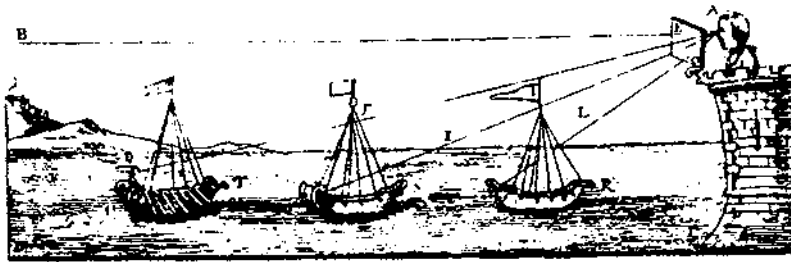


INVESTIGACION



Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

IDEAS SOBRE LOS GASES EN ALUMNOS DE 10 A 15 AÑOS

FURIO MAS, C. y HERNANDEZ PEREZ, J.
I.C.E. Universidad de Valencia.

SUMMARY

This paper shows some ideas the students have on specific perceptive aspects of gases, such as their materiality or the volume they take, together with the analysis of their answers to their internal structure.

The results found are similar to those obtained from other context. It is confirmed that students maintain an *aristotelic* vision of the substantiality of gases, though some features of the particulate theory (accepted at present as for their internal structure) equally appear.

1. INTRODUCCION

Cualquier metodología de enseñanza de las ciencias que pretenda conseguir un aprendizaje significativo debe necesariamente partir de las ideas, concepciones o pre-conceptos que el alumno posee en el momento de abordar los problemas referentes a una temática concreta. En este sentido Ausubel (1978) al tratar de las consecuencias generales para la educación, de las etapas de desarrollo mental en el niño, indica que:

«Conocer el plan que sigue el desarrollo intelectual hace factible, por primera vez, la ubicación científica de la

materia de estudio, que contrasta con la ubicación arbitraria o tradicional...»

Ahora bien, aquellas ideas o concepciones que caracterizan la estructura cognoscitiva del alumno, no se presentan de forma inconexa o compartimentada, sino que constituyen un tejido o cuerpo de conocimientos de partida con los cuales interpretan el mundo exterior (Carrascosa y Gil 1982) y al que podemos denominar paradigma conceptual discente. Así pues, la labor básica del profesor principia por conocer este paradigma con-

ceptual del alumno para entender sus posibles errores conceptuales y situar en este marco su propuesta de acción metodológica; y con mayor razón, si desea utilizar una metodología de descubrimiento guiado que sea coherente con la psicología educativa y con la metodología científica.

Puede suceder que el esquema conceptual del alumno sea compatible con los nuevos conocimientos científicos que se deseen impartir o redescubrir en la clase, en este caso, aquellas ideas podrán ser explotadas y podrán actuar como principio organizador de futuras profundizaciones. En caso contrario, una actitud positiva del profesor consistiría en valorar aquellas ideas equivocadas y presentar el conflicto cognoscitivo mediante el oportuno debate o interposición de actividades que demuestren al alumno su incoherencia conceptual (Hewson, 1981).

Cuando se inicia el estudio del comportamiento químico de la materia en el Bachillerato, es de sumo interés conocer las ideas que poseen los alumnos sobre los gases, con el fin de tener un punto de partida para la construcción del currículum de Química y, sobre todo, para el estudio de la teoría atómico-molecular de la materia. En consecuencia, en este trabajo se planteó la indagación sobre el grado de asunción de nuestra concepción actual de gas en dos vertientes. Una de ellas se refería a qué pensaban los alumnos sobre lo que era un gas y una segunda, perteneciente al mundo no perceptivo, destinada a extraer el pensamiento del alumnado sobre cómo es un gas, es decir, cuál es su estructura interna.

2. EMISION DE HIPOTESIS

El cuerpo teórico de la psicología educativa que aceptamos previamente en nuestro trabajo, es el conjunto de hipótesis emitidas por prestigiosos epistemólogos e historiadores de la ciencia (Piaget, 1975) (Holton, 1973), según las cuales se reconoce la existencia de cierto paralelismo entre el desarrollo cognoscitivo en el alumno y el modo de producción de los conocimientos científicos (Kuhn, 1970). Dentro de este contexto teórico, nuestras suposiciones parten de admitir que los alumnos de edades comprendidas entre 12 y 15 años que corresponden al período de las operaciones formales en sentido piagetiano, aún teniendo asumido un atomismo inicial lo que supone haber asimilado jerárquicamente la conservación de la sustancia, del peso y del volumen, como lo demuestran los experimentos realizados sobre todo en sólidos y líquidos, con niños ginebrinos (Piaget e Inhelder, 1971) no responden como atomistas cuando se plantean problemas similares con los gases. Más en concreto, nuestra hipótesis implica

que, desde el punto de vista perceptivo, muchos alumnos tienen la idea de los gases como algo casi inmaterial, con poca sustancialidad, etc... al igual que sucedió en la comunidad científica en la denominada prehistoria próxima de la Química como ciencia moderna (Taton, 1958) (Davy, 1976) y que, en consecuencia, los alumnos están más próximos a las ideas aristotélico-escolásticas respecto a los gases, cuanto más se aproximan en edad a la transición entre la etapa de las operaciones formales y la de las operaciones concretas (11 o 12 años).

En resumen y de forma análoga a lo que sucede con el razonamiento espontáneo de los niños respecto a la mecánica, cuyo esquema conceptual tiene una componente aristotélico-escolástica en su forma de ver el mundo, como ha sido demostrado por diferentes autores de diversos países (Viennot 1979) (Helm 1980) (Carrascosa, Gil y González 1982), así en el campo de la química y concretamente en su concepción de los gases como materia, opinamos que se puede extrapolar aquella visión al comportamiento químico de la materia. Sin embargo, esta idea casi-inmaterial de los gases no implica que no contengan aspectos del modelo cinético que corresponden a una visión científica actual de los gases.

3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el fin de comprobar la hipótesis anterior se encuestó a diferentes grupos de edades comprendidas entre 11 y 15 años como se indica a continuación.

3.1 Alumnos Encuestados

Se inició el trabajo realizando algunas encuestas y entrevistas previas a alumnos de la edad más baja (10 u 11 años) con dos objetivos. El primero de ellos consistía en ver si se obtenían respuestas inteligibles para nosotros cuando se contestaba directamente a la cuestión de la naturaleza material de un gas. Estas entrevistas nos orientaron hacia el segundo objetivo que consistía en la planificación de nuestro cuestionario de preguntas.

Antes de lanzarnos a una exploración extensiva del pensamiento escolar se pensó en un pretest inicial y para ello se eligieron como muestras de población escolar, que no pueden ser consideradas como representativas, a 10 grupos de alumnos desde 5º de EGB hasta 2º de BUP con edades promedio de 10 a 15 años, con el fin de utilizar como variable independiente la edad de aquellos.

La distribución y la cantidad de alumnos encuestados se mencionan a continuación:

Curso	5º EGB	6º EGB	7º EGB	8º EGB	1º BUP	2º BUP
Edad/Años	(10-11)	(11-12)	(12-13)	(13-14)	(14-15)	(15-16)
Número	36	34	65	60	73	70

3.2. Material suministrado

Como interesaba contrastar, por una parte, si los alumnos tenían o no una idea sustancial del gas, y por otra, analizar el modelo de gas asimilado, se pasó un conjunto de seis preguntas (tres destinadas a cómo percibían el gas y otras tres destinadas a su concepción respecto del modelo), todas ellas cerradas, de opción múltiple, incluida la respuesta «no lo sé» para evitar la aleatoriedad en las contestaciones. Las preguntas se encontrarán en el siguiente apartado.

Los objetivos específicos perseguidos en cada una de las cuestiones eran los siguientes:

Cuestión 1.- Dilucidar si concebían los gases como sustancias que pesan o por el contrario, se aceptaba la idea consistente en suponer que el gas no pesaba, con lo que se estaría, según nuestra opinión, más próximo a las ideas aristotélicas.

Cuestión 2.- Analizar si los alumnos, coherentemente con los planteamientos aristotélicos, suponen que el peso es una propiedad accidental que depende del estado físico de la sustancia, o, por el contrario, interpretan correctamente la conservación del peso en una transformación de agua en vapor, en un recinto hermético.

Cuestión 3.- Descubrir si el alumno dispone claramente de la idea que, en una vaporización, el gas obtenido ocupa todo el volumen del recipiente que contenía al líquido inicial vaporizado.

Análogamente se confeccionaron tres preguntas que cubrían sendos objetivos específicos y relativos al modelo de gas y cuyas contestaciones nos permitirían analizar:

Cuestión 4.- ¿Estructura atomista —partículas— o continua para los gases?

Cuestión 5.- Admiten los alumnos la existencia de huecos en el modelo de gas, o por el contrario, su idea se acerca más a un modelo «compacto» de partículas.

Cuestión 6.- Finalmente se trató de analizar en qué grado se aceptaba el movimiento caótico de las partículas de un gas, según nuestro modelo cinético.

3.3. Administración del cuestionario

En el momento de pasarles este pretest se encontraba presente uno de los autores del trabajo, comprobando la inexistencia de dificultades en la contestación al mismo. Este test se pasó en horas de clase ordinaria y sin previo aviso con el fin de no condicionar las respuestas, no dando tiempo límite a las contestaciones para una mayor tranquilidad del alumnado. Por otra parte, conviene indicar que los alumnos de 2º de BUP no habían iniciado el estudio de la Química, en cambio, los alumnos de 8º de EGB habían ya tratado el estudio de los gases en clase, aunque hacía bastante tiempo. Asunto este último que habrá que tener en cuenta al analizar los resultados encontrados.

4. PRESENTACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS ENCONTRADOS

A continuación se presentan las respuestas dadas por los alumnos encuestados a cada una de las preguntas, adjuntándose para una mejor visualización global un diagrama de barras en el que figuran el total de las contestaciones incorrectas (TOT.EQUI.) frente al curso de cada grupo. Junto a los porcentajes totales de contestaciones equivocadas se aporta la desviación estándar de la muestra según el tratamiento estadístico ordinario (Garret 1971), que viene dada por la expresión:

$$S = \sqrt{\frac{P(100-P)}{N}}$$

donde p indica el porcentaje total de desaciertos y N , el número de alumnos encuestados.

En la mayor parte de los casos se ha procedido también el análisis de las respuestas incorrectas mayoritarias que proporcionarán una idea de los errores más frecuentes del alumnado.

La tabla 1 recoge los resultados encontrados a la primera cuestión, mientras la fig. 1 corresponde al diagrama de barras de estos mismos resultados. De su observación se comprueba que la mayor parte de los niños de 10 y 11 años (65%) consideran que los gases no pesan, disminuyendo esta tendencia cuando se llega a la etapa de transición entre las operaciones concretas y las formales piagetianas. Sin embargo, apenas hay diferencias significativas a partir de 8º EGB. Caben aquí varias interpretaciones, entre las cuales podemos citar: o bien estos niños de edades más bajas no atribuyen apenas materialidad a los gases si consideramos que el peso es, para ellos, una medida de la cantidad de sustancia (en estas edades se confunde el peso con la masa) o bien la carencia de peso es sinónimo de ligereza relativa, en el sentido de elevarse por encima del agua, ya que van a su lugar natural según la concepción aristotélica (Gil, 1981). Para nosotros ambas interpretaciones son la misma, pues según Aristóteles (1973) las definiciones de ligereza y pesadez implican las tendencias naturales del movimiento de los cuerpos hacia los dos «extremos» contrarios respectivamente. Así pues, estas propiedades (ligereza y pesadez), siempre relativas, son potencialidades innatas en la materia de manera que «cuanto más ligero es un cuerpo más forma —más cualidad— y menos materia tiene —menos cantidad—», como puede leerse en el capítulo 4º del libro IV de la Física de aquel autor.

Esta interpretación es coherente con los resultados encontrados a la pregunta 2ª (tabla II y fig. 2), donde los niños de 10 a 11 años siguen contestando aproximadamente en el mismo porcentaje (57%) que en una transformación de líquido en gas, el primero debe pesar más que el segundo. Sin embargo, no sucede lo mismo con los alumnos de edades superiores a 12 años,

que opinan en porcentajes elevados que el líquido pesará más que el gas. Lo que sí parece concluyente es que lo que ocurre con el peso en esta transformación (vaporización) en recipiente cerrado, no está claro para la mayoría del alumnado, contrariamente a los resultados encontrados por Piaget e Inhelder (1971) al entrevistar a niños sobre la conservación del peso en el experimento de la disolución del azúcar en agua.

Mención a parte merece la interpretación de la respuesta dada por un número minoritario de alumnos —el 7%— en el sentido de considerar mayor el peso del gas que el del líquido (respuesta 2b), suponemos que piensan en la adición material que supondría la calefacción del líquido, lo que correspondería a una concepción del calor como sustancia.

Respecto a la 3ª pregunta relativa a conocer si los alumnos admiten que el gas ocupa todo el volumen del recipiente que lo contiene (tabla III y fig. 3), no se encuentran diferencias significativas entre los alumnos de diferentes edades, si bien es de destacar que la mayor parte de los alumnos errados se inclinan por la conservación del volumen —como era de esperar—, lo que unido a su concepción de que el gas no pesa (debido a que se eleva), como se ha indicado en los comentarios a las preguntas 1ª y 2ª, les lleva a contestar la respuesta 3b. En conclusión, puede anotarse que cuatro de cada diez alumnos, por término medio, no tienen claro que un gas ocupa todo el volumen del recipiente que lo contiene.

Finalmente en la tabla IV se ofrecen los resultados globales de estas tres cuestiones, habiéndose tabulado el porcentaje de alumnos por curso que se han equivocado en todas o en alguna pregunta de las planteadas, así como la desviación estándar encontrada en cada una de ellas.

En cuanto a las respuestas dadas por los alumnos a la 4ª pregunta (tabla V y fig. 4), puede observarse que la mayor parte de los alumnos se inclinan por una estructura atomista del gas, no obstante, no debe despreciarse que, por término medio, 3 de cada 10 alumnos conciben a los gases con una estructura continua. De este análisis se exceptúan los alumnos de 5º de EGB donde puede darse en hipótesis una aleatoriedad en las contestaciones. Parecen observarse anomalías en 6º y 8º de EGB, ya que sus porcentajes de equivocados son los más bajos. Ello puede explicarse, pues constatamos que en estos cursos, los profesores nos indicaron que habían tratado los gases en el currículum del curso. Esto prueba, una vez más, que a medida que transcurre el tiempo el alumnado vuelve a sus preconceptos anteriores, como se comprueba tanto en 7º de EGB como en 1º y 2º de BUP que no habían incidido en estas materias.

Tampoco se observa en la 5ª pregunta (tabla VI y fig. 5) grandes diferencias entre los alumnos de 12 y 15 años (se han exceptuado las respuestas de 5º EGB ya que

se distribuyen casi aleatoriamente), siendo mayoritaria la opción por la existencia de huecos entre las partículas del gas, no obstante hay casi un 40% de alumnos que o bien no son atomistas, en el sentido de seguir pensando en un modelo continuo para los gases (cerca de un 25%), o bien, lo son pero con la particularidad de admitir un modelo estático al igual que sugería Dalton en sus escritos (Nash, 1970). En efecto, según Nash, en un artículo manuscrito de Dalton titulado «On heat» (sobre el calor), fechado en 23 de mayo de 1806, al explicar la difusión entre gases, atribuye a cada partícula (átomo + celdilla de calórico) un tamaño diferente y en consecuencia que en un mismo volumen de gas, fuera oxígeno o nitrógeno, no debía existir el mismo número de partículas, ya que estas ocupaban todo el volumen sin posibilidad de existencia de huecos.

Los resultados encontrados sobre la aceptación o no del movimiento caótico de las partículas del gas (pregunta 6ª), se ofrecen en la tabla VII y la figura 6. Al igual que sucedía en la cuestión anterior, los alumnos se decantan claramente hacia el modelo caótico de las partículas del gas, independientemente de la edad de los mismos, pues aproximadamente siete de cada diez admiten este movimiento al azar (contestación 6c).

Finalmente en la tabla VIII se han computado los porcentajes de todas o alguna respuesta equivocadas a las tres preguntas relativas a las ideas de los alumnos sobre el modelo cinético de los gases, al igual que se hizo con las tres primeras preguntas.

5. CONCLUSIONES

Aun aceptando con cautela los resultados encontrados, dado que sería necesario ampliar la muestra de población escolar y al mismo tiempo, diseñar nuevos experimentos que intentaran verificar más rigurosamente la hipótesis emitida, se puede concluir que la mayor parte de los alumnos que inician los estudios de la Química en la enseñanza media tienen asumidas ideas divergentes sobre los gases, pues, mientras conservan raíces aristotélico-escolásticas en la concepción del gas como materia, sin embargo, tienen asimilados aspectos del modelo cinético actual de los gases, si bien aparecen también ideas estáticas sobre las partículas gaseosas. Estas preconcepciones de los alumnos son de gran interés para el profesor de Química que desea desarrollar una metodología activa de descubrimiento guiado coherente con la metodología científica, pues, entendemos que la mayor parte de los esquemas conceptuales de nuestros alumnos en Química (ideas sobre las reacciones químicas, concepto de molécula, etc...) son ignorados por el profesorado.

Este trabajo forma parte de una investigación más extensa cuyo objetivo esencial es ofrecer una aproximación a la teoría atómico-molecular para alumnos que

INVESTIGACION Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

inician los estudios de Química en el Bachillerato, por el camino que históricamente ha sido más fácil, como es el conocimiento de los gases. Ello no significa restar importancia a la segunda línea de investigación que

convergió con la química neumática a principios del siglo XIX: el estudio de las reacciones químicas entre sólidos y líquidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


- ARISTOTELES, 1973. *Obras. Física*. (Aguilar S.A., Madrid).
- AUSUBEL, D.P., 1978. *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*. (Trillas, México).
- CARRASCOSA J. y GIL D., 1982. Los errores conceptuales en la enseñanza de la Física. I Un estudio de su persistencia en *Primeras Jornadas de Investigación Didáctica de F. y Q.* Valencia.
- CARRASCOSA J., GIL D. y GONZALEZ A., 1982. Un nuevo tratamiento de los errores conceptuales en la enseñanza de la Física en *Primeras Jornadas de Investigación Didáctica de F. y Q.* Valencia.
- DAVY T., 1976, Boyle et sa loi, *L'actualité chimique*, p. 20-22.
- GARRET, H.E., 1971. *Estadística en Psicología y Educación* (Paidós, Buenos Aires).
- GIL, D., 1981. *Evolución del concepto de materia*. (ICE de la Universidad de Valencia).
- HELM, 1980. Students' conceptions of ideas in mechanics. *Phys. Educ.* Vol. 17, pp. 62-66.
- HEWSON, P.W., 1981. A conceptual change approach to learning science. *Eur. J. Sci. Educ.*, Vol. 3, pp. 383-396.
- HOLTON, G., 1973. *Thematic origins of scientific thought*. (Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass.).
- KUHN, T.S., 1971. *La estructura de las revoluciones científicas*. (Fondo de Cultura Económica, México).
- NASH, L.K., 1970. *Harvard Case Histories in experimental Science*. (Harvard Univ. Press., Cambridge, Mass.).
- PIAGET, J., 1975. *Introducción a la epistemología genética. El pensamiento físico*. (Paidós, Buenos Aires).
- PIAGET, J. y INHELDER, B., 1971. *El desarrollo de las cantidades en el niño*. (Ed. Nova Terra, Barcelona).
- TATON, R., 1958. *Histoire Générale des Sciences*, Vol. II, p. 343. (Presses Universitaires de France, Paris).
- VIENNOT, L., 1979. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *Eur. J. Sci. Educ.*, 2, p. 205-221.


INVESTIGACION Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS


TABLA III


3. Supongamos que calentamos en un cazo tapado un poco de agua hasta que se convierte toda en vapor (gas).
 ¿Cuál crees que será el volumen ocupado por el vapor?

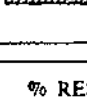
volumen del líquido



a) el mismo que el del líquido 

b) el mismo pero ocupado la parte alta 

c) todo el recipiente 

d) no lo sé 

CURSO	Nº RESP.	% RESPUESTAS					
		3a	3b	3c	3d	TOT EQUI.	s
5º	36	8.3	36.1	38.9	16.7	61.1	8.1
6º	34	2.9	58.8	35.3	2.9	64.7	8.2
7º	65	1.5	44.6	52.3	1.5	47.7	6.2
8º	60	1.7	36.7	58.3	3.3	41.7	6.4
1º	73	0	32.9	67.1	0	33.9	5.6
2º	70	0	32.9	62.9	4.2	37.1	5.8

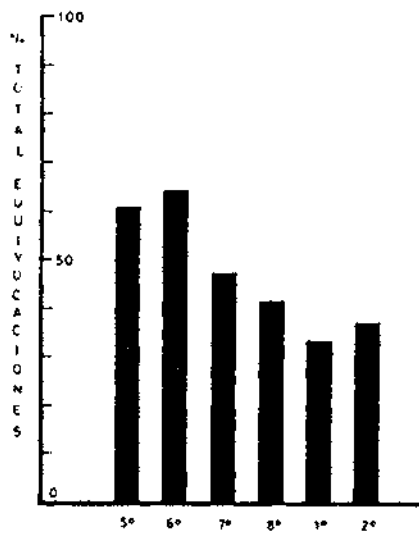


Fig. 3

TABLA IV

CURSO	Nº RESP.	% RESP. EQ.	s
5º	36	100	~
6º	34	100	—
7º	65	95.4	2.6
8º	60	81.7	5.1
1º	73	69.9	5.4
2º	70	72.9	5.3

INVESTIGACION Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

TABLA V

4. Consideras que los gases están formados por trozos continuos (como p.e. un ovillo de lana) o piensas que los gases lo forman muchos trozos pequeños (como p.e. la arena).

- a) Algo continuo
- b) Trozos pequeños
- c) No lo sé.

CURSO	N° RESP.	% RESPUESTAS					TOT EQUI.	s
		4a	4b	4c	4d			
5º	36	36.1	44.4	19.4	55.6	8.3		
6º	34	17.6	73.6	8.8	26.4	7.6		
7º	65	33.8	58.5	7.7	41.5	6.1		
8º	60	20.0	75.0	5.0	25.0	5.6		
1º	73	34.2	61.6	4.1	38.4	5.7		
2º	70	22.9	68.6	8.6	31.4	5.5		

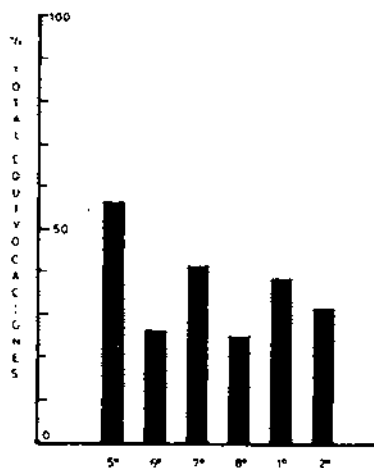


Fig. 4

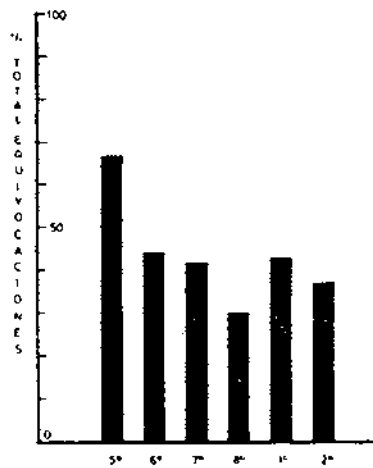
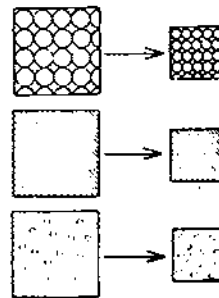


Fig. 5

TABLA VI

5. Una de las propiedades más conocidas de los gases es su compresión (que consiste en poder reducir el volumen que ocupa al presionar sobre él, como se puede comprobar con una jeringuilla).
¿Cuál de estas situaciones crees que se produce?

- a) Las partículas existentes reducen su tamaño
- b) Los gases son como esponjas (todo continuo) que al apretar se comprimen
- c) Las partículas que lo forman dejan espacios libres «huecos» que al apretar se reducen
- d) No lo sé





CURSO	N° RESP.	% RESPUESTAS				TOT EQUI.	s
		5a	5b	5c	5d		
5º	36	27.8	27.8	33.3	11.1	66.7	7.9
6º	34	17.6	26.5	55.9	0	44.1	8.5
7º	65	21.5	18.5	58.5	1.5	41.5	6.1
8º	60	13.3	8.3	70.0	8.3	30.0	5.9
1º	73	13.7	20.6	57.5	8.2	42.5	5.8
2º	70	5.7	24.3	62.9	7.1	37.1	5.8


INVESTIGACION Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

TABLA VII

6ª Tú sabes que los gases se mueven, pues en una habitación al destapar un perfume, se huele en toda ella. Ahora, ¿cómo crees que se mueven los gases?

a) como si fuera un muelle 

b) todas las partículas se mueven conjuntamente pasando cada vez por un sitio distinto de la habitación: 

c) cada partícula se mueve constantemente hacia cualquier dirección: 

d) no lo sé

CURSO	Nº RESP.	% RESPUESTAS					
		6a	6b	6c	6d	TOT. EQUI.	s
5º	36	0	33.3	63.9	2.8	36.1	8.0
6º	34	2.9	14.7	79.4	0	20.6	6.9
7º	65	4.6	13.8	78.5	3.1	21.6	5.1
8º	60	0	30.0	63.3	6.7	36.7	6.2
1º	73	0	15.1	82.2	2.7	18.8	4.6
2º	70	2.9	20.0	72.9	4.2	27.1	5.3

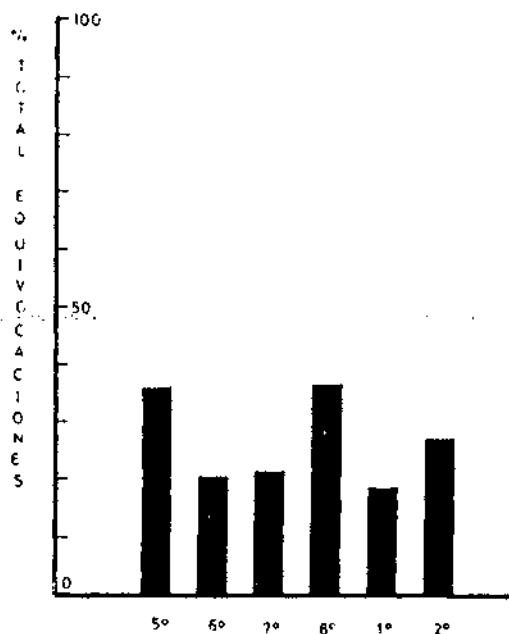


Fig. 6

TABLA VIII

CURSO	Nº RESP.	% RESP. EQ. (TOD. o ALG.) (cuest. 4ª, 5ª y 6ª)	s
5º	36	80.6	6.6
6º	34	67.6	8.0
7º	65	73.8	5.4
8º	60	63.3	6.2
1º	73	71.2	5.3
2º	70	61.4	5.8