
APROXIMACIÓN A LAS IDEAS DE LOS ESTUDIANTES EN TORNO AL CONCEPTO DE ESPACIO VACÍO.

JOAN JOSEP SOLAZ PORTOLÉS

I.E.S. "Camp de Túria" de Llíria / C. A. en Valencia de la U.N.E.D.
C/ Alcalde M. Garcia s/n. 46160 Llíria, Valencia. España.

RESUMEN

En este trabajo se presentan las ideas defendidas por una muestra de estudiantes (desde 7º de E.G.B. hasta C.O.U. del sistema educativo del Estado Español¹, esto es, de 12 a 18 años de edad) sobre el concepto de vacío. Los datos han sido obtenidos mediante la administración de un cuestionario de opción de múltiple. Los resultados ponen de manifiesto la dificultad de los estudiantes para conceptualizar la idea de espacio vacío. Por otra parte, estas dificultades persisten tras la instrucción académica y tienen muchas semejanzas con las mantenidas por científicos en determinados momentos de la historia de la ciencia.

ABSTRACT

In this article we report our findings about the ideas sustained a sample of students (from 7 th E.G.B. grade to C.O.U. in the Spanish Education, 12 to 18 years old) on the concept of vacuum. Data were obtained by administration of a questionnaire of multiple choice. The results shows that pupils have difficulties in conceptualizing empty space idea. Moreover, these difficulties persist even after instruction and parallel in way remarkable the historical development of scientific concepts.

I. INTRODUCCIÓN.

Está bien contrastado en la didáctica de las ciencias que nuestros alumnos tienen concepciones previas en muchos campos que influyen de manera decisiva su aprendizaje, y que se muestran resistentes a cualquier modificación para aproximarlas a las aceptadas por la comunidad científica (West y Pines, 1985; Hierrezuelo y Montero, 1988; Driver, Guesne y Tiberghien, 1989; Osborne y Freyberg, 1991). Así, en el caso concreto del concepto de espacio vacío son diversos los trabajos que de manera colateral han revelado una tendencia generalizada a defender la imposibilidad de su existencia (Llorens, 1988; Nussbaum, 1989; Seré, 1989; Renström, Andersson y Marton, 1990; Pereira y

Pestana, 1991; Griffiths y Preston, 1992; Benson, Wittrock y Baur, 1993).

Por otro lado, se ha visto que la historia de la ciencia puede ayudarnos a comprender el desarrollo conceptual de los estudiantes (Piaget y García, 1982; Carey, 1986) y, sobre todo, ponernos en situación de entender sus dificultades y resistencias (Saltiel y Viennot, 1985; Wandersee, 1986; Matthews, 1991). La existencia de ciertos paralelismos entre los esquemas alternativos de los alumnos y los primeros estadios del conocimiento científico en algunos campos ha sido puesta en evidencia por múltiples estudios, sobre todo en el campo de la

¹En el sistema educativo del Estado Español de los 12 a los 18 años se cursan sucesivamente 7º y 8º de E.G.B. (Educación General Básica, de carácter obligatorio); 1º, 2º y 3º de B.U.P. (Bachillerato Unificado y Polivalente); y finalmente C.O.U. (Curso de Orientación Universitaria). En la actualidad, este sistema está siendo paulatinamente substituido por la E.S.O. (Educación Secundaria Obligatoria) en el tramo de 12 a 16 años, y el Bachillerato en el tramo de 16 a 18 años.

mecánica. Algunos de ellos son citados por Matthews (1990 y 1994). Estudios más recientes como los de Sequeira y Leite (1991) sobre concepciones alternativas en mecánica de estudiantes portugueses; de Griffiths y Preston (1992) acerca de los errores conceptuales relacionados con las características de átomos y moléculas en estudiantes canadienses; de Bar y colaboradores (1994) en relación con las ideas de niños israelíes sobre peso y caída libre; y de Nardi (1994) sobre las ideas de alumnos brasileños sobre la noción de campo de fuerza, parecen confirmar esta hipótesis.

No obstante, los procesos que ayudan a estudiantes y científicos a establecer conexiones entre los modelos mentales elaborados y las evidencias, hechos u objetos, son bien diferentes en unos y en otros. En concreto, el control y la reflexión sobre la interacción modelo/realidad, esto es, el desarrollo metacognitivo y estratégico, sólo es característico de los procesos del pensamiento científico (Kuhn, 1989). Además, los modelos mentales de los estudiantes no pueden coincidir exactamente con los de los científicos de épocas pasadas porque no tienen ni los mismos conocimientos ni las mismas capacidades en razón de sus diferentes entornos materiales y sociales (Fillon, 1991). Incluso se han dado casos en que no hay coincidencia alguna (Duschl, Hamilton y Grandy, 1990; Furió y Guisasola, 1993). Asimismo, la historia de la ciencia puede dar la posibilidad, en un contexto didáctico, de que los alumnos revisen y modifiquen sus modelos espontáneos, de sentido común, mediante la comparación de estos modelos con los de los científicos en determinados momentos de la historia (Fillon, 1991).

II. OBJETIVOS.

Teniendo en cuenta estos prolegómenos, pasamos seguidamente a formular los objetivos de nuestra investigación.

1. *Conocer las ideas de los estudiantes de diferentes niveles educativos, en concreto entre séptimo de E.G.B. y C.O.U. (12-18 años), ante diversas situaciones problemáticas donde se pueda ver implicado el concepto de espacio vacío.*

2. *Analizar la influencia que tiene la instrucción académica recibida sobre estas ideas sobre el espacio vacío.*

3. *Destacar aquellas ideas de los estudiantes*

que presenten similitudes o coincidencias con las de los científicos en determinados momentos de la historia.

III. HIPÓTESIS.

El bagaje teórico anteriormente expuesto junto con los objetivos planteados han supuesto en nuestro trabajo un conjunto de hipótesis que a continuación detallaremos.

1. *Los estudiantes tenderán en la mayoría de los casos problemáticos que se les planteen a rechazar la posibilidad de existencia de espacio vacío.*

2. *Las ideas de los estudiantes no se verán alteradas de manera significativa con la edad, es decir, ni el desarrollo cognitivo ni la instrucción recibida afectarán significativamente estas concepciones.*

3. *Encontraremos en bastantes casos que las concepciones de los estudiantes, ante situaciones donde intervenga de un modo u otro el concepto de espacio vacío, tienden a coincidir con las mantenidas por algunos científicos de épocas pasadas.*

IV. METODOLOGÍA.

Hemos escogido como instrumento de diagnóstico un cuestionario con preguntas de opción múltiple, en la construcción del cual hemos tenido en cuenta sobre todo las recomendaciones de Treagust (1988 y 1991) y Peterson y colaboradores (1989). No obstante, también se han seguido las directrices de Cassels y Johnstone (1984) para un uso apropiado del lenguaje en las pruebas de opción múltiple, y de Hodson (1986), que demuestra que un test con cuatro respuestas alternativas (tres distractores) es tan fiable como uno con cinco (cuatro distractores).

IV.1. DESARROLLO Y ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO.

A partir de casos en los que podía verse implicado el espacio vacío, identificamos los conceptos asociados a todos ellos. Posteriormente, construimos las proposiciones que relacionaban dichos conceptos. Hemos entendido el espacio vacío aquí y en lo que resta de trabajo como espacio vacío de materia permanente, pues el espacio vacío está en reali-

dad lleno de materia virtual o no permanente (Solaz-Portolés y Moreno-Cabo, 1997). La validación del contenido de las proposiciones fue realizada independientemente por dos profesores universitarios y dos profesores de enseñanza secundaria.

Con la finalidad de diseñar un instrumento de medida que se ajustara lo máximo posible a los objetivos que esta investigación se había planteado, procedimos a obtener una primera aproximación al pensamiento de los estudiantes en relación con el espacio vacío. Para llevar a cabo esta tarea utilizamos investigaciones anteriores, la historia de la ciencia y los libros de texto. En cuanto a la utilización de los libros de texto como fuente de información de los esquemas de conocimiento de los alumnos parece plausible dado su extenso uso e influencia (Solaz-Portolés, 1994).

Efectuada una revisión de los libros de texto de séptimo de E.G.B. hasta C.O.U. que son utilizados por los estudiantes que participan en nuestra investigación, hemos encontrado que en la mayoría de las ocasiones se peca por omisión en el tratamiento del espacio vacío. Es decir, no se indica explícitamente que ciertas zonas del espacio pueden estar vacías. Además, como ya apuntábamos en otro trabajo (Solaz-Portolés, 1996), en algunas de las ilustraciones de la estructura de la materia y de las disoluciones que figuran en los textos se promueven concepciones continuistas de la materia. Así, por ejemplo, no se da una imagen del átomo como partícula vacía, sino todo lo contrario.

Posteriormente, a partir de la información obtenida a través de las tres vías mencionadas, hemos llevado a cabo entrevistas clínicas y pruebas de lápiz y papel de preguntas abiertas con grupos reducidos de estudiantes. En ambos casos se exponían situaciones problemáticas, extraídas de la historia de la ciencia y de otras investigaciones, en las que de una u otra manera interviene el vacío. Muchas de ellas supusieron una gran controversia entre los defensores de teorías *plenistas* o negadoras del vacío, y los detractores de dichas teorías.

Las distintas concepciones de los estudiantes obtenidas con estas pruebas fueron categorizadas, y con ellas hemos elaborado una primera versión del cuestionario. Esta primera versión contiene doce ítems, con cinco opciones cada uno (a, b, c, d y e), una de la cual es correcta, tres son distractores que recogen las concepciones erróneas procedentes de la ante-

dicha categorización, y la última, la opción e, da la posibilidad de ofrecer una explicación alternativa a las cuatro respuestas ofrecidas. De los tres distractores, dos defienden posiciones claramente *plenistas*.

Una prueba piloto efectuada con tres grupos de estudiantes de diferente nivel académico (octavo de E.G.B., segundo de B.U.P. y C.O.U.), nos llevó a la eliminación de tres ítems que proporcionaban un coeficiente de correlación con la puntuación total del test (coeficiente de correlación biserial-puntual) muy bajo, y a la modificación de parte de la redacción de algunos de los restantes por los problemas de comprensión que generaron.

La versión definitiva del cuestionario contiene nueve ítems de las mismas características que los citados anteriormente. Estos ítems fueron revisados por los mismos profesores que validaron el contenido conceptual de este estudio. Los nueve ítems del cuestionario se recogen en el Anexo 1.

IV.2. SUJETOS PARTICIPANTES.

Participaron en nuestra investigación 339 estudiantes valencianos de entre 12 y 18 años pertenecientes, en el curso académico 95-96, a los niveles educativos comprendidos entre séptimo de EGB y COU: 48 de séptimo, 49 de octavo, 53 de primero de BUP, 63 de segundo, 62 de tercero y 64 de COU. Los alumnos de EGB eran del C.P. Sant Vicent Ferrer de Lliria, y los de BUP y COU del I.E.S. Camp de Túria de Lliria. Los estudiantes de tercero de BUP y los COU cursaban la asignatura o asignaturas de Física y Química. Los grupos de los distintos niveles académicos en cada centro fueron escogidos al azar entre los grupos que no habían participado en la prueba piloto.

IV.3. PROCEDIMIENTO.

El cuestionario se pasó durante el último trimestre del año 1995 a dos grupos de cada uno de los cursos en sus respectivos centros. Se avisó a los estudiantes de que se trataba de una experiencia educativa y que la calificación obtenida en la prueba no sería tenida en cuenta por el profesor. Asimismo, se les señaló la importancia de no dejar ninguna cuestión por responder. Dispusieron de alrededor de cincuenta minutos, aunque la mayoría completó el cuestionario en menos tiempo.

La forma de cuantificar la respuesta que un determinado sujeto da en cada ítem tiene el objetivo principal de detectar si posee o no la concepción científica: puntuamos 1 para la respuesta correcta y 0 para las incorrectas. Por otro lado, nuestra pretensión en caso de respuesta incorrecta, es saber si el sujeto se decanta o no hacia concepciones *plenistas* o negadoras del espacio vacío (recordemos que en cada ítem hay dos distractores que corresponden a estas concepciones). Por ello efectuamos también el cómputo del número de sujetos que escogen respuestas *plenistas* y no *plenistas* en cada ítem.

V. RESULTADOS

Un resumen de las características del instrumento de diagnóstico utilizado para conocer las ideas de los estudiantes de 12 a 18 años sobre el espacio vacío, se da en la Figura 1. Para calcular los índices de dificultad y de discriminación que se ofrecen en dicha figura se divide el total de sujetos participantes en tres grupos numéricamente iguales: los de mayor puntuación en el test, los de menor y los restantes. El índice de dificultad de un ítem se evalúa mediante la expresión:

$$I.Dif. = \frac{S + I}{N}$$

siendo S el número de acertantes del ítem del grupo de mayor puntuación, I el número de acertantes del grupo de menor puntuación y N la

suma de estudiantes de los grupos anteriormente citados. Este índice refleja la proporción de sujetos que aciertan el ítem, oscilando su valor entre 0 y 1. En cuanto al índice de discriminación de un ítem, su determinación se lleva a cabo por aplicación de:

$$I.Dis. = \frac{2(S - I)}{N}$$

Este segundo índice es una medida de hasta qué punto un ítem tiende a ser acertado por el grupo de mayor puntuación en el test y no por los del grupo de menor puntuación. Así, cuanto menor sea el valor del índice de discriminación tanto más tiende a ser acertado en igual medida por los estudiantes de los grupos mencionados. Su valor absoluto va desde 0 a 1.

Para estimar la fiabilidad del cuestionario se ha utilizado la fórmula nº 20 de Kuder-Richardson:

$$r_{xx} = \frac{n}{n-1} \frac{s_x^2 - \sum_{i=1}^n p_i q_i}{s_x^2}$$

donde n representa el número de ítems del test, s_x^2 la varianza de las puntuaciones del test, p_i la proporción de individuos que aciertan el ítem i y q_i la proporción de individuos que no lo aciertan ($q_i = 1 - p_i$). El coeficiente r_{xx} calculado con esta fórmula toma valores que van de 0 a 1.

Número de ítems:	9	
Formato de respuesta:	Elección múltiple (5 opciones)	
Tiempo para completar el test:	25 - 40 minutos.	
Índices de discriminación:	Media Arit.	Intervalo
	0,29	0,10 - 0,19 (1 ítem)
		0,20 - 0,29 (4 ítems)
		0,30 - 0,39 (2 ítems)
		0,40 - 0,50 (2 ítem)
Índices de dificultad:	Media Arit.	Intervalo
	0,21	0,00 - 0,09 (1 ítem)
		0,10 - 0,19 (4 ítems)
		0,20 - 0,29 (2 ítems)
		0,30 - 0,39 (1 ítem).
	0,40 - 0,50 (1 ítem)	
Puntuación media	1,9	
Desviación estándar	1,8	
Coefficiente de fiabilidad		
Fórmula nº 20 de Kuder-Richardson:	0,67	

Figura 1. Características del instrumento de diagnóstico empleado.

La Tabla 1 nos muestra la distribución de las frecuencias de las respuestas en cada ítem, la proporción de respuestas correctas, y el coeficiente de correlación biserial puntual entre la puntuación en el ítem y la puntuación total en la prueba, que permite llevar un análisis de consis-

tencia interna del instrumento.

Como puede verse en dicha tabla los coeficientes de correlación no son muy altos, aunque su significación estadística nos permite considerar válidos a los nueve ítems.

	A	B	C	D	E	% Ac.	rbp
Ítem 1	44*	20+	173+	98	4	13,0	0,26**
Ítem 2	51+	51*	95+	139	3	15,0	0,30**
Ítem 3	122+	10	88+	113*	6	33,3	0,35**
Ítem 4	17*	148+	48+	118	13	8,8	0,20**
Ítem 5	62+	88*	132+	44	13	26,0	0,43**
Ítem 6	49+	72+	76*	127	15	28,3	0,41**
Ítem 7	48+	161*	37+	91	2	47,5	0,18**
Ítem 8	103	94+	99+	38*	5	11,2	0,25**
Ítem 9	27	35*	79+	190+	8	10,32	0,21**

Tabla 1. Distribución de las frecuencias en cada ítem, porcentaje de aciertos y coeficiente de correlación biserial-puntual ítem-puntuación total de la prueba.

El * representa la opción correcta del ítem, + representa las opciones explícitamente plenistas, ** señala los ítems que proporcionan coeficientes de correlación biserial-puntual que son, como mínimo, estadísticamente significativos en un nivel inferior al 1% (nivel de significación $p < 0,01$).

La Tabla 2 nos da los porcentajes de estudiantes plenistas de cada uno de los cursos en los

nueve ítems del cuestionario.

	7 EGB	8 EGB	1 BUP	2 BUP	3 BUP	COU
Ítem 1	65,6	77,6	62,3	77,8	50,0	31,3
Ítem 2	37,5	44,9	35,8	33,3	30,1	31,3
Ítem 3	62,5	53,1	58,5	50,8	52,4	54,7
Ítem 4	52,1	57,1	58,5	50,8	58,1	51,6
Ítem 5	62,5	59,2	60,4	60,3	62,9	57,8
Ítem 6	41,7	42,9	34,0	38,1	35,5	32,8
Ítem 7	47,9	38,8	43,4	31,7	25,8	23,4
Ítem 8	58,3	51,0	62,3	50,8	48,4	45,3
Ítem 9	83,3	83,7	77,4	85,7	75,8	70,3

Tabla 2. Porcentaje de estudiantes plenistas de cada nivel académico y en cada ítem.

Por otra parte, a partir de las tablas de contingencia confeccionadas con el número de sujetos plenistas y no plenistas de cada curso académico en cada ítem (tablas de contingencia 6×2), hemos aplicado la prueba estadística χ^2 (chi cuadrado) con el objetivo de

analizar la influencia del nivel académico sobre las ideas plenistas. Solamente se producen diferencias estadísticamente significativas en el ítem 1 ($\chi^2 = 39,6$, g.l.=5, $p < 0,001$) y en el ítem 7 ($\chi^2 = 11,9$, g.l.=5, $p < 0,05$).

La Figura 2 nos ofrece el porcentaje total de alumnos plenistas en cada uno de los

nueve ítems.

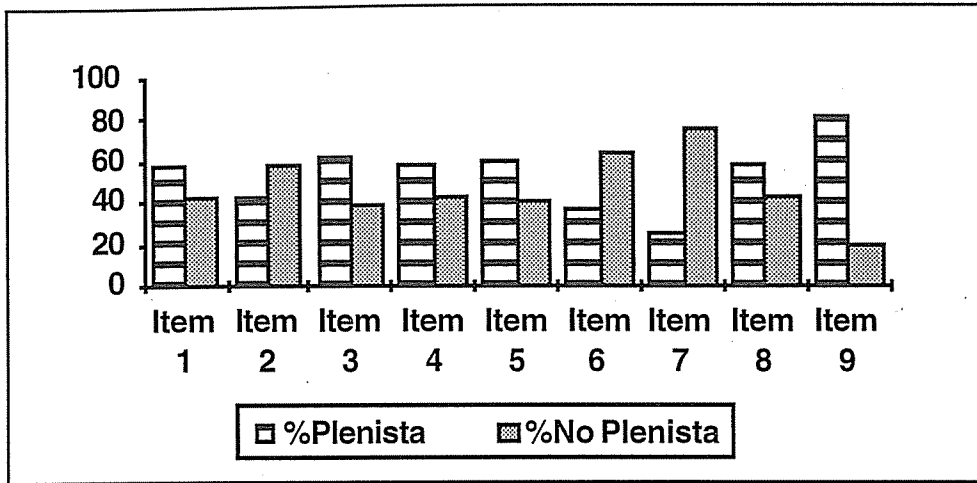


Figura 2. Porcentaje total de plenistas y no plenistas en cada ítem.

La aplicación de la prueba estadística χ^2 al número total de sujetos *plenistas* y *no plenistas* en cada uno de los nueve ítems proporciona en todos ellos diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de sujetos, en al menos un nivel de significación inferior al 0,05 (g.l.=1, $p < 0,05$).

VI. CONCLUSIONES.

En relación con las características del cuestionario utilizado, que se recogen en la Figura 1, se desprende que:

a) Los índices de discriminación de los ítems, que reflejan en qué medida tienden a ser acertados por los que han obtenido mayor puntuación global en el test, son moderados. Tan sólo un ítem, el ítem 7, genera un índice de discriminación que puede considerarse bajo.

b) Los ítems son relativamente *difíciles*, a tenor de los valores de los índices de dificultad. A cinco de ellos (ítems 1, 2, 4, 8 y 9) los catalogaríamos de realmente *difíciles*.

c) El coeficiente de fiabilidad no es alto, pero satisfactorio. Esto es así, por la particularidad del test que, si bien en todos sus ítems siempre aparece implicado el concepto de espacio vacío, en muchos de ellos se tratan situaciones y conceptos asociados que

no están relacionados entre sí.

Atendiendo a los porcentajes de alumnos *plenistas* y *no plenistas* que muestra la Fig. 2 y a los resultados de la prueba estadística χ^2 , se puede concluir que hay seis ítems (ítems 1, 3, 4, 5, 8 y 9) donde el porcentaje sujetos *plenistas* es significativamente superior al de los *no plenistas*. Por el contrario, en los tres ítems restantes (ítems 2, 6 y 7) se hacen significativas las diferencias en favor de los *no plenistas*.

En consecuencia, parece confirmarse la primera hipótesis de nuestra investigación, que hacía referencia al carácter previsiblemente mayoritario de las ideas *plenistas* entre nuestros estudiantes. Sin embargo, no podemos dejar de destacar los casos en que las concepciones explícitamente *plenistas*, no son mayoritarias. A saber, en el movimiento de cuerpos en el seno de fluidos, en la compresión de los gases y en la interacción Tierra-Luna. En el primer caso, la generalidad de los sujetos eligieron una opción que se corresponde con una concepción alternativa ampliamente documentada: la asociación fuerza-dirección del movimiento. En el segundo caso, el porcentaje más destacable de los estudiantes ha seleccionado una explicación que justifica el aumento de temperatura en la compresión de los gases de acuerdo con un esquema conceptual alternativo, también recogido por la bibliografía al uso, que identifica de manera errónea fuerza y energía. Solamente en el último

caso, la opción por la que se han decantado los alumnos es la correcta, y en ella se menciona la existencia de una gran zona de espacio vacío entre la Tierra y la Luna.

En cuanto a nuestra segunda hipótesis, en la que expresábamos la escasa influencia de la instrucción científica sobre la modificación de las ideas en torno al concepto de espacio vacío, la Tabla 2, que refleja los porcentajes de estudiantes *plenistas* de cada nivel académico y en cada ítem, junto con las pruebas estadísticas correspondientes ratifican en su mayoría la veracidad de la misma. Es en la explicación de la experiencia de Torricelli (ítem 1) y del movimiento de la Luna alrededor de la Tierra (ítem 7), donde se deja notar de manera estadísticamente significativa el efecto de la formación científica recibida por los alumnos. Además, esto último se hace más patente a partir de tercero de BUP, donde se inicia una ostensible reducción del porcentaje de estudiantes que escogen opciones *plenistas* en la explicación de ambas situaciones problemáticas. No obstante, el ítem 7 es el único donde simultáneamente se deja notar el influjo positivo de la instrucción científica y predominan los estudiantes *no plenistas*. Así pues, parece como si la formación académica sólo pudiese ayudar en la conceptualización del vacío dentro de un marco exclusivamente macroscópico.

Seguidamente, haremos referencia a las similitudes entre las ideas de los estudiantes y las que se defendieron en determinados momentos de la historia. En primer lugar, destacaremos que el gran porcentaje de alumnos *plenistas* encontrado advierte, con carácter general, de una cierta resistencia a admitir que el espacio pueda estar vacío. Esta resistencia puesta de manifiesto por los estudiantes de diferentes edades es equiparable a la que se ofreció a lo largo de la historia de la ciencia. Recordemos, a este respecto, que se hubo de esperar hasta comienzos del siglo XX para que la comunidad científica aceptase la posibilidad de que el espacio estuviese vacío de materia permanente (Solaz-Portolés y Moreno-Cabo, 1997).

En segundo lugar, señalaremos el relevante número (y porcentaje) de sujetos que han elegido interpretaciones que se ajustan exactamente a esquemas conceptuales mantenidos en determinados momentos de la historia de la ciencia, y que no son aceptados en la actualidad. Así, tenemos que:

- En el ítem 1, 98 sujetos

(28,9%) piensan que el vacío ejerce una fuerza de succión que impide que caiga el mercurio en la experiencia de Torricelli (opción d). En el ítem 3, 122 sujetos (35,9%) creen que el vacío succiona el líquido en una jeringuilla (opción a). En ambos casos se le otorga al vacío la capacidad de ejercer una fuerza de atracción. Esta misma idea fue defendida por el escolástico Gil de Roma, y compartida por el mismo Galileo.

- En el ítem 2, 95 sujetos (28%) sostienen, como lo hacía Aristóteles, que es el propio aire el que mueve un objeto en su seno (opción c).

- En el ítem 5, 62 estudiantes (18,3%) tienen una visión del átomo como partícula compacta (opción a). Esta misma imagen del átomo la tenían los griegos Leucipo y Demócrito, y se mantuvo inalterada hasta la formulación del modelo atómico de Rutherford.

- En el ítem 6, 49 alumnos (14,5%) piensan, como lo hacía Black en el siglo XVIII, que la compresión de un gas libera la atmósfera de calor que envuelve los corpúsculos (opción a); y 72 alumnos (21,2%) proponen un modelo de gases (opción b) que es muy parecido a uno de los dos que Boyle formuló en el siglo XVII para explicar la compresibilidad de los gases, el de los corpúsculos gaseosos comportándose como muelles.

- En el ítem 7, 48 sujetos (14,2%) consideran la necesidad de un medio material, gases en este caso, para transmitir la atracción gravitatoria (opción a). En este mismo sentido, según Aristóteles, el movimiento de la Luna y otros planetas deriva de la "transmisión de movimientos" a partir del movimiento de la esfera de las estrellas fijas (obviamente esta "transmisión" presupone plenismo). Por su parte Descartes afirmó algo similar a lo que se dice en la opción c de este ítem, seleccionada por 37 estudiantes (10,9%), salvo que no hablaba de fuerzas sino de "impactos".

- En el ítem 8, 94 estudiantes (27,7%) conciben la luz de la misma manera que Hooke y Huygens: como un movimiento vibratorio que al igual que el sonido sólo se propaga a través de un medio material (opción b).

Con todo ello, nuestra tercera hipótesis que afirmaba que:

Encontraremos en bastantes casos que las concepciones de los estudiantes, ante situa-

ciones donde intervenga de un modo u otro el concepto de espacio vacío, tienden a coincidir con las mantenidas por algunos científicos de épocas pasadas.

debe ser modificada, atendiendo a los datos proporcionados anteriormente, para quedar redactada como conclusión de nuestra investigación de la siguiente forma:

Existe una destacable cantidad de estudiantes, aunque minoritaria, que ante situaciones donde interviene de un modo u otro el concepto de espacio vacío sostienen concepciones que coinciden con las de algunos científicos de épocas pasadas.

VII. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS Y PROBLEMAS ABIERTOS.

De las conclusiones obtenidas se podría pensar, con las lógicas limitaciones impuestas por el diseño experimental, que las concepciones *plenistas* que defienden los estudiantes se pueden erigir en un verdadero *obstáculo epistemológico* (Bachelard, 1983) en su aprendizaje, comparable al que supusieron dichas concepciones en la historia de la ciencia.

En nuestra opinión, es muy probable que estas concepciones *plenistas* de los estudiantes sean predominantemente fruto de modelos mentales construidos a partir de los datos procedentes de la percepción sensitiva, aunque también puedan ser parcialmente inducidas por el sistema educativo. Consecuentemente, se derivaría de todo ello la necesidad de un tratamiento didáctico especial para el concepto de espacio vacío.

Tras la realización de este estudio quedan pendientes varias cuestiones. En primer lugar, corroborar las hipótesis planteadas en el párrafo anterior. En segundo lugar, sería necesario repetir el estudio que hemos realizado pero tomando como población a estudiar el colectivo de profesores que imparten ciencias fisicoquímicas en toda la franja académica seleccionada. En tercer lugar, se debería hacer un análisis exhaustivo de un gran número de libros de texto con el objetivo de extraer y catalogar los errores conceptuales que aparecen en ellos en relación con el espacio vacío. En cuarto y último lugar, se tendría que investigar el efecto del uso de materiales específicos en el tratamiento del concepto de espacio vacío sobre los esquemas de conocimiento de nuestros estudiantes.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- Bachelard, G. (1983) *La formation de l'esprit scientifique*. París: Librairie Philologique J. Vrin.
- Bar, V., Zinn, B., Goldmuntz, R. & Sneider, C. (1994) Children's concepts about weight and free fall. *Science Education*, 78, 149-169.
- Benson, D.L., Wittrock, M.C. & Baur, M.E. (1993) Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 587-597.
- Carey, S. (1986) Cognitive Science and Science Education. *American Psychologist*, 41, 1123-1130.
- Cassels, J.R.T. & Johnstone, A.H. (1984) The effect of language on student performance on multiple choice tests in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 61, 613-615.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1989) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC/Morata.
- Duschl R.A., Hamilton, R. & Grandy, R.E. (1990) Psychology and epistemology: match or mismatch when applied to science education. *International Journal of Science Education*, 12, 230-243.
- Fillon, P. (1991) Histoire des sciences et réflexion épistémologique des élèves, *Aster*, 12, 91-120.
- Furió, C. & Guisasola, J. (1993) ¿Puede ayudar la historia de la ciencia a entender por qué los estudiantes no comprenden los conceptos de carga y potencial eléctricos?. *Revista Española de Física*, 7, 46-50.
- Griffiths, A.K. & Preston, K.R. (1992) Grade-12 Students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 611-628.
- Hodson, D. (1986) Multiple choice tests -are four options as good as five?. *Education in Chemistry*, 23 (May), 84-86.
- Kuhn, D. (1989) Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Llorens, J.A. (1988) La concepción corpuscu-

lar de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación en la Escuela*, 4, 33-48.

- Matthews, M.R. (1990) History, philosophy and science teaching: a rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, 25-51.

- Matthews, M.R. (1991) Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, lenguaje y educación*, 11-12, 141-155.

- Matthews, M.R. (1994) Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 255-277.

- Nardi, R. (1994) História da ciência x aprendizagem: algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicognético sobre as idéias que evoluem para a noção de campo de força. *Enseñanza de las ciencias*, 12, 101-106.

- Nussbaum, J. (1989) La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa. En R. Driver, E. Guesne & A: Tiberghien (Eds.) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC/Morata.

- Osborne R. & Freyberg, P. (1991) *El aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Narcea.

- Pereira, M.P. & Pestana, M.E.M. (1991). Pupils' representations of models of water. *International Journal of Science Education*, 13, 313-319.

- Peterson, R.F., Treagust, D.F. & Garnett, P. (1989) Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 301-314.

- Piaget, J. & Garcia, R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México: Siglo veintiuno editores.

- Renström, L., Andersson, B. & Marton, F. (1990) Students' conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, 82, 555-569.

- Saltiel, E. & Viennot, L. (1985) ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 137-144.

- Sequeira, M. & Leite, L. (1991) Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education*, 75, 45-56.

- Séré, M.G. (1989) El estado gaseoso. En R. Driver, E. Guesne & A: Tiberghien (Eds.) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC/Morata.

- Solaz-Portolés, J.J. (1994) *Análisis de las interacciones entre variables textuales, conocimiento previo del lector y tareas en el aprendizaje de textos educativos de Física y Química*. Tesis Doctoral, Servei de Publicacions de la Universitat de València.

- Solaz-Portolés, J.J. (1996). Diagramas: ¿ilustraciones eficaces en la instrucción en ciencias?. *Educación Química*, 7, 145-149.

- Solaz-Portolés, J.J. & Moreno-Cabo, M. (1997). El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14 (2), 194-208.

- Treagust, D.F. (1988) Development of and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10, 159-169.

- Treagust, D.F. (1991) Assessment of students' understanding of science concepts using diagnostic instruments. *Australian Science Teachers Journal*, 37, 40-43.

- Wandersee, J.H. (1986) Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions?. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 581-597.

- West, L.H.T. & Pines, A.L. (1985) *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando: Academic Press.

IX. AGRADECIMIENTOS.

Nuestro agradecimiento al Colegio de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias por el premio otorgado al trabajo *Concepciones de los estudiantes e historia de la ciencia: El caso del concepto de espacio vacío*, una parte del cual constituye el presente artículo. El artículo se ha mejorado notablemente con las aportaciones de dos árbitros anónimos de la revista, a los que deseo mostrar mi gratitud.

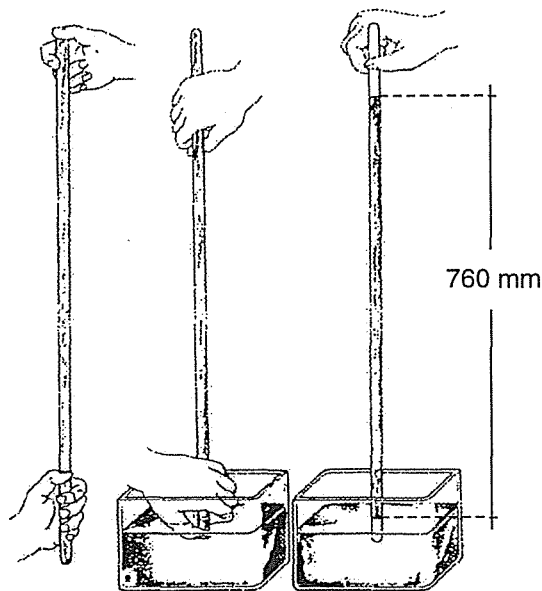
ANEXO 1.
CUESTIONARIO.

Nombre y apellidos.....

Grupo.....

MARCA LA RESPUESTA QUE CREAS CORRECTA. SI PIENSAS QUE NINGUNA LO ES, PROPÓN TÚ UNA RESPUESTA.

1. En el dibujo se muestra el resultado de llenar con mercurio un tubo de vidrio cerrado por un extremo, taponarlo por el extremo abierto, introducirlo invertido dentro de una cubeta llena también de mercurio, y destaparlo.



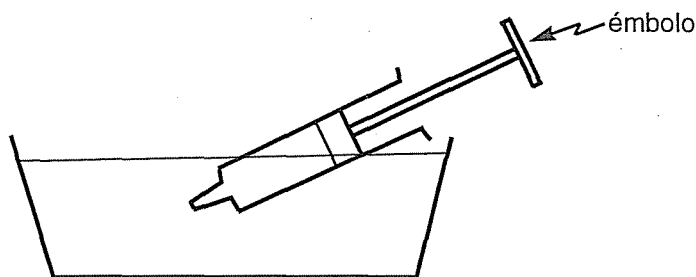
El nivel de mercurio en el tubo ha bajado, y por ello en la parte superior del tubo invertido:

- a. Hay espacio vacío.
- b. Hay alguna substancia que impide que baje el mercurio totalmente.
- c. Actúa la presión atmosférica por el aire que se queda en el interior.
- d. El vacío existente permite que no caiga totalmente el mercurio.
- e. Otra cosa (señálala)

2. ¿Cómo explicas que se pueda mover un objeto en el interior de un fluido como es el aire?

- a. El objeto conserva la fuerza ejercida sobre él durante el lanzamiento gracias al aire que va llenando los huecos que deja en el espacio.
- b. El objeto tiene energía suficiente para desplazarse en el aire.
- c. El objeto en movimiento comprime el aire que tiene delante y se queda sin aire detrás, por lo que el aire comprimido circula hacia la parte posterior del objeto y lo empuja.
- d. La fuerza total actuante sobre el objeto es distinta de cero y dirigida en la dirección del movimiento.
- e. Otra explicación (escríbela)

3. En la figura adjunta se muestra una jeringuilla que, por elevación de su émbolo, ha succionado líquido.



¿Por qué se llena la jeringuilla de líquido?

- a. El émbolo desaloja aire y crea un vacío que aspira el líquido.
- b. EL émbolo arrastra una capa de líquido que, a su vez, tira de las otras capas de líquido.
- c. EL movimiento del émbolo deja un espacio vacío entre el émbolo y el líquido, que el líquido tiende a llenar.
- d. El líquido entra en la jeringuilla cuando asciende el émbolo por efecto de la presión atmosférica actuante sobre la superficie libre del líquido en la cubeta.
- e. Otra explicación (escríbela).

4. En una experiencia se lanzan partículas de carga positiva con gran velocidad sobre una finísima lámina metálica, observándose que la mayoría de partículas atraviesan la lámina. ¿Qué interpretación das tú para este experimento?

- a. La lámina está constituida fundamentalmente por espacio vacío.
- b. Las partículas chocan contra los núcleos y electrones de los átomos metálicos, que están juntos sin dejar espacios libres, desplazándolos de sus posiciones.
- c. Por la gran energía de las partículas, éstas consiguen perforar la estructura continua y compacta de la lámina.
- d. Las partículas rompen los enlaces entre átomos metálicos.
- e. Otra interpretación (escríbela),

5. ¿Qué representación del átomo piensas que es más correcta?

- a. Una esfera homogénea y compacta que contiene protones, neutrones y electrones en su interior.
- b. Un núcleo de carga positiva, constituido por protones y neutrones, y a su alrededor electrones moviéndose en un gran volumen vacío.
- c. Un núcleo de protones y neutrones, y alrededor de éste electrones que, junto a otras partículas, ocupan todo el espacio disponible en el átomo.
- d. Un núcleo con protones y neutrones, y un conjunto de niveles energéticos que van llenando los electrones.
- e. Otra representación (escríbela).

6. Cuando se comprime rápidamente un gas por reducción del volumen del recipiente que lo contiene se produce un incremento de la temperatura. Esto es debido a que:

- a. Las moléculas gaseosas están rodeadas de una atmósfera de calor que cuando el gas se comprime y las moléculas se acumulan en un mínimo espacio, se libera.
- b. Cuando un gas se comprime sus moléculas, que están juntas, se reducen de tamaño con lo que se libera energía en forma de calor.
- c. Por el aumento de la presión las moléculas gaseosas, que se encuentran separadas por una gran distancia, se aproximan entre sí y aumentan su velocidad.
- d. La reducción del volumen del recipiente hace que las moléculas de gas reduzcan su distancia

de separación, con el consiguiente aumento de las fuerzas atractivas entre moléculas y liberación de energía en forma de calor.

- e. Otra razón (escríbela).

7. El movimiento de la Luna alrededor de la Tierra se debe a:

- a. Los gases existentes en todo el espacio entre ambos cuerpos celestes que permiten que la atracción gravitatoria de la Tierra se transmita hasta la Luna.

- b. La fuerza de atracción gravitatoria Tierra-Luna que actúa a través de la gran zona de vacío existente entre ambos astros.

- c. La suma de todas las fuerzas ejercidas sobre la Luna por la materia dispersa en todo el espacio comprendido entre la Tierra y la Luna.

- d. La anulación entre sí de las dos fuerzas que actúan sobre la Luna: la atracción gravitatoria y la fuerza centrífuga.

- e. Otra razón (escríbela).

8. La luz puede considerarse como:

- a. Líneas de energía o materia luminosa que unen el foco luminoso y el observador siguiendo una línea recta.

- b. Una onda que, como el sonido, se propaga únicamente a través de un medio material: aire, agua, etc.

- c. Partículas que se mueven gracias a las substancias que se encuentran entre el foco luminoso y el observador.

- d. Una onda que se propaga en el espacio vacío.

- e. Otra cosa (escríbela).

9. Un trozo de hielo está constituido por:

- a. Una gran molécula en donde los átomos de hidrógeno y oxígeno se enlazan entre sí, de modo que hay el doble de átomos de hidrógeno que de oxígeno.

- b. Moléculas de agua enlazadas de manera que forman una estructura que deja mucho espacio vacío.

- c. Moléculas de agua que están tocándose unas a otras sin dejar ningún hueco.

- d. Moléculas de agua enlazadas entre sí formando un conglomerado que no deja espacios vacíos.

- e. Otra cosa (escríbela).