

Estudios originales y rigurosos de interés general que involucren análisis, organización sistemática y reflexionada, explicación teórica y predicciones viables.

Análisis de las dificultades que enfrentan los alumnos en relación a la enseñanza del tema los efectos de la Presión Atmosférica*

Manuela Martín-Sánchez (1), M^aTeresa Martín-Sánchez (2) Juan Gabriel Morcillo Ortega (1), Guillermo Salgado (3) .Rafael Silva (3), y José Navarrete (4).

Abstract (Analysis of the difficulties faced by the students in relation to the teaching the subject : Effects of the atmospheric pressure)

This paper is an analysis of student's problems to understand the concept "atmospheric pressure" and its influence in different experimental processes. We present an historical study of the topic, a bibliographical revision of research relative to teaching and learning problems in the case of fluids and the results of our investigation with two groups of students one of 11 - 12 years old and other of training teachers of primary school.

1. Presentación

En este trabajo hacemos un análisis de las dificultades a las que se enfrentan los alumnos para poder explicar hechos experimentales relacionados con la presión atmosférica. Nuestra experiencia de muchos años trabajando sobre este tema con alumnos de diferentes edades, nos permite asegurar que dichas dificultades son múltiples y variadas.

El trabajo consta de una introducción en la que se demuestra la dificultad del tema partiendo de la Historia de la Ciencia, a continuación sigue un estudio bibliográfico, bastante exhaustivo, sobre investi-

gaciones anteriores relacionadas con este tema y por último se describe detalladamente la investigación realizada.

2. Introducción: dificultad del Tema

En el presente trabajo hemos intentado centrar nuestra investigación en buscar a qué se deben los problemas y dudas que surgen al intentar explicar "la influencia de la presión atmosférica y de qué manera se podrían remediar".

Siguiendo la idea de Herschbach (1993, p.391) (Premio Nóbel de Química 1986, muy interesado en contribuir a mejorar la enseñanza de la Química) "las ciencias del conocimiento demuestran que incluso los alumnos más capaces no pueden resolver problemas ligeramente diferentes que los que han hecho con anterioridad" y siempre puede ser positivo cuando a los alumnos les resulta un tema especialmente difícil, hacer un estudio de cómo se fue desarrollando históricamente a lo largo de los siglos para llegar a captar la dificultad que encierra.

Como dice McClelland (1984) el desarrollo histórico de las ideas no se reproduce en los individuos pero puede servir como referente de la dificultad del tema y de los principales escollos. Saltiel y Viennot (1985 a, y b) en una investigación con alumnos de primer curso de universidad, llegaron a la conclusión de que el desarrollo histórico y el aprendizaje se asemejaban en la lentitud de ambos procesos. El paralelismo entre el aprendizaje y el desarrollo histórico es únicamente parcial, por otra parte es lógico, puesto que el contexto cultural es diferente. La Historia es un antídoto contra la idea generalizada de que las ciencias son una cosa simple e impersonal que se derivan de unas ideas claras.

1) Facultad de Educación, Universidad Complutense 28040 Madrid, España.

Correos electrónicos: mmartins@edu.ucm.es y morcillo@edu.ucm.es

2) IES Fernando de Rojas, Colombia 46, 37003 Salamanca (España) Correo electrónico: mtmartin@usuarios.retecal.es

3) Facultad de Educación. Universidad Finis Terrae. Santiago de Chile. Correo electrónico: salgado@interaccess.cl

4) Ciencias Básicas, Universidad Santo Tomás. Santiago de Chile. Correo electrónico: jnavarrete@ust.cl

* Recibido: 2 de abril de 2004 Aceptado: 2 de julio de 2004

Herschbach (1993) propone comenzar el estudio de los gases discutiendo, cómo Aristóteles y Galileo fueron "desafiados" por la bomba aspirante. Aristóteles la explicaba diciendo que la naturaleza tenía "horror al vacío", pero no supo explicar por qué el agua no subía cuando la profundidad sobrepasaba un valor determinado. Casi dos mil años más tarde se vuelve a plantear el problema y Galileo da como solución, también incorrecta, que "una columna tan alta se rompe por su propio peso".

Repasando la historia (Martín Sánchez, 2002) nos encontramos en 1630 a Baliani que sugiere que podría deberse al peso del aire. Pero fue Torricelli, uno de los alumnos de Galileo, quien, en 1644, encontró la explicación correcta al decir que vivíamos en un mar de aire y el problema de la bomba de agua era un problema geometrizable, se trataba de un equilibrio estático entre las presiones del agua y del aire. Así en una carta, del 11 de Junio de 1644, explica el experimento relacionado con el vacío, que no es ni más ni menos que el barómetro, al que él llamó baroscopio porque le permitía medir el peso del aire, que, por otra parte, era unas veces más pesado que otras. Años más tarde Pascal, a sugerencia de Descartes, completó el descubrimiento de Torricelli comprobando cómo la altura del mercurio en el baroscopio disminuye cuando se va subiendo a una montaña y aumenta cuando desciende, aunque a causa de su delicada salud, el experimento diseñado por él, fue llevado a cabo por su cuñado Périer. De esta forma quedó demostrado que la altura a que se mantiene el mercurio se debe a la acción del aire.

Aparecen nuevos problemas y dificultades en la interpretación que se centran en el "vacío" del tubo de Torricelli y como consecuencia de ello surge una lucha encarnizada sobre la posibilidad de la existencia de vacío capitaneada por el Padre Noël contra Pascal. En los experimentos y discusiones Pascal cuenta con el gran apoyo de Boyle.

En este clima, es fácil de explicar que surja la máquina de vacío de la mano de Güericke, perfeccionada por Hooke y Boyle y que, en los distintos trabajos que hace con relación al vacío, Boyle en 1661 descubra la ley de los gases: "las presiones y expansiones son inversamente proporcionales" y a partir de aquí intente explicar a qué se debe la elasticidad del aire. Estas teorías, como es fácil suponer, tuvieron muchos opositores entre los científicos de la época,

como por ejemplo Thomas Hobbes, pero también contaron con defensores como Descartes que dice "el aire no es más que un conjunto de partículas pequeñas y la mayor parte de ellas flexibles..." y por agitación sin descanso de esta celestial materia, mientras aquellas partículas nadan o se desplazan girando alrededor, estos corpúsculos se golpean unos a otros como si fueran pequeñas esferas... su poder elástico no depende de su forma ni de su estructura, depende de la vehemente agitación y del movimiento vibratorio, que reciben del éter, fluido que velozmente fluye entre ellas..". Boyle explicaba la elasticidad del aire suponiendo que estaba formado por pequeños muelles que no se deterioraban por mucho que se comprimieran o expandieran por acción del calor.

Ante lo expuesto es lógico pensar que si el tema fue de tan difícil solución a lo largo de la historia y su explicación llevó más de dos mil años, también resulte difícil de comprender por los alumnos cuando se enfrentan a él.

Por otra parte, como advierte Chi (1994): el aprendizaje del tema de los gases, y en especial del aire, conlleva un cambio conceptual radical que requiere que los alumnos empleen distintas categorías ontológicas. En lo concerniente al aire el problema se plantea porque según las teorías intuitivas basadas en la investigación de cada día pertenece a la categoría de materia, pero el aire tiene características de entidad no material: no se puede ver, no tiene forma definida... mientras que entre las propiedades de la materia se encuentran el que tiene peso, ocupa lugar, etc. A nosotros como educadores nos interesa verificar cómo cambian las ideas previas de los alumnos en la construcción del conocimiento, una vez que han realizado los experimentos.

3. Estudio de trabajos de investigación relacionados con el tema de los gases

Relacionados con el tema de los gases existen numerosos trabajos de investigación en la bibliografía cuyo objetivo fundamental es buscar qué entienden los alumnos sobre los "gases". Estos trabajos los podríamos clasificar en dos apartados, por una parte, los que se refieren fundamentalmente a si los alumnos se dan cuenta de que los gases son materia, por tanto tienen masa, peso y ocupan espacio y por otra, los relativos a que los gases ejercen presión, sin olvidar que en algunos de ellos se abordan los dos aspectos

tos.

La metodología seguida, en todos los casos, ha consistido en plantear experimentos sencillos o discutir hechos conocidos por los alumnos para comprobar mediante un test o una entrevista cuáles son sus ideas sobre este tema.

Entre los hechos planteados los más frecuentes son:

- ¿Hay aire en una botella vacía, en una botella llena de aceite, en los orificios del queso Gruyere...?
- ¿Tiene peso el aire?
- ¿Qué sucede al desplazar el émbolo de una jeringuilla con el extremo taponado.
- Por qué no se vierte el agua de un vaso cuando se vuelca colocando un papel sobre la superficie libre y apoyando con la palma de la mano mientras se invierte.
- Por qué se aplasta una lata metálica de refresco cuando se hierve en ella agua y se vuelca sobre agua fría.
- Por qué sube un refresco cuando succionamos por una paja.
- Por qué no sube si el recipiente está lleno de líquido y la paja está ajustada en el orificio de un tapón que cierra herméticamente, o con un bloque de plastilina.
- ¿Qué sucede al echar agua en una botella a través

de un embudo que está perfectamente ajustado a la boca de la botella mediante un tapón o un bloque de plastilina.

- Por qué se pega una ventosa.
- Por qué es difícil levantar una taza que se lavó con agua caliente y se colocó invertida sobre una bayeta.
- ¿Se puede transportar aire de un sitio a otro lo mismo que se transporta el agua?
- ¿Se puede calentar el aire ¿ ¿ Conserva la masa al calentarlo?
- ¿Qué sucede al calentar un matraz que tiene un globo ajustado en la boca?

La mayoría de los trabajos se han realizado con alumnos entre 11 y 16 años, es decir, los últimos cursos de primaria y la escuela secundaria, también hay alguna investigación con profesores de primaria o de secundaria, y una sobre cómo se trata el tema en los libros de texto.

Aunque es muy difícil hacer una clasificación de los trabajos encontrados en la bibliografía porque todos se refieren prácticamente a los mismos temas y utilizan la misma metodología, los vamos a clasificar atendiendo fundamentalmente al nivel de los alumnos y al aspecto del tema sobre el que más inciden, por eso los agrupamos en:

•3.1 Trabajos con alumnos de 9 a 16 años relacionados con las características del aire.

Investigadores	Año	muestra
Moorfot	1983	Alumnos 11-12
Seré	1982	Alumnos 12-13
Seré	1986	Alumnos 11
Seré	1992	Alumnos 11-16
Furió y Hernández	1983	Alumnos 12-16
Furió y Hernández	1987	Alumnos 12-16
Engel Glough y Driver	1985	Alumnos 12-16
Engel Glough y Driver	1987	Alumnos 12-16
Stavy	1988	Alumnos 9-15
Benloch y Pozo	1996	Alumnos 10-15
Anderson y Bach	1996	Alumnos 15

•3.2 Trabajos incluyendo el concepto y fórmulas de la presión.

Investigadores	Año	Muestra
Shayer	1978	Alumnos 11-14
Kariotoglou y Psillos	1990	Libros de texto
Kariotoglou y Psillos	1993	Alumnos 13-14

•3.3 Trabajos relacionados con la teoría cinético-molecular.

Investigadores	Año	Muestra
Novick y Nussbaum	1978	Alumnos 14-15
Furió y Hernández	1983	Alumnos 10-15
Seré	1982	Alumnos 12-13
Seré	1986	Alumnos 11
Renstrom, Andersson y Marton	1990	Alumnos 13-16
Llorens	1991	Alumnos 11-14
Stavy	1996	Alumnos 9-15
Benlloch y Pozo	1996	Alumnos 10-15
Benson, Wittrock y Baur	1993	Alumnos 7-20

•3.4.Trabajos que utilizan modelos informáticos o mecánicos.

Investigadores	Año	Muestra
Méheut	1998	Alumnos 14-16
Benson, Lega y Viennot	2000	Alumnos 15-18
Benson, Lega y Viennot	2002	Alumnos 15-16

•3.5.Trabajos con profesores, en formación o en ejercicio, y con alumnos universitarios.

Investigadores	Año	Muestra
Kariotoglou y Psillos	1999	Estudiantes de profesorado primaria
Kariotoglou	2002	Estudiantes de profesorado primaria
Rollnick	1990	Estudiantes de profesorado primaria
Rollnick	1993	Estudiantes de profesorado primaria
Lin	2000	Alumnos universitarios y profesores de secundaria

Resumen de las ideas más frecuentes que se deducen de estas investigaciones

Como resumen final de todos estos trabajos indicaremos que las ideas más frecuentes de los alumnos son:

- El aire carece de las propiedades características de la materia como tener masa, ocupar espacio, etc. ((Seré 1986, 1992), (Morfoot 1983), (Stavy 1988), Rollnick, 1990, 1993), (Furió y Hernández, 1983, 1987)).
- El vacío succiona y hace desplazarse a los fluidos sin necesidad de la presión atmosférica (Shayer, 1978; Engel Clough y Driver, 1985, 1987; Kariotoglou, Psillos, y Vallasiades, 1990; Seré 1992).
- El aire solo ejerce presión si está en movimiento

(Seré 1982, 1986, 1992).

- No entiende la teoría cinético molecular, porque se trata de un modelo más racional que empírico, más de pensar que de observar (Stavy, 1988; Rollnick, 1990, 1993; Benson, Witrock y Baur 1993), incluso habiendo trabajado utilizando simulaciones de ordenador con este tipo de modelos (Meheut, 1998).
- El aire al calentarlo se aleja del foco calorífico desplazándose a la zona más alejada del foco, como si huyera del fuego ((Seré, 1986), (Linn, 2000), (Benlloch y Pozo, 1996)) y pierde peso (Meheut, 1998).
- No entienden el concepto de presión como una magnitud característica de un punto de un fluido

y confunden presión con la fuerza ejercida sobre una superficie (Kariotoglou, Psillos y Vallasiades 1990, Kariotoglou, Psillos 1993).

- El aire no puede ejercer fuerzas (Seré 1982, 1986).
- El concepto de presión está mal explicado, de una forma más bien confusa en los libros de texto de Física General (Kariotoglou y Psillos, 1990).
- Los conocimientos de los alumnos sobre estos temas mejoran poco con la edad de los alumnos pero algunos errores se mantienen incluso hasta en profesores de secundaria (Engel Clough y Driver, 1985; Linn y Lawrenz, 2000).
- Unen vacío con ausencia de gravedad (Ruggiero, 1985).
- Tienen dificultad para interpretar los experimentos cuando deben de hacerlo utilizando las leyes de los gases, sobre todo si es la ley de Boyle (Rollnick, 1990; Linn 2000), sin embargo le resulta más fácil interpretar cuando cambia la temperatura Ley de Gay Lussac (Linn, 2000).
- Las contestaciones a las preguntas pueden variar según el contexto en el que se hagan (Engel Clough, Driver y Wood-Robinson, 1987).
- Es casi imposible que los alumnos conozcan un tema si previamente no se les ha explicado (Engel Clough y Driver, 1985); Anderson, 1996; Kariotoglou y Psillos, 1993).

4. Nuestra investigación

4.1 Introducción

Desde que comenzamos nuestra actividad docente, hemos intentado conocer los distintos métodos, medios, técnicas... de enseñanza para tener un bagaje suficiente del que poder echar mano en cada momento según los alumnos, el tema y todas las demás circunstancias que rodean el proceso enseñanza-aprendizaje y convencidos de que no hay ninguno que sea la panacea (Martín, 2000; Martín y Martín, 1986) porque como decía Bent (1975, p.449) utilizando una terminología de Química *"en enseñanza por cada equivalente ganado, utilizando una metodología determinada, existe un equivalente perdido"*. No basta enseñar es necesario enseñar como aprender.

Compartiendo todas las opiniones anteriores y convencidos que la solución no está en una metodología concreta, como se ha demostrado hasta la saciedad, y que no existe una regla mágica para el cambio con-

ceptual (Gil y Carrascosa, 1985, Gil 1993), una de las formas de trabajar en nuestra enseñanza ha consistido en buscar experimentos sencillos o hechos de la vida cotidiana que sirvieran para hacer pensar a los alumnos para que pudieran entender y recordar mejor lo que pretendíamos enseñarles. Lo mismo que nos demuestra la Historia de la Ciencia que partiendo de hechos concretos se ha llegado a las teorías, en la enseñanza, puede ser bueno, partir de hechos concretos, demostraciones imaginativas y moverse lentamente para conseguir el aprendizaje. Como dice Nussbaum (1989, p.537) *"mi experiencia sugiere que si un problema considerando un fenómeno natural se plantea de forma estimulante, y se sigue de una discusión de las creencias de los alumnos en un debate abierto, incluso los niños y los considerados con menores posibilidades intelectuales demuestran un entusiasmo genuino y una buena capacidad de razonar"*.

Durante muchos cursos y a veces con varios grupos de diferentes niveles hemos intentado que mejoraran los conocimientos de los alumnos sobre "El aire: sus propiedades, su composición, sus efectos, etc." porque considerábamos que los conocimientos sobre ese tema debían de formar parte de los de cualquier futuro ciudadano independiente de su profesión. Esto nos ha llevado a reflexionar sobre el tema y a leer todo lo que aparecía en la bibliografía a nuestro alcance. Nos ha llamado la atención que no sólo las propiedades y características del aire resultan difíciles y presentan una gran complejidad para su aprendizaje, hasta conocer la composición del aire, que es aprender el nombre de unos componentes, resulta muy problemático. Es curioso que para la mayoría de los alumnos, incluso de magisterio con bachiller de ciencias, uno de los componentes fundamentales del aire es el hidrógeno, suponemos que sólo es un problema cacofónico y que se confunden con nitrógeno. Dada la complejidad del problema y teniendo en cuenta lo difícil que resulta después de haber comprobado durante varios cursos y con alumnos de niveles muy diferentes: primaria, secundaria, bachillerato y alumnos de magisterio que les resultaba muy difícil interpretar hechos experimentales relacionados con la presión atmosférica, situación que queda también de manifiesto en las investigaciones que aparecen en la bibliografía, como hemos visto en el apartado 3 de este trabajo, nuestra investigación ha consistido en averiguar si estas dificultades seguían

existiendo después de trabajar en clase sobre este tema. Por eso, lo mismo que Anderson y Bach (1996), comenzaremos por explicar el tema y en la investigación nos centraremos en buscar la capacidad de los alumnos para pensar en la influencia de la presión atmosférica en determinados hechos experimentales.

4.2 Hipótesis

Nuestra hipótesis ha sido:

"Después de explicar la atmósfera y la presión atmosférica y, una vez que se ha estudiado detalladamente el tema, mediante distintos métodos y técnicas, los alumnos deben ser capaces de explicar hechos experimentales sencillos en los que influye la presión atmosférica. En cualquier caso, la capacidad para interpretar estos hechos debería mejorar sensiblemente con la edad y con el nivel de formación de los alumnos."

4.3 Metodología

Para hacer esta investigación hemos seleccionado 2 grupos de alumnos de distintos niveles, en todos ellos hemos comenzado explicando el tema siguiendo una metodología que nos parecía adecuada a la edad y a los conocimientos de los alumnos.

Las ideas sobre las que hemos insistido en las sesiones de trabajo en todos los grupos, tienen por finalidad que los alumnos guiados por el profesor construyan conocimiento en relación a que:

- El aire existe.
- Una capa de aire envuelve la tierra y se llama atmósfera.
- El aire ejerce una presión.
- La presión del aire sobre una superficie supone una fuerza.

En estas sesiones hemos tenido en cuenta los resultados de las investigaciones del apartado 3, fundamentalmente los trabajos de Seré (1986), Kariotoglou y Psillos, (1990, 1993), Kariotoglou y Psillos (1999) y Anderson y Bach (1996).

Los grupos con los que se ha realizado la investigación han sido:

1. 42 alumnos de 6º de enseñanza básica (11-12 años de edad).
2. 59 alumnos de segundo año de pedagogía en educación básica (18-20 años de edad).

4.4.1 Alumnos de sexto de enseñanza básica, (11-12 años de edad)

Con los alumnos de sexto de enseñanza básica después de trabajar con ellos sobre las cuatro ideas básicas que indicamos con anterioridad, hacíamos una serie de actividades experimentales sencillas que se interpretaba a nivel de gran grupo, siguiendo, en parte, el método socrático, y de las que cada alumno debía de entregarnos un informe escrito en el que constaba.

- *Qué hacíamos.*
- *Qué sucedía.*
- *Por qué sucedía.*

La primera actividad experimental fue verter agua a través de un embudo que estaba ajustado, mediante un tapón horadado, a la boca de un matraz. Ante la evidencia de los borbotones que se producían y después de nuestra insistencia sobre la idea de que el aire ocupaba un espacio, prácticamente el cien por cien de los alumnos explicaron que el agua entraba de forma intermitente porque tenía que dejar salir el aire, sin embargo ninguno fue capaz de explicar por qué llega un momento en el que, a pesar de que existe un espacio en el matraz, que todavía no tiene agua, al añadir más agua al embudo ya no entra en el matraz. Aunque la mayoría tenían problemas de expresión para describir de forma detallada lo que habíamos hecho y qué había sucedido, todos terminaban con una expresión más o menos como la siguiente "*vimos que el agua no entraba bien porque tenía que salir el aire*".

La segunda actividad fue invertir un vaso lleno de agua, tapado con un papel, para que comprobaran que el agua no se vertía y como la explicación ya no era tan evidente, pues la presencia del aire no quedaba patente de ninguna forma visual, fue necesario insistir en que habíamos dicho que el aire tenía presión y al actuar sobre la superficie del agua del vaso ejercía una fuerza que compensaba la fuerza debida al peso.

Después de haber comentado con los alumnos por qué no se vertía el agua, en sus informes escritos sólo el cuarenta por ciento indicaban que el agua no se caía porque el aire ejercía presión y la sostenía, el resto se limitaban a indicar lo que sucedía pero sin explicar por qué.

Comenzamos la segunda sesión, con los 42 alumnos,

repasando las ideas de la primera sesión, los experimentos que habíamos hecho y lo que sucedía y, a continuación, hicimos el siguiente experimento: "hervir agua en una lata metálica de las que se utilizan para aceite de coche de 5 L de capacidad, retirarla del fuego cuando salía bastante vapor de agua, cerrarla herméticamente y dejarla enfriar".

Estos alumnos habían trabajado previamente el tema de "cambios de estado".

Los alumnos debían de contestar, de forma individual, las preguntas que incluimos a continuación.

Las preguntas están redactadas teniendo en cuenta los fallos que habíamos comprobado que tenían los alumnos para interpretar este experimento en cursos anteriores. Como la mayoría prescindían de la existencia de aire en el interior de la lata en la primera les preguntamos si había algo más que agua en la lata y en preguntas sucesivas les insistimos sobre el con-

tenido o la influencia del exterior.

1. *¿Qué había en el interior de la lata cuando la pusimos al fuego?. Dijimos que era una lata vacía y limpia en la que echábamos un poco de agua? ¿Crees que había algo más?.*
2. *¿Se produjo alguna variación en el contenido según estábamos calentando? ¿salió o entró algo?.*
3. *¿Qué quedó dentro de la lata cuando pusimos el tapón?.*
4. *¿ Se produjo alguna variación en el contenido de la lata cuando se fue enfriando?.*
5. *En que se aplastara ¿influyó sólo lo que había en el interior o influyó también algo exterior?. En cualquier caso explica qué fue lo que la aplastó.*

Las contestaciones que obtuvimos fueron las siguientes:

Pregunta 1

Contenido de la lata	Nº de alumnos	Porcentaje
Aire y agua	34	80,9
Gas	1	2,4
Vapor	4	9,5
Agua	2	4,8
Restos de aceite	1	2,4

Esta contestación había supuesto una mejora notable en relación a los resultados obtenidos otras veces que habíamos hecho el experimento, ya que al preguntar qué había en la lata antes de calentar prácticamente todos contestaban agua, por tanto podemos considerar que las enseñanzas habían servido para que tuvieran en cuenta la existencia del aire.

Pregunta 2

Qué salió o entró en la lata	Nº de alumnos	Porcentaje
Salió vapor	26	62,0
Salió aire	8	19,0
Salió gas	1	2,4
Salió vapor y entró aire	1	2,4
El agua se evaporaba y salía en forma de aire	1	2,4
No entra ni sale nada porque se produjo una vaporización	1	2,4
Sin indicar	2	4,8

La contestación mayoritaria coincide con lo que los alumnos pueden observar, en el experimento se puede ver perfectamente que sale vapor de agua. Sin embargo ningún alumno se dió cuenta de que el vapor al salir arrastraría, al menos en parte, el aire.

Por otra parte, queda patente en la contestación "el agua se evaporaba y salía en forma de aire" lo que ya se había visto en investigaciones anteriores que con frecuencia todos los gases y vapores para los niños son "aire" (Seré 1992, Stavy, 1988)

Pregunta 3

Qué quedó dentro al tajarla	Nº de alumnos	Porcentaje
Vapor	10	23,8
Vapor + agua	11	26,2
Vapor + aire	1	2,4
Agua + aire	2	4,8
Agua	6	14,3
Aire	6	14,3
Vacio	1	2,4
Agua y vacio	2	4,8
Aire y gas	1	2,4
Gas	1	2,4
En blanco	1	2,4

El hecho de que la contestación correcta sea más compleja y que en ella no intervenga nada que sea observable a simple vista hace que las opiniones sean más variadas. Por otra parte, el contenido dependería del tiempo que dejáramos hervir ya que se pudo evaporar todo el agua líquida o quedar parte en estado líquido, el vapor de agua al salir pudo arrastrar solo parte del aire, con lo cual quedaría aire dentro etc. En cualquier caso podríamos considerar aceptables las cinco primeras contestaciones lo que supone un 71,5%, porque al decir agua se pueden referir a agua líquida o vapor de agua o a ambos, aunque de las contestaciones parece deducirse que cuando utilizan la palabra agua se están refiriendo al agua en estado líquido y cuando utilizan vapor se refieren a agua en estado gaseoso.

Pregunta 4

Variación en el contenido	Nº de alumnos	Porcentaje
El vapor se condensó	10	23,8
El gas se comprimió y se hizo el vacio	1	2,4
El gas se comprimió y aplastó la lata	1	2,4
El aire se contrajo	1	2,4
El agua se convirtió en vapor	1	2,4
Se produjo una implosión	4	9,5
Se dobló la lata	8	19,0
Se destrozó la lata	1	2,4
Volvió a su estado normal	1	2,4
Iba cogiendo su forma	1	2,4
Dicen sí cambió el contenido, pero no explican en qué consistió el cambio	4	9,5
Dicen que no cambió el contenido y no explican por qué	8	19,0
En blanco	1	2,4

Como sucede en la pregunta anterior las contestaciones son mucho más variadas y de ellas se deduce que algunos alumnos no han leído bien la pregunta, puesto que ella no era qué ha sucedido, sino sí ha variado el

contenido, aunque sólo son aceptables las dos primeras contestaciones lo que supondría un 26,2% de aciertos, las dos siguientes entrarían dentro de la lógica de estos alumnos que para ellos todos los gases y vapores son aire. Las restantes contestaciones indican que no han leído o no han entendido bien la pregunta.

Pregunta 5

Qué aplastó la lata	Nº de alumnos	Porcentaje
Influye la presión del aire exterior	20	47,6
Lo que había en el interior sin especificar qué	8	19,0
El aire del interior	1	2,4
La energía calorífica de la llama	4	9,5
Contestan "no" sin más explicaciones	4	9,5
La dejan en blanco	3	7,1
No había aire en el exterior	1	2,4
El gas	1	2,4

El porcentaje de aciertos del 47,6 es muy superior al que obteníamos en otros cursos.

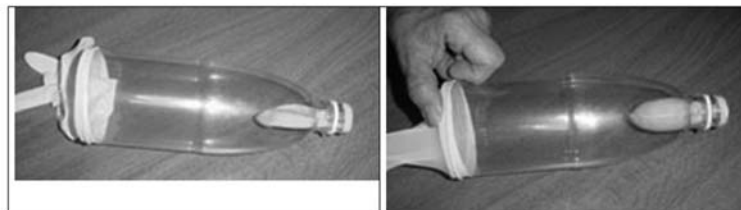
La conclusión final del trabajo con este grupo de alumnos es que la explicación previa del tema y los dos hechos experimentales elegidos eran adecuados para conseguir que estos alumnos se dieran cuenta de que existía aire y que el aire ejercía una presión. Que los alumnos se han dado cuenta de que en la lata había aire queda patente en el número de contestaciones correctas a la primera pregunta y además un porcentaje bastante alto se ha dado cuenta que la lata se aplastó por acción de la atmósfera exterior, según se deduce de las contestaciones a la pregunta 5.

4.4.2 Alumnos de segundo año de pedagogía en educación básica (18-20 años de edad)

Durante tres sesiones de hora y media hemos trabajado con todo el grupo el tema del "Aire: sus características y aplicaciones". Además de comentar y repasar los contenidos teóricos insistiendo en el experimento de Torricelli, la medida de la presión atmosférica, la ley de Boyle y la teoría cinético molecular los alumnos han trabajado experimentalmente los siguientes hechos:

- *Verter agua en un matraz a través de un embudo que estaba ajustado a la boca con un tapón de goma.*
- *Desplazar el émbolo de un jeringuilla con el extremo tapado y el émbolo en distintas posiciones.*
- *Invertir un vaso lleno de agua, sobre el que se ha colocado un trozo de papel, y comprobar que el agua no se vierte.*
- *A una botella de plástico se le ha recortado la base y en ella se ha introducido un globo, sujetándolo en la boca de la botella, como base se ha colocado un guante elástico, la actividad consiste en desplazar el guante hacia fuera y hacia dentro para comprobar qué sucede con el globo.*

Botella + globo + guante



De todos estos hechos cada alumno, de forma individual, ha entregado por escrito su interpretación y al día siguiente se ha discutido a nivel de gran grupo que interpretaciones eran aceptables, cuáles no y por qué.

Por último, se ha hecho el experimento de hervir agua en una lata de refresco, e introducirla invertida en agua fría y se les han entregado las siguientes preguntas para que contesten por escrito:

1. *¿Qué había dentro de la lata cuando la pusimos al fuego?. Dijimos que era una lata vacía en la que echábamos un poco de agua ¿crees que había algo más?. Haz un dibujo en el que representes la lata con su contenido antes de calentar.*
2. *Mientras estábamos calentado ¿se produjo alguna variación en su contenido?. ¿Cómo la representarías ahora?.*
3. *¿Qué sucedió con lo que había dentro de la lata al volcarla en el agua?. Aunque fue muy rápido cómo la representarías después de volcarla y justo en el instante anterior a que se aplastara.*
4. *¿Ha intervenido algún agente externo para que la lata quedara así o se debe solo a la propia lata o a lo que quedaba en su interior?. Razona la respuesta.*

Las contestaciones obtenidas fueron las siguientes:

Primera pregunta

a) Contestación

Contenido cuando la pusimos al fuego	Nº de alumnos	Porcentaje
Agua y aire	37	62,7
Agua	22	37,2

b) Esquema

Dibujo	Nº de alumnos	Porcentaje
Sólo representan el agua con líneas horizontales	27	45,7
Escriben las palabras agua y aire	16	27,1
Agua con líneas y aire con puntos	8	13,5
Dibujan la lata vacía	6	10,1
Otros	2	3,3

Para alumnos de este nivel y teniendo en cuenta que llevábamos varias sesiones trabajando el tema del aire nos parece excesivamente pequeño el número de alumnos que lo tienen en cuenta al hablar del contenido de la lata.

Las representaciones, teniendo en cuenta que son futuros maestros, nos parecen excesivamente simples. Además todos ellos habían trabajado el curso anterior el tema de "cambios de estado" basándose en la teoría cinético molecular.

Segunda pregunta

a) Contestación

Cambios en el contenido al calentar	Nº de alumnos	Porcentaje
Parte del agua pasó a vapor o gas	42	71,2
Parte del agua pasó a vapor y el aire salió	5	8,5
El agua hierve y aumenta el volumen	3	5,1
Quedan dentro aire + agua + vapor	4	6,8
Otros	5	8,5

El número de contestaciones que hablan de vapor de agua es mayor que los que citaban el aire en la pregunta anterior, suponemos que se debe a que mientras el aire no se podía ver en ese momento si se podía comprobar que estaba saliendo vapor.

En el apartado otros hay contestaciones tan llamativas como que el agua pasa a sólido, contestación que nos hemos encontrado en grupos de otros niveles y que confirma que algunos no se saben los nombres de los estados de la materia.

Esquemas

Dibujo del contenido al calentar	Nº de alumnos	Porcentaje
Agua con líneas horizontales y vapor con líneas verticales saliendo	28	47,4
Sólo agua	6	10,2
Sin esquema	6	10,2
Sólo vapor	7	11,8
Agua + aire(escribe la palabras)	5	8,5
Agua + aire + vapor (palabras)	6	10,2
Otros	1	1,6

Ninguno tiene en cuenta la teoría cinético molecular.

Tercera pregunta

Qué sale y qué queda al volcar la lata	Nº de alumnos	Porcentaje
Sale agua	21	35,6
No sale nada	5	8,5
Sale el contenido sin especificar cuál es	6	10,2
Se hace un agujero en la parte inferior	4	6,7
Aumenta la presión en la lata	6	10,2
Se comprime	8	13,5
Sale agua + aire	2	3,2
Otros	7	11,8

Solamente hacen la representación 10 alumnos y lo único que dibujan es la lata aplastada. Es evidente que al sacar la lata invertida de dentro del agua del cristalizador se comprueba que cae una cantidad de agua mucho mayor que la que habíamos puesto inicialmente, ya que al descender la presión en el interior entra agua empujada por una fuerza debida a la presión atmosférica. Por eso se puede explicar que un 35,6 % indican que sale agua, aunque posiblemente ninguno piense en lo que realmente ha ocurrido ni se hayan dado cuenta de a qué se debe que salga tanta agua. Quizás la pregunta se debería de plantear de otra forma y es difícil de desligar los fenómenos para que se den cuenta que en el interior de la lata se ha producido un descenso de presión y que se podría considerar que se ha quedado prácticamente vacía. Las otras contestaciones demuestran o que no se han leído la pregunta o que la capacidad de observación es mínima; sobre todo es sorprendente que cuatro alumnos digan que se hace un agujero en la parte inferior, ya que al principio les habíamos mostrado la lata abierta, la habíamos invertido para que vieran que no contenía nada y por el orificio, en su presencia, echamos el agua.

Cuarta pregunta

Ha intervenido algún agente externo	Nº de alumnos	Porcentaje
Presión atmosférica	32	54,2
Presión atmosférica y diferencia temperatura	4	6,8
Diferencia de temperatura	5	8,5
Presión atmosférica que aumenta con la temperatura	3	5,1
El agua del recipiente que tapona el agujero y no deja salir lo del interior	5	8,5
Presión atmosférica menor que la de la lata	3	5,1
Otros	7	11,8

Aunque el porcentaje de alumnos que pensó en la presión atmosférica fue superior a los porcentajes de cursos anteriores consideramos que era insuficiente.

Ante las dificultades que aún tenían para la interpretación de unos hechos, que después de todo lo que habíamos trabajado el tema, considerábamos inexplicables, y, sobre todo, teniendo en cuenta que eran profesores en formación y que todavía seguían teniendo dificultades para representar gráficamente el proceso, hicimos, dos semanas más tarde, el experimento con la lata de aceite de coche que nos parecía de interpretación más fácil porque la acción es más lenta y no interviene visiblemente ningún agente externo. Antes de hacer el experimento les dijimos que era importante que hicieran las representaciones de forma que resultaran adecuadas para explicarlo a alumnos de 6º de enseñanza básica.

El procedimiento fue el mismo que con los alumnos de sexto de enseñanza básica: " hervir agua en una lata de cinco litros hasta que saliera bastante vapor, cerrarla con el tapón y dejarla enfriar". Los alumnos debían de observar atentamente lo que sucedía y contestar las siguientes preguntas.

1. *¿Qué había en el interior de la lata cuando la pusimos al fuego?. Dijimos que era una lata vacía y limpia en la que echábamos un poco de agua? ¿Crees que había algo más?. Representala.*
2. *Se produjo alguna variación en el contenido según estábamos calentando? ¿salió o entró algo?. Representala ahora.*
3. *¿Qué quedó dentro de la lata cuando pusimos el tapón?. Haz la representación.*
4. *¿ Se produjo alguna variación en el contenido de la lata cuando se fue enfriando?. Representala.*
5. *En que se aplastara ¿influyó solo lo que había en el interior o influyó también algo exterior?. En cualquier caso explica qué fue lo que la aplastó y haz un esquema de cómo lo representarías para que lo entendieran los alumnos de 6º de enseñanza básica.*

En esta actividad sólo participaron 57 alumnos.

Primera pregunta

a) contestaciones

Contenido de la lata al comenzar	Nº de alumnos	Porcentaje
Agua y aire	54	94,7
Aceite	2	3,5
En blanco	1	1,8

b) esquemas

Representación del contenido	Nº alumnos	Porcentaje
Agua con líneas continuas y aire con puntos	50	87,7
Dibujo de la lata con el interior en blanco	5	8,8
La lata llena de puntitos iguales	1	1,7
Zona inferior en blanco y superior con puntitos	1	1,7

Las contestaciones nos permiten afirmar que los alumnos han entendido mejor el experimento o que recuerdan los errores que tuvieron en la interpretación del anterior.

Segunda pregunta

a) Contestación

Variación en el contenido	Nº alumnos	Porcentaje
Salen vapor de agua y aire	26	45,6
Sale vapor de agua	21	36,8
En la lata hay aire, agua y vapor de agua	3	5,3
Sale vapor de agua y entra aire	3	5,3
Sale aire en forma de vapor de agua	2	3,5
Dejamos que el aire hierva bastante y sale aire	1	1,7

Entre las expresiones más llamativas un alumno escribe "dejamos que el aire hierva bastante", la única explicación es que se confundió al escribir y puso aire en lugar de agua y los dos que dicen "sale aire en forma de vapor de agua." Estos últimos estarían incluidos en los que consideran que todos los gases son aire.

Todos utilizan la expresión agua para referirse al agua líquida.

Un porcentaje demasiado alto se ha olvidado de que había aire.

b) Representación

Esquemas	Nº alumnos	Porcentaje
Líneas abajo, puntitos en el resto y puntitos o líneas saliendo	37	64,9
Rayitas abajo y el resto en blanco	4	7,0
Líneas abajo y cruces el resto pero no sale nada	8	14,0
Lata con rayitas saliendo y el resto en blanco	7	12,2
Lata llena de cruces y cruces saliendo	2	3,5

Tercera pregunta

a) contestación

Qué queda dentro después de cerrarla	Nº alumnos	Porcentaje
Agua y vapor	35	61,4
Vapor de agua	8	14,0
Aire + vapor de agua	8	14,0
Agua solamente	3	5,2
Aire caliente	1	1,7
Lo deja en blanco	2	3,5

Todas las contestaciones, salvo la última, se podrían dar como buenas, porque es evidente que aire sólo no puede quedar, sería discutible si queda algo o el vapor lo arrastra todo al salir hacia afuera.

b) Representación

Esquema	Nº alumnos	Porcentaje
Líneas en la zona de abajo y puntos en el resto	32	56,1
Sólo líneas en la zona inferior	7	12,3
Sólo puntos en toda la lata	8	14,0
Mezcla homogénea de puntos y cruces	2	3,5
Otros	8	14,0

Entre las contestaciones curiosas un alumno dice que hierva el agua porque se acabó el aire, sin embargo tiene la siguiente explicación: cuando calentábamos el agua un alumno preguntó a qué se debía el ruido que se

estaba produciendo y les explicamos que el agua tenía aire disuelto, al calentar el aire era menos soluble en el agua y salía pero era como si salieran globitos que explotaban al llegar a la superficie del agua y a eso se debía ese ruido que es completamente distinto al que se producía cuando comenzaba a hervir el agua, incluso los animamos a que comprobaran este hecho en su casa calentando agua en una cazuela hasta que llegara a hervir. Es lógico que el ruido le llamara la atención ya que era muy fuerte, suponemos que se debe al material y forma de la lata que produce vibraciones. También puede influir en el ruido que hubiera quedado alguna gotita de aceite aunque intentamos lavarla bien.

Cuarta pregunta

a) Contestación

Variación en el contenido	Nº de alumnos	Porcentaje
El vapor se condensa	33	57,9
La lata se deforma	17	29,8
Otros	7	12,3

Como ha ocurrido en otros grupos un porcentaje bastante alto de alumnos no se leen la pregunta, en lugar de contestar lo qué sucede con lo que contiene la lata contestan qué le sucede a la lata.

b) Esquema

Esquema	Nº alumnos	Porcentaje
Rayas en la parte inferior	29	50,8
Vacia	11	19,3
Puntos en la zona superior y rayas en la inferior	8	14,0
No la representan	7	12,3
Otros	2	3,5

Uno dice que el vapor se hizo agua que entra dentro de la lógica ya que para ellos la palabra agua es el agua líquida.

Quinta pregunta

a) Contestación

Qué influyó para que se aplastara	Nº de alumnos	Porcentaje
Presión atmosférica + vacío	35	61,4
Presión atmosférica	13	22,8
Presión exterior y cambio de temperatura	3	5,2
Otros	6	10,5

En las expresiones que utilizan, lo mismo que ya se ha detectado en otras investigaciones, hablan del vacío como si fuera un agente a tener en cuenta ((Shayer, 1978), (Engel Clough, E., Driver, R. 1985 y 1987), (Kariotoglou, P., Psillos, D. and Vallasiades, O. 1990) , (Seré 1992)).

c) Representación

Dibujos	Nº de alumnos	Porcentaje
La lata doblada con flechas dirigidas hacia ella en todas las direcciones	23	40,3
Dibujan solamente la lata doblada	34	59,6

Como se puede comprobar, aún siendo los mismos alumnos, la interpretación ha mejorado de forma considerable, algo que es lógico porque ya se había discutido el experimento anterior y, por otra parte, en la discusión posterior, después de haber entregado la encuesta contestada, todos opinaban que este hecho era más fácil de interpretar y quedaba más evidente que lo único que podía haber intervenido era el exterior, y en el exterior, alrededor de la lata, sólo estaba el aire de la atmósfera que tenía una presión. De hecho los resultados serían concordantes con este mismo experimento realizado con alumnos de 6º de enseñanza básica, que siendo de un nivel inferior, el porcentaje de alumnos que se dieron cuenta que influía la presión atmosférica fue bastante grande.

4.4.3 Estudio comparativo

Pregunta	Porcentaje primaria	Porcentaje alumnos de pedagogía en enseñanza básica	
		Experimento 1º	Experimento 2º
Contenido: inicial aire + agua	80,9	62,7	94,7
Causa presión exterior	47,6	54,2	61,4

Como resumen haremos un estudio comparativo de los dos grupos y comparando las dos preguntas claves que serían: si pensaron que en la lata al comienzo había aire además de agua y si al final se dieron cuenta de la existencia de la presión atmosférica, podemos comprobar que no hay una gran diferencia en los resultados:

Llama la atención que el porcentaje de los alumnos de 6º de enseñanza básica que se dieron cuenta de la existencia del aire es mayor que el de los alumnos de segundo año de pedagogía en enseñanza básica, cuando se hace el primer experimento.

Con relación a pensar en la intervención de la atmósfera los porcentajes están más igualados, incluso los alumnos de pedagogía en enseñanza básica no mejoran demasiado después de hacer el segundo experimento.

4.5 Conclusiones

- La capacidad para interpretar los hechos experimentales prácticamente no mejora con la edad ni con la formación, si previamente no han trabajado en hechos similares.
- Así mismo, la posibilidad de explicar un hecho experimental de forma correcta depende no sólo de los alumnos sino también de cómo el desarrollo del experimento obliga a pensar en los factores

que intervienen.

- Para poder interpretar todos estos hechos los alumnos deben tener unos conocimientos previos relacionados con ellos. Estimamos como Hewson and Thorley (1989, p.543) que una idea o concepto para que pueda ser utilizado por los alumnos tiene que ser inteligible, creíble y fructífero. Razón por la que el conocimiento será más duradero y significativo cuando se trabaja con alumnos que ya tienen más conocimientos relacionados con el tema.

6. Bibliografía

Andersson, B. and Bach, F. (1996) Developing New Teaching Sequences in Science: "The example of Gases and their Properties" en Welford, G., Osborne, J., Scott, P. edit. *Research in Science Education in Europe*, London, Falmer Press, pp. 7-21.

Benloch, M. and Pozo, J.I. (1996) What Changes in Conceptual Change? , en Welford, G., Osborne, J., Scott, P. edit. *Research in Science Education in Europe*, London, Falmer Press, pp.200-211.

Bent, H. (1975) You can't win, *Journal of Chemical Education*, 52 (7), 448-450.

Besson, U. Lega, J. and Viennot, L. (2000) Using Anchoring Conceptions for Teaching Statics of Fluids en

- Pinto, R. and Surinach, S. *Physics Teacher Education Beyond 2000*, Edit Elsevier, pp. 281-284.
- Besson, U. Lega, J. y Viennot, L. (2002) Presión y estática de fluidos: un inicio de modelización, *Alambique*, 31, Enero, 34-46.
- Benson, D.L., Wittrock, M.C. and Baur, M. E. (1993) Students' Preconceptions of the Nature of gases, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587-597.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. and Unger, C. (1989) "An experiment is when you try and see if it works": a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge, *International Journal of Science Education*, 11(5), 514-529.
- Clement, J., Brown, D. and Zietsman, A. (1989), Not all preconceptions are misconceptions: finding "anchoring conceptions" for grounding instruction on students' intuition, *International Journal of Science Education*, 11(5), 554-565.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D. and Leeuw, N. (1994) From things to processes: A theory of Conceptual Change for learning Science Concepts, *Learning and Instruction*, 4(1), 27-43.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. and Scott, P. (1996), *Young people's images of Science*, Edit. Open University Press, Buckingham, Philadelphia.
- Engel Clough, E., Driver, R. and Wood-Robinson, C. (1987) How children's scientific ideas change over time?, *School Science Review*, 69 (247), 255-267.
- Engel Clough, E., Driver, R. (1985) What do Children Understand about Pressure in Fluids?, *Research in science and Technological Education*, 3(2), 133-144.
- Furió, C. and Hernández, J. (1987) Parallels between Adolescents' Conceptions of Gases and the History of Chemistry, *Journal of Chemical Education*, 64(7), 616-618.
- Furió, C. y Hernández, J. (1983) Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años, *Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), 83-91.
- Gil, D. and Carrascosa, J. (1985) Science learning as a conceptual and methodological change, *European Journal of Science Education*, 7(3), 231-236.
- Gil, D. (1993) Contribución de la Historia y la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo Enseñanza-Aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- Herschbach, D. (1993). Paradigms in Research and Parables in Teaching, *Journal of Chemical Education*, 70 (5), 391-392.
- Hewson, P. and Thorley, R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom, *International Journal of Science Education*, 11 (5), 541-553.
- Kariotoglou, P. and Psillos, D. (1993) Pupils' Pressure Models and their implications for Instruction, *Research in Science and Technological Education*, 11(1), 95-108.
- Kariotoglou, P., Psillos, D. and Vallasiades, O. (1990) Understanding pressure: didactical transpositions and pupils' conceptions, *Physics Education*, 25, 92-96.
- Kariotoglou, P. (2002) A Laboratory-Based Teaching Learning Sequence on Fluids: Developing Primary Student Teachers' Conceptual and Procedural Knowledge, en Psillos, D. and Niedderer, H. (2002) *Teaching and Learning in the Science Laboratory*, Edit. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 79-90.
- Johnstone, A.H. (1997) Chemistry Teaching-Science or Alchemy, *Journal of Chemical Education*, 74 (3), 262-268.
- Larson, T. and Middlecamp C. H. (2003) A companion Course in General Chemistry for pre-Education Students, *Journal of Chemical Education*, 80 (2), 165-170.
- Lin, H. Cheng, H. and Lawrenz, F. (2000). The Assessment of Students and Teachers' Understanding of Gas Laws, *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.
- Llorens, J. A. (1991) *Comenzando a aprender Química*, Edit. Visor, 105-118.
- Martín Sánchez, M. y M^a T. (1985) *Notas Experimentales, Cuadernos de Física y Química*, E. U. de Profesorado de EGB, U. de Valencia, Vol. VI, 71-74.
- Martín Sánchez, M. y M^a T. (1986) La Enseñanza de la Química, *Química e Industria*, 32 (6) 8-10.

- Martín Sánchez, M. (2000), Reflexiones sobre Enseñanza de la Química, *Educación Química*, Vol. 11, n° 1, pp.188-190.
- Martín Sánchez, M. y Martín Sánchez, M^a T. (2000) Reflexiones sobre Enseñanza de la Química a nivel elemental, *Anales de la Real Sociedad de Química*, **96** (4), 40-44.
- Martín Sánchez, M. y M^a T. (2002), *Boyle: su época, su vida y su obra*, sin publicar.
- McClelland, J. A.G. (1984) Alternative frameworks: Interpretation of evidence, *European Journal of Science Education*, **6**(1), 1-6.
- Méheut, M. (1998) Designing learning sequences about prequantitative particles model of gases: the parts played by questions and by computer-simulation, *International Journal of Science Education*, **19**(6), 647-660.
- Moorfoot, J. (1983) An alternative method of investigating pupils' understanding of physics concepts, *School Science Review*, **64** (228), 561-566.
- Novick, S. and Nussbaum, J. (1978), Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study, *Science Education* **62**(3), 273-281.
- Nussbaum, J. (1989), Classroom conceptual change: philosophical perspectives, *International Journal of Science Education*, **11**(5), 530-54.
- Preece, P. F. (1984) Intuitive Science: learned or triggered? *European Journal of Science Education*, **6**(1), 7-10.
- Psillos, D. and Kariotoglou, P. (1999). Teaching fluids: intended knowledge and students' actual conceptual evolution, *International Journal of Science Education*, **21**(1), 17-38.
- Renström, L., Andersson, B. and Marton, F. (1990) Students' Conceptions of matter, *Journal of Educational Psychology*, **82**(3), 555-569.
- Rollnick, M. and Rutherford, M. (1999) African primary school teachers- what ideas they hold on air and air pressure?, *International Journal of Science Education*, **12** (1), 101-113.
- Rollnick, M. and Rutherford, M. (1990). The use of conceptual change model and mixed language strategy for remedying misconceptions on air pressure, *International Journal of Science Education*, **15** (4), 363-381.
- Ruggiero, S., Cartelli, A., Duprè, F. Vicentini-Missoni, M. (1985). Weight, gravity and air pressure: mental representations of Italian middle school pupils, *European Journal of Science Education*, **7** (2), 181-194.
- Saltiel E. and Viennot, L. (1985, a) What do we learn from similarities between historical ideas and the spontaneous reasoning of students?, en Lijnse, P.L., Edit. *Proceedings Conference on Physics Education University Utrecht*, August 1984, 199-214.
- Saltiel, E. y Viennot, L. (1985, b) ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?, *Enseñanza de las Ciencias*, **3** (2), 137-144.
- Seré, M. (1992) El estado gaseoso en Driver, R, Guesne, E y Tiberghien, A. (1989) *Ideas Científicas en la Infancia y la adolescencia*, Morata, Madrid, 169-195.
- Seré, M. (1986). Children's conceptions the gaseous state, prior to teaching, *European Journal of Science Education*, **8**(4), 413-425.
- Seré, M. (1982). A study of some frameworks used by pupils 11 to 13 years in the interpretation of air pressure, *European Journal of Science Education*, **4**(3), 299-309.
- Shayer, M. (1978) Nuffield combined science: do the pupils understand it?, *School Science Review*, **60** (211), 210-223.
- Stavy, R (1996) Children's conceptions of states of matter, en Michellini, M. Pugliese, S. and Cobai, D. (1996) *Teaching science of condensed Matter and New Materials*, Edit. Editrice Universitaria Udinese, Italia.
- Stavy, R. (1988). Children's conceptions of gas, *International Journal of Science Education*, **10**(5), 553-560.