

CUESTIONANDO EL PENSAMIENTO DOCENTE ESPONTANEO DEL PROFESORADO UNIVERSITARIO: ¿LAS DEFICIENCIAS DE LA ENSEÑANZA COMO ORIGEN DE LAS DIFICULTADES DE LOS ESTUDIANTES?*

M^ª LUISA CALATAYUD ALEIXANDRE
DANIEL GIL PEREZ
JOSE VICENTE GIMENO ADELANTADO

RESUMEN

La "falta de base" constituye, en opinión del profesorado universitario, uno de los factores más mencionados al intentar explicar las dificultades de aprendizaje de los estudiantes.

Este intento de atribuir la responsabilidad de los resultados negativos a la enseñanza precedente (o de otras materias), es un ejemplo característico del pensamiento docente "de sentido común" del profesorado de ciencias, cuyo estudio y cuestionamiento está convirtiéndose en una línea prioritaria de investigación.

En esta perspectiva presentamos aquí los resultados de una experiencia concebida para cuestionar las interpretaciones simplistas sobre las dificultades de aprendizaje de los alumnos.

ABSTRACT

The "lack of basis knowledge", according to university teachers, is one of the most mentioned items when trying to explain the students' apprenticeship difficulties.

The fact of giving the responsibility of negative results to the "preceding teaching" (or other subjects teaching), is a characteristic example of science teachers spontaneous thinking, which study and questionability is becoming an important line of research.

We develop the results from an experience created to question the simple interpretations on the pupils' apprenticeship difficulties.

PALABRAS CLAVE

Pensamiento docente de sentido común, Falta de base.

KEYWORDS

University teachers spontaneous thinking, Students' failure explanation.

1. ¿POR QUE TANTOS ESTUDIANTES DE FACULTADES DE CIENCIAS TIENEN SERIAS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE?

La detección de serias dificultades en el aprendizaje de las ciencias y los intentos de renovación de su enseñanza cuentan ya con una larga tradición que se ha traducido en la constitución de un campo específico de investigación y en la consiguiente producción de

* Una primera versión de este trabajo fue presentada en el *13º Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Química* (Lisboa, 29 enero -1 febrero de 1992).

cuerpos teóricos de conocimientos y de propuestas de innovación para el trabajo en el aula (Moreira y Novak, 1988). Puede decirse así que la Didáctica de las Ciencias ha pasado a constituir un nuevo dominio científico que cuenta ya con equipos estables, numerosas revistas especializadas (algunas tan antiguas como el *Science Education*, aparecida en 1917), celebración de congresos internacionales, etc.

Cabe señalar, sin embargo, que este proceso no ha afectado prácticamente a la enseñanza universitaria, cuyo profesorado centra mayoritariamente la atención en su labor investigadora, considerando la docencia, a menudo, como un "mal necesario" que desgraciadamente interfiere con sus tareas investigadoras (Gil et al, 1991). Se puede, pues, suponer que el profesorado universitario, pese a su mayor cualificación científica, mantenga concepciones y comportamientos docentes "de sentido común", tan simplistas o más que los detectados en los otros niveles de enseñanza (Shuell, 1987; Hewson y Hewson, 1988; Gil et al, 1991...). Dichas concepciones docentes pueden sintetizarse, básicamente, en las siguientes tesis:

- La suposición de que enseñar es fácil y no exige una especial preparación (bastando el conocimiento de la materia, sentido común y algo de experiencia).
- La reducción del proceso de enseñanza/aprendizaje a la simple transmisión/recepción de conocimientos.
- La imputación del fracaso de muchos alumnos a deficiencias de los mismos: estudio insuficiente, bajo nivel, falta de capacidad...("Al fin y al cabo -se afirma- otros alumnos, con la misma enseñanza, adquieren una sólida formación").

Cualquier intento de mejora de la enseñanza universitaria, cuya necesidad ha comenzado a plantearse a lo largo de esta última década (Dalceggio, 1986; Legrand, 1988), exige el cuestionamiento de tales concepciones (y de los comportamientos y actitudes asociados) que actúan como auténticos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1938). Dicho de otro modo: sólo si el profesorado universitario constata la insuficiencia de sus explicaciones "de sentido común" a los problemas de enseñanza, comprenderá la necesidad de planteamientos más rigurosos y podrá implicarse en un trabajo de renovación.

El presente trabajo intenta contribuir a este necesario cuestionamiento del pensamiento docente espontáneo de los profesores y profesoras de facultades de ciencias, mostrando las insuficiencias de una de las tesis de sentido común más firmemente sostenidas por el profesorado: la de que el fracaso de muchos alumnos se explica, en gran parte, por la deficiente preparación que recibieron en los niveles anteriores.

2. ¿LLEGAN REALMENTE LOS ALUMNOS CON UNA MALA BASE?

En una encuesta realizada a profesores de facultades de ciencias (Calatayud y Gil, 1992), la "falta de base", la "preparación deficiente recibida en la educación secundaria", etc, eran señaladas como uno de los problemas más graves para un correcto aprendizaje de los alumnos. Esta tendencia a atribuir la responsabilidad de los fracasos a las deficiencias de la formación precedente (en la propia o en otras materias) no es exclusiva, por supuesto, del profesorado universitario, aunque es, quizás, en la Universidad, donde dicha tesis cobra más fuerza. Como apoyo a la misma se suelen aducir innumerables ejemplos de preguntas "de

diagnóstico", realizadas los primeros días de clase en torno a conocimientos fundamentales que los estudiantes deberían conocer.. y los decepcionantes resultados obtenidos. Ello supone admitir que unos conocimientos bien aprendidos podrán ser utilizados varios meses después de forma inmediata, sin necesidad de revisión alguna. Este tipo de preguntas iniciales se plantean con frecuencia a los alumnos de primer curso de facultad, *pero no* a los de cursos superiores.

Nuestra hipótesis, es que las mismas cuestiones presentadas a los alumnos de cursos superiores se traducirían en resultados similares, debido tanto a lo que podríamos denominar "leyes del olvido" - desde una perspectiva de procesamiento de la información (Miller, 1956; Kempa, 1991)- cuanto, sobre todo, a que las estrategias de enseñanza en la Universidad no son diferentes a las del nivel Secundario y se han de traducir, por tanto, en un mismo predominio del aprendizaje memorístico sobre el significativo (Ausubel, 1978).

Para cuestionar, pues, las explicaciones usuales en torno a la "falta de base" y mostrar así, a través de un ejemplo paradigmático como éste, la necesidad de cuestionar el pensamiento docente de sentido común, hemos recurrido al siguiente diseño:

1) Se ha elaborado un cuestionario con 20 preguntas de elección múltiple, que sintetiza los conocimientos de Química considerados habitualmente como necesarios para ingresar en la Universidad. Dicho cuestionario fue revisado por profesores encargados de la docencia de Química General. (Ver en anexo el cuestionario elaborado).

2) Se ha pasado este cuestionario a alumnos de Química General (primer curso) (144) y alumnos de segundo curso (103), en los primeros días de clase.

De acuerdo con las concepciones docentes espontáneas cabía esperar resultados negativos en los alumnos de primero, recién ingresados en la Universidad, y mucho mejores en los alumnos de 2º que habían pasado con éxito un año de enseñanza universitaria. Nuestra hipótesis, por lo contrario, era que los resultados obtenidos en ambos casos deberían ser muy similares, con escasas diferencias realmente significativas, lo que podría contribuir a cuestionar una de las tesis clave del pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario de facultades de ciencias.

3. PRESENTACION DE RESULTADOS Y SU INTERPRETACION

La Tabla I muestra los resultados obtenidos por alumnos de 1º curso de facultades de ciencias, calificando la respuesta correcta como 1 y la incorrecta o en blanco como 0. Haciendo la corrección de la nota para tener en cuenta la influencia de las preguntas que puedan ser contestadas correctamente al azar, los resultados indican que el número de "aprobados" en primer curso se situaría en un 63,2 %.

Los resultados obtenidos por los alumnos de segundo curso se muestran en la tabla II. En este caso el número de "aprobados" estaría en un 71,8 %.

TABLA I: Resultados de los alumnos de primer curso de facultades de ciencias

<i>nota obtenida</i>	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	7	6	5
<i>nota (P.D.)</i>	18,6	17,3	16	14,6	13,3	12	11,3	9,3	8	6,7	5,3	2,7	1,3	0
<i>nº de alumnos</i>	5	5	6	12	9	20	34	17	12	13	7	1	1	2

Nota (P.D.) Puntuación directa: nota corregida para eliminar la influencia de las preguntas que puedan ser contestadas correctamente al azar. $P.D. = A - B/n-1$; A = nº de aciertos y B = nº de fallos.

TABLA II: Resultados de los alumnos de segundo curso de facultades de ciencias

<i>nota obtenida</i>	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	5
<i>nota (P.D.)</i>	18,6	17,3	16	14,6	13,3	12	11,3	9,3	8	6,7	5,3	4	0
<i>nº de alumnos</i>	1	13	11	20	15	6	8	11	2	2	7	4	3

Nota (P.D.) Puntuación directa: nota corregida para eliminar la influencia de las preguntas que puedan ser contestadas correctamente al azar. $P.D. = A - B/n-1$; A = nº de aciertos y B = nº de fallos.

A título de ejemplo, es interesante señalar que el Item 15, que hace referencia al significado de la constante de equilibrio, es contestado correctamente por los alumnos de primero sólo en un 48,6 %, sin embargo estos mismos alumnos resuelven correctamente el problema de equilibrio propuesto en el Item 14 en un 72,9 % (existe, pues, una desconexión entre la comprensión del concepto y su aplicación). En segundo curso el resultado es similar con un porcentaje de 77,6 % para el Item 15 y un 63 % para el Item 14. Puede destacarse también que los conceptos de oxidante y reductor (Item 17) presentan una dificultad similar en ambos cursos, pues los resultados correctos no alcanzan el 50 %. Señalemos, por último, que el reconocimiento de la función ester (item 19), junto con la identificación de un jabon (item 20) son las cuestiones peor contestadas en ambos cursos.

Para ver si la diferencia de % de respuestas correctas obtenidas en ambos cursos es significativa realizaremos un estudio con valores cualitativos. Para ello en primer lugar calcularemos el % de respuestas correctas para cada item en cada uno de los cursos, con su desviación estandar (sd). Por último calcularemos la desviación de la diferencia entre ambos cursos (z_d =valor normalizado de una diferencia), para ver si es significativa. En la Tabla III se muestran los valores obtenidos.

Los grados de libertad de que disponemos en la muestra elegida corresponden $(144-1) + (103-1) = 245$. Utilizando una tabla de t, para determinar la significación de los estadísticos, hemos encontrado que estas diferencias (z_d) son significativas sólo en 6 casos de los 20 propuestos. Así la probabilidad de que los errores se deban al azar es menor del 1 % tan sólo en el item 8, menor que el 2 % en los items 1,10 y 15 y menor del 5 % en los

items 6 y 19. En resumen, dado que en un 70 % no se presentan diferencias significativas, podemos concluir que los resultados en ambos casos son similares.

TABLA III: Comparación de los resultados obtenidos en 1^{er} curso y 2^o curso

	<i>% respuestas correctas 1^o curso</i>	<i>sd</i>	<i>% respuestas correctas 2^o curso</i>	<i>sd</i>	<i>diferencia zd</i>
<i>Item 1</i>	78,50	3,42	89,3	2,60	2,50
<i>Item 2</i>	81,25	3,25	86,4	2,80	1,20
<i>Item 3</i>	57,60	4,10	65,0	3,97	1,30
<i>Item 4</i>	59,70	4,08	63,0	4,00	0,57
<i>Item 5</i>	90,30	2,46	85,4	2,94	1,30
<i>Item 6</i>	77,70	3,47	87,4	2,76	2,19
<i>Item 7</i>	58,30	4,10	68,0	3,88	1,70
<i>Item 8</i>	58,30	4,10	74,7	3,62	3,04
<i>Item 9</i>	47,20	4,20	56,3	4,10	1,50
<i>Item 10</i>	72,90	3,70	84,5	3,01	2,43
<i>Item 11</i>	70,80	3,78	69,9	3,80	0,16
<i>Item 12</i>	93,75	2,01	93,2	2,09	0,18
<i>Item 13</i>	78,96	3,30	78,6	2,50	0,30
<i>Item 14</i>	72,9	3,70	77,6	3,47	0,94
<i>Item 15</i>	48,6	4,16	63,0	4,00	2,49
<i>Item 16</i>	73,0	3,70	72,0	3,70	0,19
<i>Item 17</i>	44,4	4,10	48,5	4,16	0,70
<i>Item 18</i>	74,3	3,60	72,8	3,70	0,29
<i>Item 19</i>	50,6	4,10	38,8	4,06	2,00
<i>Item 20</i>	28,4	3,70	38,8	4,06	1,89

Podemos completar la interpretación de estos resultados recurriendo a representaciones gráficas. Así en la Figura 1 se representa el % de respuestas correctas por ítem para cada curso (tabla III). En general, como puede constatarse, las representaciones de ambos cursos se aproximan bastante. Analizando la gráfica de 2º curso vemos que los máximos corresponden a los ítems 1, 2, 5, 10 y 12. La representación gráfica correspondiente a 2º curso transcurre ligeramente por encima de la de 1º, desde el ítem 1 hasta el 4. En el ítem 5 está por debajo. En el 12 y 13 vuelve a estar por encima, en el 14 y 15 por debajo. En el resto de ítems se produce una distribución alternada. Ambas representaciones coinciden en los ítems 11,12,13,16 y 18. En cualquier caso el dato esencial es, sin duda, la "sorprendente" similitud de ambas gráficas.

En la Figura 2 se representa el % de alumnos que han contestado correctamente un número determinado de ítems, para cada uno de los grupos en estudio (tabla IV). Observamos que hasta un 60 % de alumnos contestan correctamente 13 ítems (que es la media, teniendo en cuenta la corrección que se ha indicado antes en lo que se entiende por puntuación directa). En este tramo no hay apenas diferencias, ambas representaciones se superponen. A partir de 13 ítems hay mayor número de alumnos en 2º curso que contestan a un mayor número de preguntas, pero de nuevo lo esencial es la escasa diferencia que aparece entre ambas curvas.

TABLA IV: Porcentaje de alumnos que responde correctamente a un número determinado de ítems

Primer curso

<i>nº alumnos</i>	5	10	16	28	37	57	91	108	120	133	140	141	141	142	147
<i>% alumnos</i>	3,4	6,8	10,8	19	25	38,7	61,9	73,5	81,6	90,4	95,2	95,2	95,9	96,6	100
<i>nº ítem correcto</i>	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5

Segundo curso

<i>nº alumnos</i>		1	14	25	45	60	66	74	85	87	89	96	100	103
<i>% alumnos</i>		0,9	13,6	24,3	43,7	58,2	64	71,8	82,5	84,4	86,4	93,2	97	100
<i>nº ítem correcto</i>	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	5	

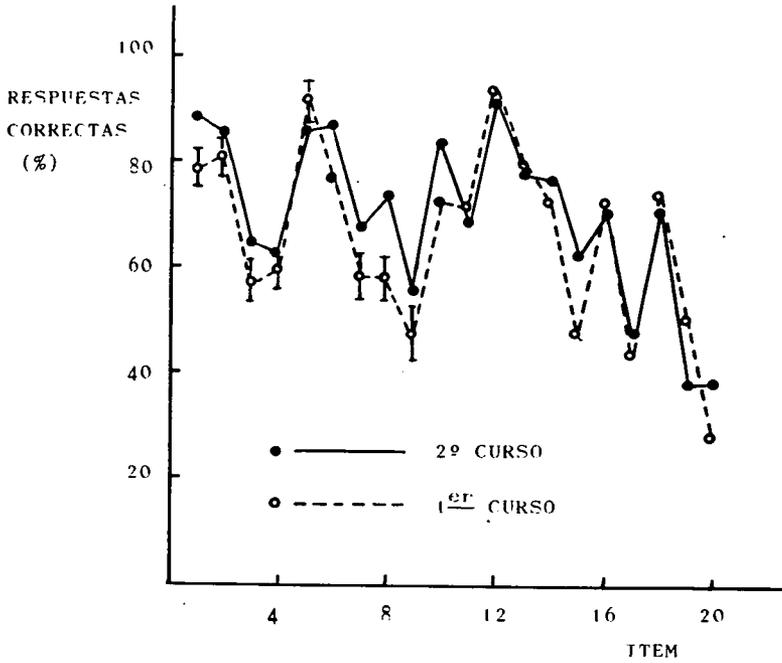


FIGURA 1: Comparación de los porcentajes de respuestas correctas en cada uno de los ítems

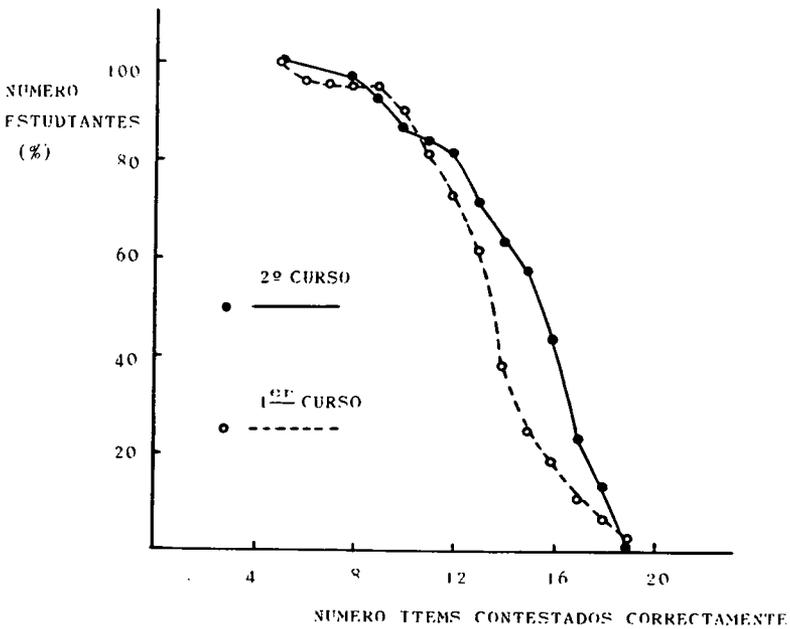


FIGURA 2: Porcentaje de alumnos que responde correctamente un número determinado de ítems

Aunque no podemos entrar aquí en el análisis de las respuestas erróneas, si queremos señalar que éstas no se distribuyen al azar sino que evidencian el peso de ciertas preconcepciones que ni la Enseñanza Secundaria ni la Universitaria han logrado desplazar. Esto puede ser una información mucho más reveladora sobre las dificultades de aprendizaje de los alumnos, como una amplísima literatura ha puesto en evidencia, que la supuesta "falta de base" que aquí estamos analizando.

4. CONCLUSIONES

El análisis realizado muestra que las diferencias entre los dos grupos no justifican las expresiones frecuentes en el profesorado acerca de lo mal preparados que llegan los alumnos al curso correspondiente, atribuyendo la falta de nivel a cursos anteriores. Lo que lleva a cuestionar este tipo de interpretaciones simplistas y a la necesidad de profundizar en los problemas que afectan al aprendizaje de los estudiantes. Ya hemos hecho referencia, por ejemplo, a la importancia de ciertas preconcepciones que obstaculizaban la correcta comprensión de los conocimientos científicos, sobre todo cuando no son tenidos en cuenta por el profesorado. La última década ha visto desarrollarse una potente línea de investigación en torno a estas preconcepciones (ver p.e, Driver, 1988) que está generando un amplio movimiento de renovación de la enseñanza de las ciencias. Sin embargo el profesorado universitario seguimos mayoritariamente ajenos a estos desarrollos. Así, en la encuesta, ya mencionada, realizada a 39 profesores de ciencias acerca de los problemas de aprendizaje de sus alumnos (Calatayud y Gil, 1992), sólo 3 hacen referencia a esta cuestión y a otras igualmente relevantes puestas en evidencia por la investigación didáctica. Podemos, pues, concluir que se hace necesario un cuestionamiento sistemático del pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario de ciencias. Sólo así será posible que el profesorado universitario plantee su enseñanza como una actividad compleja y creativa para la que *sí necesita* una especial preparación.

PRUEBA DE QUIMICA 1991

NOMBRE GRUPO

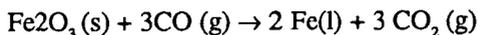
Para cada cuestión solo existe una respuesta correcta. Indica la respuesta elegida con una cruz en el recuadro correspondiente.

1. ¿Qué volumen de dióxido de carbono, en condiciones normales, se produce al quemar 8,00 g de metano, según la ecuación? Ar(C) = 12; Ar(H) = 1



- a) 11,21 litros b) 8,96 litros c) 6,72 litros d) 22,4 litros

2. El óxido de hierro (III) reacciona con el monóxido de carbono según la ecuación:



¿Cuántos moles de hierro se obtienen si a 2 moles de óxido de hierro (III) le añadimos 7 moles de monóxido de carbono?

- a) 4,6 b) 4 c) 2 d) 8

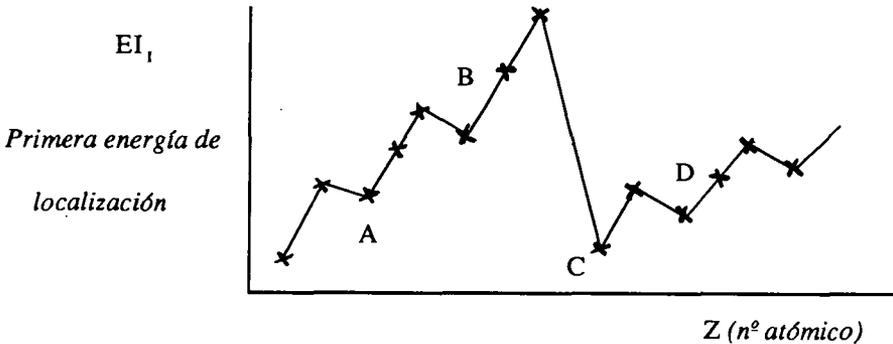
39

3. El núcleo de bromo $^{39}_{19}\text{K}$ contiene:

- a) 39 protones y 19 neutrones b) 19 protones y 39 neutrones
 c) 19 protones y 20 electrones d) 19 protones y 20 neutrones

4. ¿Cuál de los elementos indicados en el gráfico es un alcalino?

- a) A b) B c) C d) D



5. El número atómico del Mg es 12. ¿Cuál de las siguientes opciones describe a los electrones más externos del átomo de magnesio en su estado fundamental?

- a) Dos electrones p b) Dos electrones s
 c) Dos electrones d d) Un electrón p

6. ¿Cuál de los siguientes compuestos presenta a la vez enlaces covalentes e iónicos?

- a) KCl b) NH_4Cl c) CCl_4 d) CO_2

7. ¿Cuál de las siguientes moléculas tiene geometría piramidal?

- a) H_2O b) CH_4 c) NH_3 d) HF

8. ¿Cuál de las siguientes moléculas es apolar?:

- a) H_2O b) CH_4 c) NH_3 d) HF

9. La energía reticular del NaCl se define como la que acompaña el proceso:

- a) $\text{Na(s)} + 1/2 \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NaCl(s)}$
 b) $\text{Na}^+(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{g}) \rightarrow \text{NaCl(s)}$
 c) $\text{Na(g)} + \text{Cl(g)} \rightarrow \text{NaCl(s)}$
 d) $\text{Na}^+(\text{ac}) + \text{Cl}^-(\text{ac}) \rightarrow \text{NaCl(s)}$

10. La combustión completa de 8,00 g de metano, produce 444,7 KJ. ¿Cuál es el calor molar de combustión del metano?

- a) 889,4 KJ/mol b) 444,75 KJ/mol c) 4,44 KJ/mol d) 4447 KJ/mol

11. ¿Qué volumen de disolución 0,5 M de HNO₃ necesitaríamos para preparar 500 cm³ de disolución 0,1 M?

- a) 50 ml b) 75 ml c) 100 ml d) 200 ml

12. Disponemos de 100 ml de una disolución de NaCl 0,1 M y le añadimos agua hasta obtener 250 ml de disolución. En estas condiciones se cumple que:

- a) El número de moles de NaCl es inferior
 b) El número de moles de NaCl es superior
 c) La disolución está más concentrada
 d) La disolución está más diluida

13. Una disolución tiene un pH de 4,3. Esta disolución es:

- a) ácida, con una concentración de H⁺ entre 10⁻³ y 10⁻⁴ M
 b) ácida, con una concentración de H⁺ entre 10⁻⁴ y 10⁻⁵ M
 c) básica, con una concentración de H⁺ entre 10⁻³ y 10⁻⁴ M
 d) básica con una concentración de H⁺ entre 10⁻⁴ y 10⁻⁵ M

14. Se estudia el siguiente sistema de equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \leftrightarrow \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$. Inicialmente había 0,8 moles de PCl₅, y quedaron 0,5 moles del mismo en el equilibrio. El número de moles de PCl₃ que se han formado es:

- a) 0,30 b) 0,50 c) 0,80 d) 1,30

15. Para un sistema en equilibrio, $K_c = 10^{20}$. Esto significa que:

- a) la reacción es muy rápida
 b) el sistema en equilibrio contiene mayoritariamente productos
 c) el sistema en equilibrio contiene mayoritariamente reactivos
 d) la reacción transcurre lentamente

16. Cuando se mezclan disoluciones de NiCl₂ y NaOH se forma un precipitado de color verde. Este precipitado es:

- a) NiCl₂ b) NaOH c) NiOH d) Ni(OH)₂

17. En la reacción $\text{Ag}(\text{s}) + 2\text{H}^+(\text{ac}) + \text{NO}_3^-(\text{ac}) \rightarrow \text{Ag}^+(\text{ac}) + \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$. El agente oxidante es:

- a) Ag b) H⁺ c) NO₃ d) H₂O

18. La fórmula molecular de un alcano que contiene 6 átomos de carbono es:

- a) C_6H_6 b) C_6H_{10} c) C_6H_{12} d) ninguna de las anteriores

19. El compuesto $CH_3-O-C=O$ es un



- a) alcohol b) aldehído c) ácido d) éster

20. Los jabones son:

- a) Esteres naturales
- b) Sales de ácidos grasos
- c) Sustancias totalmente solubles en agua
- d) Sustancias obtenidas a partir de glicerina (propanotriol) y ácidos orgánicos

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AUSUBEL, D.P. (1978): *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México, Trillas.
- BACHELARD, G. (1938): *La formation de l' esprit scientifique*. Paris, Vrin.
- CALATAYUD, M.L. Y GIL, D. (1992): "Las necesidades de formación del profesorado universitario de facultades de ciencias". Documento de trabajo.
- DALCEGGIO, P. (1986): "La formation pédagogique des professeurs de l'enseignement supérieur". Documento de trabajo. Université de Montréal. Service pédagogique.
- DRIVER, R. (1988): Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- HEWSON, R.W. y HEWSON, M.G. (1987): "Science Teachers' conception of Teaching: implications for teachers education". *International journal of Science Education*, 9 (4), 425-440.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G. (1988): "On appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning". *Science Education*, 72 (5), 597-614.
- Gil D. (1991). "¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?". *Enseñanza de las ciencias*, 9 (1), 69-77
- GIL, D. et al. (1991): "La formación del profesorado universitario de materias científicas: contra algunas ideas y comportamientos de "sentido común". *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 12, 43-48.
- LEGRAND, M. (1988): *Réflexions sur l'enseignement a l'université*. Équipe des mathématiques et de l'informatique. Université Joseph Fourier-Grenoble.
- KEMPA, R.F. (1991): "Students' learning difficulties in science. Causes and possible remedies". *Enseñanza de las ciencias*, 9 (2), 119-128.
- MILLER, G.A. (1956): "The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information". *Psychological Review*, 63, 81-97.
- MOREIRA, M. y NOVAK, J.D. (1988): "Investigación en enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordajes metodológicos". *Enseñanza de las ciencias*, 6 (1), 3-18.
- SHUELL T.J. (1987): "Cognitive and conceptual change: implication for teaching science". *Science Education*, 71 (2), 239-250.