevado porcentaje de estudiantes no ha contestado o lo ha hecho de forma incorrecta

Este análisis lo hemos realizado a través de la *propuesta metodológica de clasificación de las cuestiones en función de sus patrones de respuesta* comentada anteriormente, y los resultados indican que en Alfa/Cien 1 ha

Tabla VI
Ítems de Alfa/Cien 1A incluidos en las categorías de *misconceptions*, lagunas y mezclas en estudiantes de secundaria, universidad o en ambos.

| ÍTEM Núm. | SECUNDARIA | UNIVERSIDAD |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 3 | Laguna tipo I | Laguna tipo III |
| 4 | Misconception tipo I | Misconception tipo I |
| 5 | Laguna tipo II | Laguna tipo IV |
| 8 | Misconception tipo III | Óptimo |
| 9 | Misconception tipo II | Misconception tipo III |
| 14 | Misconception tipo I | Misconception tipo I |
| 19 | Misconception tipo III | Óptimo |
| 20 | Misconception tipo II | Óptimo |
| 21 | Misconception tipo II | Misconception tipo III |
| 25 | Misconception tipo I | Óptimo |
| 26 | Laguna tipo III | Laguna tipo IV |
| 29 | Laguna tipo II | Laguna tipo II |
| 30 | Laguna tipo VI | Laguna tipo III |
| 33 | Misconception tipo I | Misconception tipo I |
| 39 | Misconception tipo III | Misconception tipo I |
| 41 | Laguna tipo VI | Óptimo |
| 44 | Óptimo | Laguna tipo I |
| TOTAL: 17 ítems (30,9 %) | | |

Tabla VII
Ítems de Alfa/Cien 1B incluidos en las categorías de *misconceptions*, lagunas y mezclas en estudiantes de secundaria, universidad o en ambos.

| ÍTEM Núm. | SECUNDARIA | UNIVERSIDAD |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 5 | Misconception tipo II | Óptimo |
| 11 | Misconception tipo I | Misconception tipo I |
| 12 | Óptimo | Misconception tipo III |
| 14 | Laguna tipo I | Óptimo |
| 15 | Óptimo | Laguna tipo II |
| 16 | Laguna tipo V | Laguna tipo V |
| 17 | Misconception tipo I | Laguna tipo III |
| 19 | Laguna tipo VI | Misconception tipo III |
| 20 | Óptimo | Laguna tipo V |
| 21 | Laguna tipo V | Óptimo |
| 22 | Misconception tipo I | Misconception tipo I |
| 24 | Misconception tipo III | Óptimo |
| 28 | Laguna tipo VI | Laguna tipo II |
| 32 | Laguna tipo VI | Laguna tipo III |
| 35 | Laguna tipo VI | Laguna tipo I |
| 36 | Misconception tipo I | Misconception tipo I |
| 37 | Misconception tipo I | Óptimo |
| 39 | Misconception tipo I | Misconception tipo II |
| 42 | Laguna tipo VI | Laguna tipo III |
| 44 | Laguna tipo VI | Óptimo |
| 45 | Misconception tipo I | Misconception tipo II |
| 55 | Misconception tipo I | Misconception tipo I |
| TOTAL: 22 ítems (40,0 %) | | |

habido 39 cuestiones (35,5 %) en las que un elevado porcentaje de estudiantes de secundaria, o de estudiantes universitarios, o de ambos, no ha contestado o lo ha hecho de forma incorrecta. Diferenciando las dos formas paralelas, estas cuestiones se distribuyen de la manera siguiente: Alfa/Cien 1A incluye 17 cuestiones (30,9 %) y Alfa/Cien 1B comprende 22 cuestiones (40%). Según la citada propuesta metodológica, estas cuestiones pueden pertenecer a tres grandes categorías de respuesta: errores conceptuales o *misconceptions*, lagunas y mezclas. A continuación presentamos los resultados del análisis realizado para averiguar a cuál de las categorías anteriores pertenece cada una de las cuestiones en las que un elevado porcentaje de estudiantes no ha contestado o lo ha hecho de forma errónea.

Las tablas VI y VII nos indican la relación de ítems en los que se ha dado un patrón de respuesta no óptimo,

bien sea sólo en secundaria, sólo en universidad o en ambos casos. Se detalla también el patrón de respuesta en que es incluido cada uno de estos ítems. Para facilitar el análisis e interpretación de los resultados, hemos señalado con negrita los ítems que son óptimos en secundaria y no lo son en universidad o viceversa. La tabla VI nos ofrece esta información para los ítems de Alfa/Cien 1A y la tabla VII lo hace para los ítems de Alfa/Cien 1B.

El recuento de los patrones de respuesta indicados en las tablas VI y VII se presenta en la tabla VIII.

La tabla IX nos indica la frecuencia de ítems y el porcentaje que suponen con respecto al total de ítems de la forma a la que pertenecen. Esta información se detalla para Alfa/Cien 1A, Alfa/Cien 1B, y para las dos formas consideradas conjuntamente.

Tabla VIII

Recuento de los diferentes tipos de *misconceptions*, lagunas y mezclas de los ítems de Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B de los estudiantes de secundaria y universidad.

| PATRÓN DE RESPUESTA | ALFA/CIEN 1A | | ALFA/CIEN 1B | |
|------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | Secundaria | Universidad | Secundaria | Universidad |
| Misconception tipo I | 4 | 4 | 8 | 4 |
| Misconception tipo II | 3 | 0 | 1 | 2 |
| Misconception tipo III | 3 | 2 | 1 | 2 |
| Laguna tipo I | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Laguna tipo II | 2 | 1 | 0 | 2 |
| Laguna tipo III | 1 | 2 | 0 | 3 |
| Laguna tipo IV | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Laguna tipo V | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Laguna tipo VI | 2 | 0 | 7 | 0 |
| Mezcla tipo I | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mezcla tipo II | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mezcla tipo III | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Totales | 16 | 12 | 19 | 16 |

Tabla IX

Frecuencia y porcentaje de ítems no óptimos en secundaria y universidad en el total de Alfa/Cien 1A, total de Alfa/Cien 1B y total de Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B.

| FORMA DE LA PRUEBA | SECUNDARIA | | UNIVERSIDAD | |
|-------------------------|------------|------------|-------------|------------|
| | Frecuencia | Porcentaje | Frecuencia | Porcentaje |
| TOTAL ALFA/CIEN 1A | 16 | 29,1 % | 12 | 21,8 % |
| TOTAL ALFA/CIEN 1B | 19 | 34,6 % | 16 | 29,1 % |
| TOTAL ALFA/CIEN 1A y 1B | 35 | 31,8 % | 28 | 25,5 % |

Tabla X
Frecuencia y porcentaje de ítems no óptimos en secundaria y universidad en cada apartado y bloque de Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B.

| ALFA/CIEN 1A | | ALFA/CIEN 1B | | APARTADOS Y BLOQUES | ALFA/CIEN 1A | | ALFA/CIEN 1B | |
|--------------|------|--------------|------|---------------------------|--------------|------|--------------|------|
| Secundaria | | Universidad | | | Secundaria | | Universidad | |
| Fr. | % | Fr. | % | | Fr. | % | Fr. | % |
| 3 | 60,0 | 3 | 60,0 | Apartado 1.1. | 1 | 20,0 | 0 | 0,0 |
| 2 | 40,0 | 1 | 20,0 | Apartado 1.2. | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| 1 | 20,0 | 1 | 20,0 | Apartado 1.3. | 2 | 40,0 | 3 | 60,0 |
| 6 | 40,0 | 5 | 33,3 | TOTAL BLOQUE 1 | 3 | 20,0 | 3 | 20,0 |
| 2 | 40,0 | 0 | 0,0 | Apartado 2.1. | 3 | 60,0 | 4 | 80,0 |
| 2 | 40,0 | 1 | 20,0 | Apartado 2.2. | 3 | 60,0 | 1 | 20,0 |
| 3 | 60,0 | 3 | 60,0 | Apartado 2.3. | 1 | 20,0 | 1 | 20,0 |
| 7 | 46,7 | 4 | 26,7 | TOTAL BLOQUE 2 | 7 | 46,7 | 6 | 40,0 |
| 1 | 20,0 | 1 | 20,0 | Apartado 3.1. | 2 | 40,0 | 2 | 40,0 |
| 2 | 20,0 | 2 | 20,0 | Apartado 3.2. | 6 | 60,0 | 4 | 40,0 |
| 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | Apartado 3.3. | 1 | 10,0 | 1 | 10,0 |
| 3 | 12,0 | 3 | 12,0 | TOTAL BLOQUE 3 | 9 | 36,0 | 7 | 28,0 |

La tabla X nos permite saber cómo se han distribuido estas cuestiones en cada uno de los apartados y bloques de Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B, detallado para secundaria y universidad.

Estos resultados muestran que, en las dos formas de la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1, los estudiantes de secundaria han contestado más cuestiones de forma no óptima que los estudiantes universitarios. Un comentario más pormenorizado de los resultados obtenidos se incluye en la discusión que ofrecemos seguidamente.

DISCUSIÓN

Respecto a las puntuaciones alcanzadas por los estudiantes en la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1, los resultados indican lo siguiente:

– Tanto en Alfa/Cien 1A como en Alfa/Cien 1B el apartado en que los estudiantes de secundaria y universidad han obtenido una mayor puntuación ha sido «unidades y escalas de medida científica», lo que demuestra la influencia de la educación formal, y más concretamente de la educación formal científica, ya que de todos los apartados que componen Alfa/Cien 1, éste es el que más relacionado está con el currículo que se imparte en especialidades de ciencias en la educación formal de secundaria y universidad. Los apartados con la puntuación más baja han sido, en Alfa/Cien 1A, tanto en secundaria como en universidad, el «Premios Nobel», y en Alfa/Cien 1B el apartado «Exploraciones y descubrimientos del pasado» es en el que los estudiantes de

secundaria y los de universidad han conseguido una menor puntuación. Esto puede ser debido a que algunos conocimientos incluidos en estos dos apartados no suelen estar contemplados en el currículo de la educación formal científica.

– En el total de cada una de las dos formas, en una escala de 0 a 10, la puntuación obtenida es aproximadamente de 5 en los estudiantes de secundaria, y de 6 en los estudiantes universitarios. Consideramos que estas puntuaciones no son muy elevadas, y sobre todo teniendo en cuenta que nuestra muestra está formada por estudiantes de secundaria y universitarios la mayoría de los cuales pertenecen a especialidades de ciencias, y que se supone que deben tener unos conocimientos superiores a la mayoría del resto de ciudadanos. Este hecho debe hacer-nos reflexionar sobre la necesidad de fomentar la adquisición de una alfabetización científico-tecnológica para todos los ciudadanos, ya que se perfila como imprescindible para que puedan desenvolverse adecuadamente y ser miembros activos dentro de la sociedad y la cultura a la que pertenecen.

– Los estudiantes universitarios han obtenido una puntuación significativamente superior a la de los estudiantes de secundaria (3º de BUP y COU), tanto en Alfa/Cien 1A como en Alfa/Cien 1B. Esta diferencia significativa a favor de los universitarios se ha dado tanto en el total de Alfa/Cien 1A como en el total de Alfa/Cien 1B, con un nivel de significación del 1% en ambos casos. Respecto a los apartados que componen la prueba, tanto en Alfa/Cien 1A como en Alfa/Cien 1B, en todas las ocasiones en las que la diferencia entre medias es significativa, la media mayor corresponde a los universitarios, de

manera que, en Alfa/Cien 1A, los estudiantes universitarios han obtenido una puntuación significativamente superior en todos los apartados (en un caso al 5% y en el resto al 1%), y en Alfa/Cien 1B en 4 de los 9 apartados la puntuación de los estudiantes universitarios es significativamente superior (una al 5% y tres al 1%). En los 5 apartados restantes la diferencia entre las medias no es significativa, siendo la media de los universitarios más alta en 4 apartados, y la de los estudiantes de secundaria más elevada en el apartado «Ciencias de la vida», aunque, como hemos indicado, sin llegar a ser significativamente superior a la de los universitarios.

Es lógico que los estudiantes, a medida que cursan con éxito los distintos niveles educativos, vayan adquiriendo un mayor nivel de conocimientos y destrezas. En nuestra investigación, la mayoría de los sujetos, tanto de secundaria como universitarios, son de la opción de estudios de ciencias, por lo que es de esperar que, a lo largo de su escolarización, vayan consiguiendo un mayor nivel de alfabetización científico-tecnológica. Los resultados obtenidos confirman esta idea y apuntan al efecto resultante de su progresiva especialización científica.

En el análisis de las cuestiones que un elevado porcentaje de estudiantes no ha contestado o lo ha hecho de forma incorrecta, los resultados apuntan, en las dos formas paralelas de la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1 (Alfa/Cien 1A y Alfa/Cien 1B), lo siguiente:

– Han sido detectados errores conceptuales (*misconceptions*) y lagunas en los estudiantes en aproximadamente un tercio de las cuestiones o ítems: en Alfa/Cien 1A, 17 ítems (30,9%); en Alfa/Cien 1B, 22 ítems (40,0%). Y considerando las dos formas conjuntamente: 39 ítems (35,5%).

– Estos errores conceptuales y lagunas han sido detectados de forma diferencial en estudiantes de secundaria y en estudiantes universitarios, lo que prueba que la metodología empleada es sensible a estas diferencias, las cuales indican que los estudiantes de secundaria han respondido más ítems de forma no óptima que los estudiantes universitarios: en Alfa/Cien 1A de secundaria, 16 ítems, y universitarios, 12 ítems; y en Alfa/Cien 1B, secundaria, 19 ítems, y universitarios, 16 ítems).

– No se ha encontrado ninguna mezcla; sin embargo, hemos de indicar que es un posible patrón de respuesta que, aun no siendo muy corriente, en otro estudio (Latorre y Sanfélix, 1996) apareció alguna. El tipo de respuesta no óptima más abundante es la *misconception* tipo I, que es el que denominamos como *misconception* más pura.

– La laguna tipo VI es un patrón de respuesta que ha resultado exclusivo de los estudiantes de secundaria. Este patrón de respuesta indica que los sujetos, ante una cuestión o ítem de reconocimiento con múltiples alternativas de respuesta, pese a desconocer la respuesta correcta, se aventuran a responder al azar. El hecho de que se dé sólo en los estudiantes de secundaria indica que éstos son más dados a «arriesgarse», es decir, a contestar

al azar, que los estudiantes universitarios. Una de las causas de estos distintos patrones de respuesta consideramos que está en el hecho de que, en los estudios universitarios, el porcentaje de exámenes de este tipo es mucho mayor que en secundaria y, como en estos exámenes se tiene en cuenta la corrección del azar, los errores descuentan nota. Los estudiantes de secundaria son más dados a contestar aunque ignoren totalmente la respuesta correcta porque no han tenido ninguna o casi ninguna experiencia en la que los errores les penalizaran y, por lo tanto, no son tan conscientes de este posible riesgo. Además, esta distinta experiencia con este tipo de exámenes hace que los estudiantes universitarios hayan desarrollado una mayor habilidad para cumplimentarlos y sepan «afinar» más a la hora de escoger la respuesta correcta. Un dato que confirma lo anteriormente indicando es que son muy pocos los ítems en los que los estudiantes de secundaria muestran un porcentaje de «No Sabe / No Contesta» mayor o igual a la alternativa más elegida, aunque ésta sea incorrecta.

– Todos estos resultados confirman la conveniencia de tener en cuenta, no sólo los errores conceptuales de los estudiantes, sino también sus lagunas, sobre todo en cuestiones consideradas fundamentales o básicas.

– Las tablas VI y VII nos permiten saber cuáles son los ítems en que los estudiantes de universidad han obtenido un patrón de respuesta óptimo y los estudiantes de Secundaria han respondido de forma no óptima, y viceversa. El primer caso se da en 11 ocasiones (5 en Alfa/Cien 1A y 6 en Alfa/Cien 1B) y el segundo caso en 4 (1 en Alfa/Cien 1A y 3 en Alfa/Cien 1B), lo que indica, como veíamos también en las tablas VIII y IX, que los estudiantes de secundaria han contestado más ítems de forma no óptima que los universitarios. Analizando a qué apartados pertenecen, vemos que los ítems en los que los estudiantes universitarios han obtenido un patrón de respuesta óptimo y los estudiantes de secundaria han respondido de forma no óptima pertenecen principalmente a los apartados siguientes: «Obras civiles de ingeniería» (2 ítems en Alfa/Cien 1A); «Locomoción» (1 ítem en Alfa/Cien 1A y 2 ítems en Alfa/Cien 1B; y «Ciencias de la materia-energía y la matemática» (1 ítem en Alfa/Cien 1A y 2 ítems en Alfa/Cien 1B). El único apartado a destacar en el que los estudiantes de secundaria han conseguido un patrón de respuesta óptimo y los estudiantes de universidad han respondido de forma no óptima es «Exploraciones y descubrimientos del pasado» (2 ítems en Alfa/Cien 1B). En el anexo se ofrece un extracto de las dos formas paralelas de la prueba Alfa/Cien 1 en el que se incluye, entre otras, las cuestiones en las que se ha encontrado diferencias entre estudiantes de secundaria y universitarios, y que se indican en las tablas VI y VII con letra negrita.

– Si consultamos la tabla X, podemos comprobar que el bloque 2 que hace referencia a cuestiones de tecnología es en el que los estudiantes, tanto de secundaria como de universidad, tienen un mayor número de errores conceptuales y lagunas. Pero también se da la circunstancia de que es en este mismo bloque de tecnología en el que

existe una mayor diferencia entre el número de errores conceptuales y lagunas detectados en los estudiantes de secundaria y los estudiantes de universidad, siendo los estudiantes de secundaria los que han contestado un mayor número de cuestiones de forma inadecuada. Este resultado también coincide con lo comentado de las tablas VI y VII, en las que dos de los apartados en los que los estudiantes universitarios mostraban un patrón de respuestas óptimo y los estudiantes de secundaria manifestaban un patrón de respuestas no óptimo pertenecen al bloque 2 de tecnología. Consideramos que esto es debido, en gran parte, a que los estudiantes no tienen un buen conocimiento de aspectos prácticos y aplicados, ya que el currículo que se imparte o, por lo menos, que se ha impartido hasta ahora en las instituciones educativas formales se basa más en un conocimiento teórico que en un conocimiento práctico y aplicado. Los resultados indican que, aun no siendo suficiente, el conocimiento tecnológico tiene una mayor representación en el currículo referido a opciones de ciencias de los estudios universitarios que en el currículo de opciones de ciencias de secundaria. Una tendencia similar muestra la investigación de Sanfélix y Rivas (1997), en la que, al comparar las puntuaciones obtenidas sobre alfabetización científico-tecnológica por profesionales de la ciencia y la tecnología con las de estudiantes de secundaria y universidad pertenecientes la gran mayoría a opciones de ciencias y tecnología, los resultados indicaron que los profesionales obtuvieron una mejor puntuación en cuestiones relacionadas con la tecnología que los estudiantes. En esta investigación se llegó a la conclusión de que este mayor conocimiento que los profesionales tienen sobre aspectos relacionados con la tecnología es fruto del ejercicio de su profesión. Lo indicado sugiere que esa superioridad en conocimientos tecnológicos de los profesionales con respecto a los estudiantes se va produciendo de forma progresiva, ya que es menor en el nivel de secundaria, aumenta progresivamente en la universidad y alcanza su máxima expresión en el desempeño profesional.

Los resultados y conclusiones extraídos de los mismos indican que el objetivo de la presente investigación ha sido cumplido, ya que hemos realizado un análisis de la educación científico-tecnológica en estudiantes de secundaria y de universidad referida a aspectos de conocimientos declarativos a través de la medición del conocimiento científico-tecnológico mostrado por los estudiantes y también del estudio de las cuestiones en las que un porcentaje elevado de estudiantes ha mostrado un patrón de respuesta no óptimo. Este análisis ha sido realizado de manera diferencial entre los estudiantes de secundaria y universidad, lo que ha hecho posible establecer comparaciones entre ambos. El conjunto de resultados obtenidos nos advierte que el nivel de alfabetización científico-tecnológica mostrado por los estudiantes está por debajo del que cabría esperar y desear, lo que señala la conveniencia de diseñar programas de alfabetización científico-tecnológica destinados tanto a estudiantes como a ciudadanos en general que incluyan conocimientos básicos de los tres grandes tipos (declarativos, procedimentales y actitudinales) que tengan en cuenta los intereses de los aprendices, y en los que, como indican Gómez, Latorre y Sanjosé (1993), el orden de presentación de los contenidos sea compatible con los procesos psicológicos del aprendizaje, lo cual debe producir un aumento en la motivación de los aprendices. Estos programas deben contemplar no sólo la educación formal sino también la educación no formal y la educación informal y, en el caso de que se realicen desde el sistema educativo formal, deben complementarse con los otros dos tipos de situaciones educativas, ya que, como ha quedado demostrado, los conocimientos que se adquieren a través del currículo de la educación formal se manifiestan como insuficientes para que los estudiantes en particular, y los ciudadanos, en general, puedan desenvolverse de forma efectiva y activa en la sociedad a la que pertenecen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRASCOSA, J. (1983). Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: selección bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), pp. 63-65.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1985). La metodología de la superficialitat i l'aprenentatge de les ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), pp. 113-120.
- CHAMPAGNE, A.B. y KLOPFER, L.E. (1982). Actions in a time of crisis. *Science Education*, 66(4), pp. 503-514.
- COLOMBO DE CUDMANI, L. y CUDMANI, C. (1988). Física básica: incidencia de la instrucción sobre los errores conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 156-160.
- COOK-GUMPERZ, J. (1988). *La construcción social de la alfabetización*. Barcelona: Paidós-MEC.
- FERGUSON, G.A. (1986). *Análisis estadístico en educación y psicología*. Madrid: Anaya.

- FLEMING, R. (1989). Literacy for a Technological Age. *Science Education*, 73(4), pp. 391-404.
- GARRETT, H.E. (1968). *Estadística en psicología y educación*. Buenos Aires: Paidós.
- GÓMEZ, S., LATORRE, A. y SANJOSÉ, V. (1993). El modelo de Ausubel en la didáctica de la física: una aproximación experimental al proceso de E/A de contenidos que presentan constructos poco elaborados por los aprendices. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), pp. 235-246.
- HODSON, D. y REID, D.J. (1988). Science for all. Motives, meanings and implications. *The School Science Review*, 69(249), pp. 653-661.
- LATORRE, A. y SANFÉLIX, F. (1996). Propuesta para conseguir un beneficio recíproco entre el estudio de los errores conceptuales y la historia de la ciencia y la tecnología. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 10, pp. 75-92
- OLORUNDARE, S.A. (1988). Scientific Literacy in Nigeria: The role of Science Educations Programmes. *International Journal of Science Education*, 10(2), pp. 151-158.
- RIVAS, F. (1995). Elementos de psicología de la instrucción para la educación científica no formal: los centros de la ciencia y la tecnología, en Genovard, C., Beltrán, J. y Rivas, F. (eds.). *Psicología de la Instrucción III. Nuevas perspectivas*. Madrid: Síntesis.
- SANFÉLIX, F. (1995). *Alfabetización científico-tecnológica: Una aproximación a partir de conocimientos declarativos*. Tesis de licenciatura. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Universitat de València.
- SANFÉLIX, F. y LATORRE, A. (1996). Propuesta metodológica para la detección y clasificación de los errores conceptuales en función de las respuestas obtenidas en una prueba de conocimientos objetiva. *Revista de Psicología de la Educación*, 19, pp. 85-101.
- SANFÉLIX, F. y RIVAS, F. (1997). Alfabetización científico-tecnológica: indicadores de conocimientos declarativos, en Beltrán, J.A., Domínguez, P., González, E., Bueno, J.A. y Sánchez, A. *Nuevas perspectivas en la intervención psicopedagógica I. Aspectos cognitivos, motivacionales y contextuales*. Servicio de publicaciones. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación.
- SHAHN, E. (1988). On Science Literacy. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), pp. 42-51.
- SOLBES, J., CALATAYUD, M., CLIMENT, J. y NAVARRO, J. (1987). Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), pp. 189-195.
- THOMAS, G. y DURANT, J. (1987). Why should we promote the public understanding of Science?, en Shortland, M. (ed.). *Scientific Literacy Papers*. Oxford: Department for External Studies.
- VÁZQUEZ ALONSO, A. (1990). Concepciones alternativas en física y química de bachillerato: una metodología diagnóstica. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 251-258.
- VÁZQUEZ ALONSO, A. (1994). El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), pp. 3-14.
- YELA, M. (1984). *Introducción a la teoría de los tests*. Facultad de Psicología. Universidad Complutense de Madrid.

[Artículo recibido en noviembre de 1997 y aceptado en marzo de 1998.]

ANEXO

Extracto de la prueba de conocimientos Alfa/Cien 1

Nota : En cada ítem la alternativa de respuesta correcta aparece subrayada.

Bloque 1. GENERAL

Apartado 1.1. Premios Nobel

De las áreas de física, medicina y química hemos seleccionado las aportaciones específicas o generales por las que recibieron determinados autores el Premio Nobel. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al autor elegido.

ALFA/CIEN 1B

5) Química: «Estructura molecular del ADN».

- a) Hevesy b) Bergius c) Mendel d) Darwin e) Watson

Apartado 1.2. Pensamiento

Cada enunciado presenta entrecomillada la aportación o síntesis de pensamiento que ha influido poderosamente en distintos ámbitos de la civilización actual. Se plantean cinco nombres como primeros posibles autores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

8) «La dialéctica como método de conocimiento de la realidad compleja».

- a) Peirce b) Hegel c) Aristóteles d) Husserl e) A. Smith

Apartado 1.3. Exploraciones y descubrimientos del pasado

Cada cuestión presenta un tipo de descubrimiento o exploración realizada por alguno de los personajes o nombres que se presentan. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al personaje.

ALFA/CIEN 1B

12) «La primera vuelta al mundo en barco».

- a) Colón b) Elcano c) Magallanes d) M. Polo e) V. de Gama

14) «La cueva y pinturas de Altamira».

- a) Sautuola b) B. Díaz c) J. de la Cosa d) N. Balboa e) M. Pidal

15) «Restos arqueológicos de la antigua ciudad de Troya».

- a) Lartet b) Fontana c) Schliemann d) Homero e) Micéridos

Bloque 2. TECNOLOGÍA

Apartado 2.1. Obras civiles de ingeniería

Se presenta como cuestión una obra de ingeniería civil (presas, puentes, etc.) y se plantean cinco posibles soluciones. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

19) «1987: El detector/accelerador de partículas europeo se conoce como:».

- a) Cern b) Soyuzt c) Columbus d) Concorde e) Skylab

20) «El canal de Suez fue construido por el ingeniero:».

- a) Eiffel b) Le Corbusier c) Lesseps d) Gaudí e) T. Quevedo

ALFA/CIEN 1B

20) «El faro más antiguo del mundo, construido por los romanos, que funciona en la actualidad conocido como «La Torre de Hércules», está en la ciudad de:».

- a) Cádiz b) La Coruña c) Roma d) Alejandría e) Sta. Cruz Tenerife

Apartado 2.2. Locomoción

Cada enunciado presenta la primera aportación novedosa o invento del mundo de los medios de desplazamientos aéreos, espaciales, terrestres o marítimos. Se relacionan cinco posibles inventores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

25) «El primer humano que orbitó la Tierra».

- a) Gagarin b) Armstrong c) Leonov d) Aldrin e) E. Ford

ALFA/CIEN 1B

21) «El tren articulado de gran velocidad (Talgo)».

- a) La Cierva b) Peral c) Goicoechea d) Stephenson e) Elwood

24) «El primer satélite artificial “tripulado” por la perrita Laika».

- a) Apolo I b) Sputnik II c) Soyutz d) Skylab e) Columbia

Apartado 2.3. Tecnología de la vida diaria

Una serie de inventos que pasan a formar parte de la vida diaria se presentan como cuestión y sus posibles autores o descubridores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

27) «La bombilla eléctrica».

- a) Phillips b) Edison c) Volta d) Daguerre e) Marconi

Bloque 3. CIENCIAS

Apartado 3.1. Ciencias de la vida

Este apartado se refiere a cuestiones de biología y medicina. Se presentan determinadas aportaciones y sus posibles autores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

31) «Las leyes de la genética».

- a) D. Vries b) Linneo c) Pelletier d) Funk e) Mendel

Apartado 3.2. Ciencias de la materia-energía y la matemática

Cada pregunta plantea aportaciones científicas en las áreas de física, geología, química, matemáticas, y sus correspondientes posibles autores. Da tu respuesta redondeando la letra que representa al autor elegido.

ALFA/CIEN 1A

41) «Rayos X».

- a) Xeros b) Hertz c) Roentgen d) Schonbein e) Franklin

44) «Geometría analítica».

- a) Boole b) Reimann c) Descartes d) Tartaglia e) Leibniz

ALFA/CIEN 1B

37) «Demostración empírico-experimental de la rotación de la Tierra».

- a) Foucault b) Galileo c) Laplace d) Torricelli e) Newton

44) «Cálculo infinitesimal».

- a) Boole b) Pitágoras c) Neper d) Leibniz e) Pascal

Apartado 3.3. Unidades y escalas de medida científica

Presentando el nombre de una unidad o escala científica y cinco posibles áreas de utilización o definición conceptual propia, se trata de identificar la opción de respuesta adecuada. Da tu respuesta redondeando la letra que representa la categoría conceptual adecuada.

Nota aclaratoria de las categorías: a) calor, calorimetría: calor y temperatura; b) dinámica: fuerza, trabajo, velocidad y presión; c) electricidad: electricidad y electromagnetismo; d) geología: minerales y efectos terrestres; e) química: reacciones.

ALFA/CIEN 1B

48) «Escala de medida: Reaumur, Fahrenheit, Celsius».

- a) Calor b) Dinámica c) Electricidad d) Geología e) Química