

PRECONCEPCIONES SOBRE EL CALOR EN 2º DE B.U.P.

GARCIA HOURCADE, J.L. y RODRIGUEZ DE AVILA, C.

Agregados de Física y Química. I.N.B. «Francisco Giner de los Ríos», Segovia.

SUMMARY

There are some ill ways of designating concepts and processes, in both the textbooks and the language we, teachers of Physics and Chemistry, commonly use in our lessons. This is an obstacle to attain our aims. Furthermore, we do not usually take into account in our educational practice, the alternative frameworks our students have, which makes our «teaching productivity» alarmingly low in the scientific field. Such situation is analysed in this report, and some suggestions for classroom practice and science teaching are offered.

1. INTRODUCCION

Cuando los fenómenos que estudia alguna parte de la Física son fenómenos directamente observables y de ocurrencia frecuente, el lenguaje vulgar, cotidiano, revela un saber socializado, fuertemente anclado en la mente de las personas, y es que ese lenguaje es producto de una actividad científica. Primitiva, sí, pero científica al fin y al cabo: consecuencia de ensayos, observaciones, hipótesis y meditaciones sobre ésta.

Lógicamente, lo primero que ocupó la especulación filosófica científica fueron los fenómenos que se dan en la naturaleza, que están próximos y suceden de modo cotidiano. Esto hace que los conceptos involucrados en el lenguaje diario no sean, en modo alguno, absurdos o disparatados, sino de «sentido común», y, por lo mismo, como decíamos más arriba, fuertemente anclados en las personas.

Si lo anterior lo reducimos a niños y adolescentes, será igualmente cierto y nos encontraremos con que «antes de que la ciencia que se le enseña ocupe lugar, los niños poseen un considerable conocimiento sobre el mundo natural y tecnológico» (R.I. Osborne y B. F. Bell. 1983).

Desde hace algunos años, los estudios de didáctica y metodología educativa en Ciencias han profundizado en el conocimiento del nivel de extensión de estos conocimientos previos, así como en su persistencia a pesar de la instrucción científica recibida.

Y a este «bagaje conceptual» se le ha denominado de distintas formas pero nosotros manejaremos la utilizada por Driver y Easley (1978) de «esquemas conceptuales alternativos».

Los estudios sobre esquemas alternativos son actualmente gran cantidad y, aunque anotemos la referencia explícita, cuando haya lugar, en las referencias finales añadiremos algunas más, hayan sido o no citadas expresamente.

Estos estudios han puesto claramente de manifiesto el amplio uso de esquemas alternativos y, lo que es más importante: a) su coherencia interna y b) su resistencia al cambio.

A continuación exponemos un análisis de estos esquemas alternativos relativos al calor así como sobre la causa de su persistencia, proponiendo finalmente líneas de actuación en vista a su superación. Las referencias a alumnos que se hacen fueron obtenidas durante el curso 83-84, dentro de un proyecto de Innovación Educativa aprobado por el Programa del M.E.C. y realizado con un curso de 2º de B.U.P. teniendo otro como grupo de control.

2. LOS ESQUEMAS ALTERNATIVOS

El método de explorar estos posibles esquemas alternativos, no podía ser un sistema individualizado de entrevistas (R. I. Osborne y J. K. Gilbert 1980-a y R. I. Osborne y J. K. Gilbert 1980-b) ya que, a pesar de su idoneidad nosotros no disponíamos de tiempo para ello, ni los resultados cuantitativos eran nuestro objetivo entonces, (el objeto del programa aprobado no era una investigación cuantitativa sobre esquemas conceptuales alternativos, sino una innovación metodológica que *los tuviera en cuenta*), así pues, se realizó una exploración de los posibles esquemas alternativos de un

modo más cualitativo, a base de cuestionarios ligeros y propuestas de explicación.

Exponemos a continuación una relación de opiniones obtenidas en estas exploraciones previas:

- «El calor se puede transmitir de unos cuerpos a otros».
- «Los neumáticos de un coche que frena, han ganado calor».
- «Todo cuerpo posee un calor».
- «Es la energía que desprenden las moléculas de los cuerpos al ponerse en movimiento».
- «La temperatura es la cantidad de energía calorífica que posee un cuerpo».
- «El frío es la falta de calor».
- «El calor se transmite a través de los cuerpos con mayor o menor velocidad según la materia del cuerpo».
- «El calor es un aumento de temperatura».
- «El calor es una de las formas en que se transforma la energía».
- «En nuestro cuerpo albergamos calor, tenemos una temperatura».
- «Los abrigos dan calor».
- «Esta olla guarda muy bien el calor».
- «Todos juntos nos damos calor».
- «Los termos son recipientes que guardan el calor o el frío».
- «Cierra la puerta que se va el calor o entra el frío».
- «Sudo porque tengo mucho calor».

La primera observación a hacerse es que la idea (la teoría) del calor que subyace a estas frases (que son «enunciados observacionales» de tal teoría) es que, dicho esquema conceptual *ya ha resistido un cambio*: el alumno de 2º de B.U.P. ha pasado por la E.G.B. y en 7º curso de E.G.B., dentro del programa de Física supuestamente se le ha puesto en contacto con la teoría correcta del calor, modelo que, como vemos no ha hecho mella alguna en él.

Pero dejemos, para más adelante, el análisis del porqué de esa persistencia y de esa tenacidad en los esquemas alternativos a ser reemplazados, que será nuestro objetivo fundamental.

El análisis de las anteriores frases revela, en principio, dos características fundamentales:

1.— El calor es «algo». Tiene categoría de sustancia. Es el nombre de una «cosa». Una sustancia que se contiene y se transmite.

Estas preconcepciones están ligadas al concepto y teoría del Calórico, evidenciando, una vez más, la equiparación entre lenguaje común y «ciencia del sentido común». También nos afirma en el paralelismo (obviamente no de un modo necesario ni mecánico) que se puede dar entre la evolución histórica de la ciencia y los modos individuales «naturales» de comprensión del mundo.

2.— Existe una confusión (casi identificación) entre calor y temperatura. En algunos casos se identifican. Tampoco aparece nítida la idea de la temperatura como medida o indicador. Y de hacerlo, sería del calor contenido en un cuerpo.

Ya tenemos, en primera instancia un «cuerpo teórico» elemental que puede explicitarse y ser asumido de *manera consciente* por los alumnos.

3. LA PERSISTENCIA DE LOS ESQUEMAS ALTERNATIVOS

Ya hemos hecho una referencia anterior a la constatación de la resistencia al cambio que parecen presentar estos esquemas conceptuales alternativos.

Ello no es extraño. Veamos posibles razones: La teoría del calórico (Holton y Roller, 1972) que parece la más cercana, (y quizás la que realmente constituye la base del lenguaje vulgar), a pesar de las experiencias de Rumford en el siglo XVIII, coexistió con la nueva teoría emergente y no fue abandonada de modo definitivo hasta bien entrado el siglo XIX.

Es decir, el cambio de un «paradigma» a otro, no se realiza de modo inmediato y determinado. Se da una lucha entre los paradigmas rivales (o programas de investigación) que finaliza con la aceptación del nuevo por la comunidad científica. (Kuhn 1979, Lakatos 1983, Lakatos 1975).

Si la posición de un individuo que aprende ciencia es análoga a la de un grupo de científicos que cambia de paradigma (N.J. Selly 1981), aquel debe tener buenas razones para abandonar un confortable esquema explicativo.

Este paralelismo entre el proceso evolutivo de la ciencia y el progreso en los conocimientos científicos por parte del alumno, ha sido propuesto como un modelo de aprendizaje por Strike y Posner (1982) y P. W. Hewson (1981) y ha tenido grandes repercusiones en la investigación didáctica, conociéndose como *cambio conceptual*.

Este modelo supone un enfoque «epistemológico» del proceso de aprendizaje, contrario a las visiones conductistas y empiristas.

Se hace así necesario que el esquema alternativo poseído por nuestros alumnos sea tenido en cuenta al desarrollar y programar los cursos y dedicar el tiempo necesario para que el alumno tome conciencia de él (R. Drives 1981 y A. Giordan 1982).

Pero no sólo eso. Este esquema debe ser explorado y extendido por el propio alumno, que solo «verá» como necesario otro esquema explicativo que dé cuenta de los fenómenos. Evidentemente la necesidad no será sentida de modo imperioso, pero en el proceso intelectual del alumno, se dará una conciencia de «fallo»

en su esquema explicativo y, en consecuencia, aparecerá una postura de apertura intelectual hacia nuevos modos explicativos.

El esquema conceptual previo por parte de los alumnos, no es algo siempre consciente en ellos. La primera labor a realizar es, pues, poner de manifiesto que existen unas ideas sobre el tema, que están contenidas en el lenguaje que utilizan y que son prácticamente comunes a todos ellos.

El alumno deberá llegar a ser consciente de cuál es el esquema conceptual que (a sabiendas o no) maneja y así explorar sus posibilidades explicativas.

Este proceso deberá llevar a la situación antes descrita en la que el alumno ve la insuficiencia del esquema conceptual que él maneja. En ese momento, nos encontramos en condiciones de sustituir (y no añadir o yuxtaponer) sus preconcepciones por la explicación de los fenómenos dada por la ciencia moderna.

Sin embargo, ni lo uno ni lo otro son actitudes que podemos decir que hoy día se llevan a cabo en nuestros centros de enseñanza. El alumno es considerado como alguien en quien la comunicación de teorías actuales, hará un efecto «revelador» consiguiendo que éste admita y asuma lo comunicado. Las preconcepciones no solo aparecen y son vistas como simples «malentendidos» o comprensiones defectuosas de la teoría correcta que se les expone.

La constatada persistencia de los esquemas alternativos, nos informa de que lejos de haber asumido la teoría moderna, el alumno la ha olvidado y (aunque a veces utilice términos de la misma) su interpretación de los fenómenos está determinada por su antigua preconcepción.

En relación al calor desconocemos estudios de esta persistencia a largo plazo, pero en mecánica, Viennot (1979) pone de manifiesto, su existencia, incluso en niveles universitarios.

La exploración y análisis del esquema conceptual previo por parte del propio alumno, constituye una actividad propiamente científica que se le impone al alumno, con lo que éste se ve obligado a actuar «científicamente».

El comentario con los alumnos de los «enunciados» por ellos emitidos acerca del calor, clarificó todavía más la idea del «calor fluido»: «un cuerpo caliente (tiene mucha temperatura, tiene mucho calor) cede calor (a veces: cede temperatura) a los cuerpos fríos (que tienen menos calor) con los que está en contacto».

Ante la cuestión: «¿Qué les pasaría a dos cuerpos puestos en contacto, si ambos están a diferente temperatura?», las respuestas oscilaron alrededor de tres posturas, admitiendo como hecho evidente que ambos «equilibran» sus temperaturas:

a) Se alcanzará una temperatura que es exactamente la intermedia.

b) Se alcanzará una temperatura que es exactamente la intermedia si las masas son iguales.

c) En todo caso, sean o no masas iguales y sean o no sustancias iguales, la temperatura intermedia será tal que la temperatura perdida por uno será igual a la ganada por el otro.

Como se ve, la identificación entre calor y temperatura gana terreno (hay que pensar, además, que la unidad «caloría» se desconoce, mientras que la de «grados» se maneja comúnmente. Se llega a enunciar «un cuerpo tiene (o gana) tantos grados de calor»).

Lo importante, en nuestra opinión, es que esta primera exploración, ya les ha hecho *precedir* comportamientos físicos. Los tres tipos de respuestas dadas, daban la posibilidad de contrastación experimental. Además, los alumnos (algunos) por sí mismos, habían visto, la necesidad de «separar variable» con lo que acabaron proponiéndose experiencias de mezclas de diferentes masas y distintas sustancias.

Esto es un comportamiento «científico» que sólo puede ser aprendido «practicándolo» y desde luego no «oyéndolo». La exploración de los esquemas conceptuales previos, necesaria en una metodología de «cambio conceptual», está asociada a la práctica de actitudes científicas por parte del alumno.

Por este camino se logró fácil y rápidamente la distinción clara entre calor y temperatura, aunque todavía podía ser interpretada ésta como la medida del calor contenido en el cuerpo.

Dos cuestiones (históricas, por lo demás) facilitaron la «crisis» del esquema conceptual alternativo:

a) Si el calor es algo contenido en los cuerpos, y se contiene menos cuanto menor sea la temperatura, ¿cómo es posible que frotando (o simplemente pisando) unos trozos de hielo, éstos se derritan (lo que supondría que ha habido un aumento de calor)?

b) Si el calor «es» de alguna manera la temperatura, ¿por qué hay hielo a 0°C y también agua líquida a 0°C? ¿cómo es posible que «calentando» hielo éste se funda sin elevar la temperatura? ¿qué ha pasado con ese «calor»?

El intento de explicación de estos fenómenos, abrió las puertas a «otra» explicación. Y surgieron otros problemas.

TEORIAS Y LENGUAJES OBSERVACIONALES

Una teoría física consta de un formalismo (lenguaje teórico), por lo general un cálculo matemático con constante extralógicas, de un lenguaje observacional y de una interpretación que hace físicamente significativo

dicho formalismo mediante las reglas de correspondencia entre los términos teóricos y los términos observacionales (M. Jammer 1984).

Y el lenguaje observacional es siempre un lenguaje que ha sido originado en teorías anteriores. Es un lenguaje «contaminado» (Feyerabern 1981).

En el caso del calor es especialmente claro:

— Capacidad Calorífica: Es evidente que cuando expresamos que calor y temperatura no son lo mismo y que la relación entre ambas viene expresada por la ecuación $Q = K\Delta T$, siendo la constante la que marca la diferencia entre unas sustancias y otras, al denominarla «capacidad calorífica», estamos reclamando la posibilidad de «calor contenido» ya que el vocablo «capacidad» hace referencia a «contenido».

— Calor Específico: El nombre en sí, sólo tiene como confuso el que se sigue utilizando el calor como un nombre (nombre de cosa), pero, cuando se intenta explicar lo que es y sobre todo el significado de sus unidades, decimos «el calor que hay que comunicar a un gramo de una sustancia para que aumente su temperatura 1 grado (lo mismo sucede al presentar la unidad caloría)».

— Al presentar el Principio cero de la Termodinámica, en su forma utilizada para cálculos de Ce. por el denominado «Método de las mezclas» es común decir (y leer) «Calor Cedido = Calor Absorbido». Es inmediato pensar en que lo cedido «estaba» en el cuerpo que lo cede y lo absorbido «estará» en el que lo absorbe.

— Modos de Transmisión del calor: Hemos de admitir que pensar que algo se transmite y es diferente durante la transmisión y al final de la misma, no es fácil, sobre todo para los niveles de muchos alumnos. Además la idea de algo que se transmite está unida al mantenimiento de la identidad de «lo que se transmite». Volveremos al comentario del punto anterior.

Es decir, el lenguaje observacional con el que intentamos comunicar la nueva explicación continúa utilizando términos, que por tener su origen en las antiguas teorías del calor, hacen más referencia a éstas que a aquella. Les decimos a nuestros alumnos que la idea de calor que deben asumir es totalmente diferente a la que ellos tienen como preconcepción, pero se la comunicamos con un lenguaje que les da a ellos la razón y no a nosotros. Se da una sensación de «misos perros con diferentes collares» que origina una más que errónea idea del proceder y contenido de la ciencia.

Se puede mantener un lenguaje observacional «contaminado» cuando la teoría formal es conocida, lo que permite que la correspondencia entre uno y otra sea correctamente interpretada.

Se puede seguir utilizando el lenguaje observacional tradicional mientras se evalúa el concepto y la idea involucrada en él, en función de la teoría física dentro

de la cual se usa. En este sentido, el «significado» de la palabra pasaría a un segundo plano. El contenido teórico de la termodinámica hace posible comprender el calor como la medida o valor cuantitativo de la energía intercambiada en ciertos procesos, valor que se identifica con el nombre del proceso. Así ocurre con el trabajo.

Pero en enseñanza secundaria, la teoría física correcta, no está al alcance ni de los programas, ni, quizás, del nivel de desarrollo intelectual del alumnado (evidentemente, no, en cuanto a complejidad de tratamiento matemático), con lo que el término «calor» es entendido en virtud de su significado en relación a otra teoría: la más común, la del saber vulgar acerca de procesos que involucran variaciones de temperatura, cambios de estado o dilataciones.

El problema, desde nuestro punto de vista, no sería demasiado grave si se redujera a nombres heredados de dos o tres magnitudes. Pero es que el modo de presentar la teoría del calor en los libros de texto de enseñanza secundaria, es confuso todo él y se escriben frases que como antes decíamos «traicionan» la aseveración con que todos suelen empezar: «El calor no es algo contenido en los cuerpos».

La mayoría de los libros de texto analizados para 2º de B.U.P. no dejan de establecer como principio que del calor se pensó que era un fluido contenido en los cuerpos de alguna manera, y que podía pasar de uno a otro. Es decir, se hace una breve exposición histórica, para quedar claro, a continuación, que eso ya no es así, que el calor no es eso. Pero el lenguaje que utilizan permite pensar, como ya hemos apuntado, que sólo ha sido un cambio de Nombre: (*) «El flujo de calor cedido o absorbido» (1) «pasa calor del 1º al 2º» «en los procesos físicos o químicos, más que la energía calorífica contenida en un cuerpo, interesa...» (4) «el calor que tiene un cuerpo, la energía térmica que toma o cede...» (4), «algo habrá pasado del 1º al 2º; ese algo es calor» (5). «El mar tiene temperatura, pero almacena tal calor que condiciona el clima» (3).

Todas ellas frases confusas y modos de explicación más coherentes con la teoría del calórico que con la actual. Pero aún las hay más explícitas. Veamos: «En general, la cantidad de calor contenido en un cuerpo no se puede conocer, sólo podemos saber la cantidad de calor que el sistema toma o cede» (6), «cuerpos con la misma temperatura, pueden tener almacenada distinta cantidad de calor» (7), «¿puede un cuerpo tener mucho calor y sin embargo estar frío?» (8), (cuestión propuesta al alumno).

(*) La relación de los libros de texto utilizados, se dan, en conjunto, al final de las referencias, correspondiéndose los números con los que aquí acompañan a las citas.

Si además, analizamos el lenguaje en que se proponen los ejercicios de explicación de final de capítulo, hay que reconocer que el contenido informativo del mismo, no se veía alterado en lo más mínimo si se hiciera una traducción al modo conceptual del calórico.

La explicación física de los fenómenos asociados al «calor» ha pasado por tres fases: a) El calor es un fluido contenido en los cuerpos e intercambiable. b) El calor es una forma de energía y c) El calor es el nombre convencional de un proceso.

Los libros de física superior más modernos y de autoridad admitida exponen claramente esta tercera explicación (Berkeley Physics course Vol 5; Feynman Lectures on physics, Vol 1 Alonso y Finn Vol. III). El tercero de ellos es quizás el más explícito y no nos resistimos a transcribir a continuación lo en él expuesto: «...Debemos advertir al estudiante que no considere el calor como una forma nueva o diferente de energía. Es un nombre dado a una forma muy especial de trabajo o transferencia de energía en la cual participa un nº muy grande de partículas. Cuando aún no estaban claros los conceptos de interacción y de estructura atómica de la materia, los físicos clasificaban la energía en 2 grupos: energía mecánica, correspondiente a las energías cinética y potencial gravitacional, y energía no mecánica, que comprendía el calor, la energía química, la energía eléctrica la radiación, etc. Esta división no tiene ya justificación. Hoy los físicos solamente distinguen la energía cinética y la potencial, teniendo esta última expresiones diferentes según la naturaleza de la interacción física correspondiente; el calor y la radiación expresan los mecanismos de transferencia de energía. Energía química es un término macroscópico usado para describir la energía con interacciones eléctricas entre átomos y moléculas y que se pone de manifiesto en los procesos químicos, es decir en los reagrupamientos de átomos en las moléculas».

Los libros de Física de Bachillerato, se hallan, sin embargo, en la explicación del 2º tipo: El calor es una forma de energía. Y es en este error de base donde cobra sentido toda la confusión que puedan originar los lenguajes observacionales contaminados.

El mantenimiento, como enunciado teórico (no observacional), del calor como una forma de energía, posibilita que el lenguaje observacional utilizado sea más acorde con el modelo explicativo más antiguo.

4. CONCLUSIONES

Los profesores de B.U.P. debemos explícitamente señalar, pues, que el calor no es una forma de energía, lo cual nos permitiría traducir el lenguaje observacional utilizado, reinterpretándolo en nuestras clases, desde la perspectiva mecanicista (perfectamente asequible a nuestros alumnos como modelo) que da la teoría atómico-molecular, el concepto de Energía Interna.

Creemos que las cosas serían más claras y nuestros alumnos los asimilarían sin confusión si se estableciera esta idea del calor como proceso. Ello debe ir asociado a la utilización de términos más coherentes. M.R. Summers (1983) propone el uso del término «heating», que nosotros podríamos asumir como «Procesos Térmicos» o «Procesos de calentamiento» o el ya utilizado en los textos universitarios «Interacción Térmica».

Esta interpretación del calor traería como una consecuencia más el que los procesos en los que se dan fenómenos de ΔT , dilataciones o cambios de estado, es decir los procesos de «interacción térmica» o de «calentamiento», no tendrían por qué asociarse siempre (y ello de un modo más natural y correcto) a las fuentes tradicionales de «calor» o «focos caloríficos». ¿Qué fuente de calor explicaría el ΔT de una bala al atravesar un material? ¿Cuál para dar cuenta del ΔT de un yunque al ser golpeado? ¿Qué fuente de calor hay en una resistencia eléctrica?

Cierto que esas situaciones se suelen resolver recurriendo a que «la energía mecánica, eléctrica... se ha transformado en energía calorífica». Pero la posibilidad de esta transformación no es otra que el hecho de que todas ellas no son sino energía cinética o diferentes modos de energía potencial.

El mismo «foco calorífico» tradicional perdería su categoría de «productor de calor» para ser un cuerpo con más energía interna.

En realidad, en todos esos procesos lo que sucede es, o bien un choque entre moléculas o átomos (que por involucrar magnitudes tan pequeñas y tantas, son tratados estadísticamente), o bien una conversión de un modo de energía potencial (debida a interacciones de diferentes tipos) en energía cinética de partículas submicroscópicas.

Los termómetros y demás instrumentos de medida de temperatura, no hacen sino cumplir con ese proceso de transferencia de energía, con lo que la mayor energía interna produce una dilatación utilizable y convertible en un instrumento graduado.

Toma sentido, así mismo, el siempre engorroso tema, en este nivel, de la Temperatura absoluta y el cero Absoluto. Este punto de vista nos facilitará la introducción elemental de puntos de vista estadísticos y la unificación del tratamiento de los procesos físicos como interacciones.

Creemos que de esta manera daríamos a programas cuyos contenidos (necesariamente) hacen referencia casi exclusivamente a saberes adquiridos hasta el siglo pasado, una perspectiva actual, un modo de explicación más acorde con el desarrollo actual de la Ciencia, eliminando el confucionismo y facilitando la anterior profundización.

Así mismo, desde esta perspectiva, cobrarían sentido más cabal una serie de «correspondencias» del lenguaje observacional con el contenido teórico, que podrían ser explicitadas como ejercicios de «traducción» de términos tales como «Calor cedido o absorbido», «Capacidad calorífica», «Calor específico», «Calentamiento», «Cuerpo caliente o frío», «Calor latente», «Foco calorífico», «Transmisión del calor»... etc.

Dicha traducción debería, a su vez, ser utilizada tanto por el profesor como por el alumno, simultáneamente a los términos tradicionales, en el convencimiento de

que la asimilación de un nuevo paradigma no es inmediato y se verá fortalecido por el uso de enunciados y términos de interpretación más acorde con él.

Si queremos que la idea de energía asociada a procesos térmicos que el alumno vaya a obtener no sea confusa, los primeros que no debemos serlo somos nosotros. Fundamentalmente nosotros en nuestras clases. De otro modo sólo favorecemos el que, a la larga, acabe prevaleciendo el esquema conceptual alternativo, contenido en el lenguaje inmediato, diario, pues al menos éste es coherente en su confusión.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALONSO, M. y FINN, E.J., 1971, *Física*, Vol. III (Fondo Educativo Interamericano: México).

BERKELEY PHYSIC COURSE, 1979, vol 5 (Ed. Reverté: S.A. Barcelona).

DRIVE, R. y EASLEY, J., 1978, *Pupile and Paradigms...* *Studies in Science Education*, vol. 5 pp. 61-84.

DRIVER, R., 1981, Pupils Alternartive Frameworks in Science *Eur. J. Sci. Educ.* vol. 3 n° 1 pp. 93-101.

FEYERABERN, P.K., 1981, *Tratado contra el método*, (Ed. Tecnos: Madrid).

FEYNMAN. *Física* vol. I (Ed. Fondo educativo Interamericano: Mexico).

GIORDAN, A., 1982, *La Enseñanza de las Ciencias* (Ed. Siglo XXI: Madrid).

HEWSON, P.W., 1981, A Conceptual Change Approach ti Learning Science. *Eur. J. Sci. Educ.* vol. 3 n° 4 pp. 383-396.

HOLTON, G., y ROLLER, H.D., 1972, *Fundamentos de Física Moderna* Ed. Reverté. Barcelona.

JAMMER, M., 1984, Consideraciones en torno a las implicaciones filosóficas de la nueva Física. (Incluido en el volumen *Estructura y desarrollo de la Ciencia*. Editado por G. Radnitzky y G. Anderson. Alianza Editorial. Madrid).

KHUN, T.S., 1979, *La estructura de las revoluciones científicas*. F.C.E. Mexico-España.

LAKATOS, I., 1975, La Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales. (Incluido en *La crítica y el desarrollo del conocimiento científico*. Ed. Grijalbo. Barcelona).

OSBORNE, R.J., y GILBERT, J.K., 1980 a). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education* vol 15 pp. 376-379.

OSBORNE, R.J. y GILBERT, J.K., 1980 b). A method for investigating concept understanding in Science. *Eur. J. Sci. educ.* vol. 2 n° 3 pp. 311-321.

OSBORNE, R.J. y BELL, B.F., 1983. Science teaching and children's views of the world. *Eur. J. Sci. Educ.* vol. 5 n° 1 pp. 1-14.

SELLEY, N.J., 1981, The place of alternative models in school science. *School Science Review*. Dic. 81 pp. 252-259.

STRIKE, K.A. y POSNER, G.J., 1982, Conceptual change in science teaching. *Eur. J. Sci. Educ.* vol. 4 n° 3 pp. 231-240.

SUMMERS, M.K., 1983, Teaching Heat- an analysis of misconceptions. *School Science Review*. June 83 pp. 670-676.

VIENNOT, L., 1979, *Le raisonnement spontané en Dynamique Elementaire* (Ed. Hermann: Paris).

WATT, D.M., 1983, A study of schoolchildren's alternative frameworkws of the concept of force. *Eur. J. Sci. Educ.* Vol. 5, n° 2 pp. 217-230.

Libros de Texto de Física y Química de 2º de B.U.P.

1. J. Aguilar Peris y J.L. Garzón. Ed. Anaya.
2. F. Marín y J.L. Negro. Ed. Alhambra.
3. P. Soler, D. Pinedo, F. Gonzalo y E. Quilez. Ed. S.M.
4. J. Vallés Belenguer. Ed. Santiago Rodríguez S.A.
5. J.J. Lozano y J.L. Vigata. Ed. S.M.
6. J. Barceló, M.J. Del Arco, P. Queipo y P. Varela. Ed. G. del Toro.
7. E. Burbano y R. Martín, Ed. Librería General. Zaragoza.
8. J.A. Fidalgo Sánchez, Ed. Everest.