

## SELECCIONES BIBLIOGRAFICAS TEMATICAS

### LOS CONCEPTOS DE CALOR Y TEMPERATURA: UNA REVISION BIBLIOGRAFICA

*A. Cervantes, Profesor del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada.*

En la década de los años setenta se plantearon una serie de trabajos encaminados a resolver el problema de cómo deberían de introducirse determinados conceptos de la Termodinámica en los currículos de la enseñanza primaria y secundaria, sobre todo en el ámbito educativo anglosajón.

El problema fundamental que subyace en todos estos trabajos, al igual que en el marco general de toda teoría de la educación, es como apuntan M. Shayer y H. Wylan (1981) poder generalizar los diferentes pasos o etapas seguidas por los diferentes alumnos cuando llegan a comprender un determinado tópico o concepto. Desde el punto de vista piagetiano se sugiere que existen diferentes etapas a seguir por todos los alumnos, siempre éstas en la misma sucesión, cuando se lleva a cabo un proceso de aprendizaje. Por el contrario, desde el punto de vista ausubeliano, tal y como propone J.D. Novak (1978), lo importante es averiguar lo que el alumno ya conoce para emprender la enseñanza de acuerdo a tales conocimientos previos, teniendo en cuenta las diferencias individuales de los alumnos.

Los conceptos relativos al calor y temperatura apenas han sido estudiados en los trabajos llevados a cabo por los psicólogos, solamente algunos aspectos sobre las ideas de caliente, frío, conducción del calor y conceptos similares fueron ligeramente tratados por J. Piaget. A. Tiberghien (1983) ha llevado a cabo una reciente revisión crítica acerca de los trabajos de investigación realizados sobre los tópicos calor y temperatura, poniendo de manifiesto la escasa investigación que sobre el tema se

ha emprendido en los niveles de educación secundaria posterior y universitaria.

La revisión que aquí se presenta abarca buena parte de la literatura sobre los fenómenos relacionados con el calor y la temperatura, tratando procesos como la conducción del calor, cambios de estado, las interpretaciones y descripciones dadas por los alumnos, etc. Para llevar a cabo una exposición lo más sistemática posible de los trabajos más relevantes aparecidos, recogeremos a éstos en los dos grandes bloques objeto de nuestro estudio.

#### Calor

La gran mayoría de las investigaciones emprendidas en este campo han sido desarrolladas en los niveles de enseñanza primaria y secundaria. Pronto se pudo comprobar que las ideas que los alumnos tienen sobre el calor y la temperatura, así como los fenómenos relacionados con estos conceptos, no sólo no difieren de las concepciones que los científicos tienen de éstos sino también de la propia perspectiva que en los niveles de enseñanza elementales se trata de impartir.

Una de las dificultades que presenta a los alumnos el concepto de calor es la diferenciación de éste como proceso frente a una propiedad interna de la materia como muchas veces se le asocia. A. Tiberghien (1980) llevó a cabo una serie de entrevistas antes y después del proceso de enseñanza, junto con observaciones sistemáticas dentro de la clase, de dos alumnos con edades de 12 y 13 años. Si bien en el trabajo participaron un total de ocho alumnos, solamente publicó los resultados de los mencionados dos alumnos. Pudo detectar cómo el más joven inicialmente considerable el calor y el frío como dos cualidades intrínsecas para diferentes sustancias («los metales enfrían las cosas, por tanto los metales son fríos»).

En cambio el alumno de 13 años mantuvo a lo largo de todas las entrevistas que el calor o el frío eran propiedades de un fluido que se «evaporaba» a veces y otras «penetraba» en los objetos.

Análogos resultados obtuvo Erickson (1979 y 1980) en sendos estudios llevados a cabo con alumnos con edades comprendidas entre los 6 y 13 años, centrando la atención sobre 10 alumnos de 12 años según el modelo de «entrevistas clínicas» de Piaget. Diseñó cuatro tareas que abarcaban los fenómenos de dilatación, fusión, transmisión del calor y mezcla de cantidades de agua a diferente temperatura. Algunos alumnos daban características materiales al calor como algo parecido al aire o al vapor. Es de destacar que los niños asociaban a los cuerpos una determinada cantidad de calor y de frío, de manera que postulaban su existencia independiente a la vez que opuesta («todos los cuerpos contienen una mezcla de calor y frío»). La transmisión del calor a través de una barra metálica se explicaba como la acumulación de éste en una parte de la barra para ir propagándose como un fluido al otro extremo de ésta. Otros alumnos sugieren que el calor viaja a través de los espacios de aire dentro de la barra. Erickson en su artículo posterior analiza, más bien desde un punto de vista cuantitativo, los resultados aportados anteriormente para poder explicar, y hacer también una mayor generalización, las concepciones dilucidadas con anterioridad. A través de las exploraciones clínicas llevadas a cabo inicialmente, Erickson diseña un nuevo método de análisis de los juicios que los alumnos expresan sobre las explicaciones propuestas dentro de tres puntos de vista detectados en ellos: el cinético, el basado en la teoría del calórico y lo que denomina puntos de vista de los alumnos (tal y como anteriormente se mencionó sobre los huecos de aire que existen en la barra de hierro). Concluye el

autor de estos trabajos que las ideas intuitivas acerca de los conceptos de calor y temperatura, identificadas inicialmente en el reducido grupo de alumnos, son generalizables a las concepciones que poseen los niños de 12 años y que no son una simple consecuencia del método utilizado a través de las entrevistas clínicas.

E. Albert (1978) en una publicación parcial de su Tesis Doctoral, describe el proceso seguido por una muestra de 40 alumnos de edades comprendidas entre los 4 y 9 años en la elaboración del concepto de calor y temperatura. A través del análisis cualitativo de las 40 entrevistas llevadas a cabo, Albert describe cronológicamente, a través de seis categorías, once modelos de pensamiento encontrados en la comprensión del concepto de calor. Tales categorías se refieren a: «construcción» de los cuerpos calientes (referente a cómo detectan los niños, alrededor de los cuatro años, las sensaciones de objetos calientes), naturaleza corporal del calor, el calor como una simple dimensión (sin distinción entre caliente, templado, cálido, tibio, etc.), construcción del calor como una entidad independiente (alrededor de los ocho años los niños son capaces de aislar «su concepto» de calor de la fuente origen), conceptualización de la temperatura (entre los ocho y diez años los niños distinguen lo que denominan distintos «grados de calor» de los objetos, identificando calor con temperatura) y la energía mecánica como fuente de calor (después de los ocho años son capaces de asociar procesos de calor cuando los objetos se frotan). Finalmente concluye que el concepto de calor es adquirido a través de las sucesivas experiencias ambientales que el niño va desarrollando a lo largo de su vida, de forma que el proceso de comprensión se lleva a cabo por medio de la interacción del organismo con su medio y no como una entidad independiente y definida.

M. Shayer y H. Wylam (1981) realizan un estudio descriptivo sobre unos 160 alumnos con edades comprendidas entre los 9 y 13 años mediante diferentes tests relativos a tareas relacionadas con el calor y la temperatura. Los resultados de su estudio establecen que el aprendizaje llevado a cabo por los alumnos no sigue modelos tan variados como para que sea imposible describirlo a través de un modelo común para todos, al contrario de lo que proponen las teorías ausubelianas del aprendizaje; encontrándose una relación bastante

próxima con el modelo de desarrollo de Piaget. Shayer lleva a cabo una clasificación de los distintos aspectos que están relacionados con el calor y la temperatura, de manera que el papel del profesor deberá ser el de seleccionar contenidos tales que los alumnos puedan ser capaces de asimilar de acuerdo con su estadio de desarrollo intelectual. Igualmente, M. Shayer y P. Adey (1984) amplían el estudio a los contenidos de Física, Química y Biología, que se imparten a los alumnos con edades comprendidas entre 10 y 16 años del sistema educativo inglés, con el fin de estudiar el desarrollo de los esquemas mentales del niño y determinar el nivel de complejidad cognoscitiva requerido por las materias del currículo.

R. Driver y T. Russell (1982) estudiaron, sobre una muestra de 324 alumnos agrupados en edades de 8-9, 11-12 y 13-14 años, las ideas que los alumnos tenían acerca de la temperatura, calor y cambios de estado mediante 22 tareas diseñadas a tal fin. Entre las conclusiones en que resumen los resultados aportados por el trabajo, referidas al calor, podemos destacar que: solamente el 20% de los niños entre 8 y 9 años distinguen entre calor y temperatura, alcanzándose un 50% a la edad de 13 y 14 años; muy pocos alumnos (alrededor del 10% del total) son capaces de predecir que la temperatura del agua, durante el cambio de estado de fusión, permanece constante aún cuando se calienta la mezcla de hielo y agua; la mayoría de los alumnos de 13 y 14 años consideran que la temperatura de fusión o ebullición es independiente de la masa de hielo y agua respectivamente, en cambio los alumnos más jóvenes prescriben variaciones de éste con arreglo a la cantidad y, finalmente, destacan también que existen una serie de estrategias alternativas comunes en el modelo de respuesta de los alumnos que pueden ser generalizadas, de ahí que los alumnos construyan su propio modelo de cómo funciona el mundo con mucha similitud a las estrategias individuales identificadas.

B. Macedo y G. Soussan (1986) han llevado a cabo un estudio sobre los conocimientos preadquiridos por 1255 alumnos de 10 a 15 años, de Uruguay y Francia, acerca del calor y la temperatura. Se pasaron dos cuestionarios de preguntas abiertas y cerradas, además de entrevistas individuales. Entre los resultados obtenidos cabe destacar que el calor es generalmente asociado a una fuente o a un estado, se utiliza tanto el calor como la temperatura para desig-

nar un estado caliente y la temperatura representa la cantidad de frío o de calor que poseen los cuerpos.

J.L. García Hourcade y C. Rodríguez de Ávila (1985) indagan las ideas preadquiridas por los alumnos de 2º de B.U.P. acerca del calor y la temperatura, a través de cuestionarios ligeros y propuestas de explicación. Detectaron en un primer análisis de las respuestas dadas por los alumnos que el calor es «algo» (tiene categoría de sustancia que se contiene y se transmite) y que existe una confusión (identificación casi entre ambos conceptos. Finalmente llevaron a cabo un análisis sobre los problemas asociados en la enseñanza de tales tópicos, estableciendo la necesidad de una revisión de los términos y conceptos involucrados tal y como hoy se presentan a nuestros alumnos.

A. Brook y otros (1984), dentro de un amplio y extenso programa de investigación llevado a cabo en la Universidad de Leeds, documentan los tipos de ideas que los alumnos de secundaria tienen acerca de los cambios de estado, conducción del calor y calor y temperatura. El estudio se basa en las respuestas escritas dadas por los alumnos de 15 años, algunas respuestas fueron dadas también por alumnos de 11 y 13 años, a cuestiones formuladas para cada materia objeto del estudio. Todas las cuestiones (cinco para cambios de estado, dos para conductividad y una para calor y temperatura) eran de respuesta abierta, en la que al alumno se le planteaba detalladamente el fenómeno físico involucrado. Los resultados del trabajo aportaron que los procesos de transferencia del calor se entienden mejor cuando éstos conllevan un cambio de temperatura que cuando no. Algunos estudiantes asocian tanto al calor como al frío características de un fluido, entendiéndose éstas como sustancias opuestas; sugiriendo que ciertos cuerpos son intrínsecamente más cálidos o fríos que otros (el metal es más frío porque es una sustancia fría). Muy pocos alumnos de la muestra, alrededor del 5%, comprenden la constancia de la temperatura con relación al calor latente de cambio de estado. La mayoría de los alumnos no explican las transferencias de calor y los cambios de estado en términos del comportamiento molecular de la materia. En la parte final de su trabajo estudian las implicaciones que el análisis de sus resultados conlleva en el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, tal y como más tarde podremos analizar nosotros.

### Temperatura

La mayoría de los trabajos que se han llevado a cabo acerca de las ideas que tienen los alumnos sobre la temperatura han tratado de poner de manifiesto si los alumnos la consideran como una magnitud intensiva, y si éstos la distinguen del calor.

E. Albert (1978) sugiere que los alumnos más jóvenes no piensan en términos de cantidad de calor en un objeto sino en términos de la sensación de caliente que para ellos tienen los objetos, no separando la cualidad subjetiva de la sustancia material. En su categoría propuesta, conceptualización de la temperatura, establece que entre los 8 y 10 años los niños tienen por primera vez la idea de «grados de calor», siendo capaces de distinguir entre distintos «niveles de calor». Asocian a tales «grados» un número o cantidad pero realmente no distinguen lo que entendemos por calor y temperatura, no diferencian tales conceptos.

S. Strauss (1977) investigando la propiedad intensiva de la temperatura, mediante cuestionarios presentados a unos 200 alumnos con edades comprendidas entre los 4 y 13 años, encontró una curva en forma de U en las respuestas correctas de los alumnos examinados. Cuando pidió a éstos que predijeran la temperatura final de una mezcla de iguales cantidades de agua fría, observó que los alumnos más jóvenes lo hacían correctamente (igual temperatura que la inicial), los de edad intermedia decían por el contrario que la mezcla se haría dos veces más fría y los mayores, al igual que los más pequeños, predicaban correctamente que no habría ningún cambio de ésta. Este curioso resultado es interpretado por Strauss a través del común desarrollo de la comprensión de las cantidades físicas intensivas, donde el conocimiento inicial intuitivo (incapacidad de cuantitativo parcial (cuando los volúmenes se identifican como determinantes de la temperatura) para acabar con el razonamiento cuantitativo completo (la temperatura se reconoce como una magnitud intensiva).

Otra investigación encaminada a estudiar los mismos objetivos anteriores fue la desarrollada por R. Stavy y B. Berkovitz (1980). Tomaron una muestra de 77 niños de 9 y 10 años, que ya habían mostrado una comprensión del principio de conservación de la cantidad de líquido, y le administraron un pretest y un postest después de haber sido preparados mediante «situaciones de con-

flicto» que se creaban en los niños. Otros en cambio sirvieron de grupo de control, sin ninguna preparación previa. Tales «situaciones de conflicto» se les presentaban a los niños bajo dos aspectos distintos: respuestas verbales cualitativas frente a respuestas numéricas cuantitativas. Los resultados obtenidos aportaron una serie de razonamientos «conflictivos» cuando se les pedía que predijeran la temperatura de mezclas de agua a distinta o igual temperatura, sin dar un valor de ésta (cualitativa) o dando valores de ésta (cuantitativa). Un ejemplo de tales situaciones conflictivas es el siguiente: los alumnos respondían que la mezcla de iguales cantidades de agua fría daría agua igual de fría y, por el contrario, cuando se les indicaba que se combinaban iguales cantidades de agua a 10°C éstos respondían en su mayoría que el agua se encontraría a 20°C. Otras pruebas, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, involucraban las mismas cantidades de agua pero a diferente temperatura. Detectaron un mayor rendimiento en la comprensión del concepto de temperatura (como propiedad intensiva) en los grupos que recibieron entrenamiento por conflicto, tanto individualmente como en el ámbito de la clase, que el grupo de control que no recibió entrenamiento alguno.

Los resultados aportados por G.L. Erickson (1979) en sus entrevistas individuales, tal y como señalamos anteriormente, muestran que los alumnos asocian la temperatura de un cuerpo como función del volumen de éste («un cubo de hielo grande tarda más en fundirse que otro más pequeño porque el grande tiene una temperatura más fría que el pequeño»), pudiéndose interpretar este criterio relativo a la cantidad como el origen de la confusión entre calor y temperatura por parte de muchos niños y algunos adultos. Se interpreta también la temperatura como la «medida de la mezcla de calor y de frío dentro de un objeto». Análogos resultados a los obtenidos por Stavy y Berkovitz se obtuvieron cuando los alumnos establecían que la mezcla final de iguales cantidades de agua a 20°C y a 40°C sería de 50°C (consideración de la temperatura como una propiedad extensiva).

R. Driver y T. Russell (1982) establecen en un resumen de los principales resultados encontrados, relativos a la temperatura, que: la temperatura como magnitud intensiva es entendida por el 80% de los alumnos de 13-14 años y en

cambio es así apreciada solamente por el 25% de los 8-9 años. El error más común es el de asociarla con el volumen. Estimaciones cualitativas de la temperatura cuando se mezclan líquidos a diferente temperatura son realizadas correctamente por la mayoría de los alumnos (sobre el 50% para los de 8-9 años y al 80 para los del grupo de 13-14 años). En cambio, cuando la respuesta se da en términos de valores numéricos (estimación cuantitativa) menos del 25% de los alumnos de 13-14 años sugieren que la temperatura final sea la media aritmética, siendo las respuestas más comunes las formuladas como suma o resta de las temperaturas iniciales de cada líquido. Es de destacar que menos de la mitad de los alumnos de 11-12 años, y menos de las tres cuartas partes de los de 13-14 años, responden correctamente a todas las tareas en las que se ha de distinguir entre calor y temperatura.

A. Brook y otros (1984) obtienen como resultado de su trabajo que los alumnos distinguen lo que denominan «espectro de temperatura» (desde frío hasta caliente pasando por las etapas intermedias), sin embargo es considerada la temperatura como la cantidad de calor o de frío de los objetos.

Un ligero análisis de las concepciones de los alumnos anteriormente descritas nos advierten que éstas distan mucho de lo que el científico, y el profesor de ciencias, entienden por calor y temperatura. No obstante, como ahora podremos ver, los contenidos de la Termodinámica incluso en sus niveles básicos resultan de suma dificultad, quizá los que más, para los alumnos que se disponen a recibir una instrucción elemental en Ciencia.

Pasaremos ahora a enunciar y revisar una serie de definiciones que sobre el calor y la temperatura han venido dando diferentes autores en trabajos relativos a la enseñanza de tales contenidos.

El uso de la palabra calor, tal y como establecen A. Brook y otros (1984), viene generalmente referido dentro de tres campos distintos:

i) Metafórico.

Cuando utilizamos frases idiomáticas tales como «entrar en calor», «en el calor de...», etc. O términos tales como «situación caliente», «mente fría», etc.

ii) Con criterio científico pero de forma errónea.

Se entiende como el mal uso del término para expresar un determinado proceso o efecto físico. Por ejemplo:

«mantener el calor dentro de...», «el calor se escape por las ventanas», «el calor que tiene un cuerpo», etc.

iii) Dentro del campo científico.

Aquí es donde se utiliza según la definición que adopta la Termodinámica moderna, cuya evolución histórica ya hemos descrito, y que en lo que sigue trataremos de analizar.

J.W. Warren (1972) define el calor como la energía transmitida solamente por medio de una diferencia de temperatura. Al establecer la primera ley de la Termodinámica, señala que tanto el trabajo como el calor son procesos de intercambio de energía cuyos valores quedan determinados no sólo por las condiciones iniciales y finales sino también por el camino seguido. De ahí que sea incorrecto hablar de la cantidad de calor o de trabajo que tiene o posee un cuerpo. Analiza en este trabajo la confusión existente entre calor y energía cinética molecular. Para él la energía interna de un determinado sistema viene dada por la suma de energía cinética y potencial de las partículas constituyentes como consecuencia de su masa, composición, temperatura y presión (y en ciertos casos por campos eléctricos o magnéticos). Señala que la energía interna de un determinado cuerpo se puede modificar a través de trabajo o calor (entendidos éstos como procesos).

En un trabajo posterior, J.W. Warren (1982), analiza detenidamente el concepto de energía desde dos puntos de vista contradictorios: el materialista y el conceptualista. Sin entrar en la polémica establecida desde las dos concepciones sobre la naturaleza de la energía, Warren apunta que es incorrecto referir que la energía se transforma en trabajo. La energía puede ser transformada o transmitida (o ambas cosas a la vez) por medio de trabajo, pero no transformarse en trabajo. Señala que esta es una confusión muy frecuente en la enseñanza actual. Cuando la energía de un cuerpo cambia como consecuencia de una diferencia de temperatura se da un proceso denominado calor. Señala también que el término «energía calorífica» se usa con demasiada frecuencia, a veces para expresar calor y otras energías internas, en diferentes textos o por diferentes profesores. No tiene significado, desde su punto de vista, el término «energía calorífica» puesto que ambos son esencialmente distintos. Acaba haciendo una llamada de atención (dada la dificultad conceptual que representa tanto el concepto de energía como calor) a todos los profes-

sores de Física para eliminar por completo la palabra energía de la enseñanza elemental e introducirla más tarde cuando se ha alcanzado firmemente el concepto de trabajo. (Desde el punto de vista conceptualista la energía sería aquella idea abstracta creada por los científicos para ayudar a una mejor comprensión de los fenómenos físicos, a la vez que a una mejor investigación cuantitativa de éstos).

R. Shaw (1974) en su artículo titulado «¿Cómo enseñar el calor en las escuelas?» estudia la problemática de la enseñanza del calor. Comienza su trabajo remarcando la confusión existente en el uso de la palabra calor y explica que ésta puede existir debido a un hecho fundamental; se utiliza una sola palabra para describir dos cosas: energía e interacción. Desde su punto de vista, parece que no existe ninguna evidencia que sugiera clasificar o denominar, como calor, la energía transferida cuando se da una determinada interacción en particular. Pero cuando esta interacción ocurre puede que nosotros deseemos identificarla. Podemos distinguir —y así se hace por los profesores y científicos— la energía transferida cuando dos cuerpos a diferente temperatura se ponen en contacto, de aquella que se transfiere en la compresión de un gas; pero ciertamente las formas de transferencia son mutuamente exclusivas (calor y trabajo), aunque la energía es la misma en ambos procesos. Shaw sugiere que no debería de enseñarse el concepto de calor dadas las dificultades que presenta. Propone diferentes alternativas para la utilización de términos y procesos en los que el calor está presente. Así por ejemplo, especifica no introducir la palabra calor en los niveles básicos de Física y continuar hablando de energía y transferencia de energía, y sólo cuando sea necesario distinguir entre calor y trabajo recomienda que se haga de una forma corta y concisa; también recomienda no hablar de calentar el agua o un bloque de metal sino de aumentar su temperatura, etc.

M.K. Summers (1983), sin ser tan tajante en las afirmaciones y recomendaciones de Warren y Shaw, escribe un interesante artículo sobre la enseñanza del calor analizando las muchas y variadas definiciones que aparecen en distintos libros de Física, que por ser a veces un tanto confusas pueden llevar a acrecentar aún más la problemática sobre la enseñanza de uno de los más difíciles tópicos del currículo en la enseñanza secundaria. Sugiere que el origen de la

confusión que tienen los alumnos al considerar el calor como algo que poseen los cuerpos puede ser debido a utilizar éste como sustantivo. Propone la utilización del calor referido sólo como verbo (en inglés to heat o heating como proceso) y desechar el término calor (heat) como sustantivo. De esta manera define el término calentamiento (heating) como el nombre que se le da al proceso por el cual la energía interna se transfiere como consecuencia de una diferencia de temperatura. De ahí que «calor transferido» no tenga significado, sino que es la energía interna la que se transfiere. Con ello se evita hablar de flujo de calor y por tanto llevar a las mentes de los alumnos la idea de algo que fluye de un cuerpo a otro, capaz de almacenarse (teoría del calórico). Analiza también los distintos procesos por los cuales la energía interna puede modificarse o transferirse cuando hay o no procesos en los que interviene el calor.

En cuanto a la problemática acerca de la enseñanza del concepto de temperatura podemos decir que son pocos los trabajos aparecidos dentro de este tópico. Si se han estudiado con suficiente atención las ideas que los niños tienen acerca del concepto de temperatura.

R.M. Helsdon (1972, 1982) trata en sus dos artículos sobre la introducción del concepto de temperatura a través del Principio Cero de la Termodinámica. Textualmente menciona que, a lo largo de su experiencia en la enseñanza de la Termodinámica, muy pocos libros de texto presentan el concepto de temperatura de una forma simple, lógica y objetiva. Propone, para una mejor comprensión del estudiante, la introducción del concepto de temperatura a través de seis etapas en las que se introducen el equilibrio térmico, igualdad de temperatura, diferencia de temperatura y la Ley Cero de la Termodinámica.

Existen además algunas cartas dirigidas a los directores de las revistas *Physics Education* y *Enseñanza de las Ciencias*, en las que podemos introducirnos un poco más en la problemática que se ha venido planteando sobre la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura. Aparecen distintas réplicas y contrarréplicas que pueden ser de utilidad a la hora de encontrar la génesis de las dificultades planteadas por los distintos autores: J.W. Warren (1976), N.E. Heath (1975), R. Danson (1976), R.M. Helsdon (1975) y E. Fernández Uría (1986).

**Referencias bibliográficas**

- Albert, E., 1978, Development of the Concept of Heat in Children, *Science Education*, vol. 62, pp. 389-399.
- Brook, A., Briggs, H., Bell, B. y Driver, R., 1984, Aspects of Secondary Students' Understanding of Heat: Full Report, *Children's Learning in Science Project*. The University of Leeds. Leeds.
- Danson, R., 1976, Teaching temperature, *Physics Education*, vol. 11, p. 390.
- Driver, R. y Rusell, T., 1982, An investigation of the Ideas of Heat, Temperature and Change of State of Children Aget between 8 and 14 years. University of Leeds and Chelsea College. London.
- Erickson, G.L., 1979, Children's Conceptions of Heat and Temperature, *Science Education*, vol. 63, pp. 221-230.
- Erickson, G.L., 1980, Children's Wiewpoints of Heat: A Second Look. *Science Education*, vol. 64, pp. 323-336.
- Fernández Uria, E., 1986, Reflexiones acerca de los conceptos de calor, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, pp. 91-92.
- García Hourcade, J.L. y Rodríguez de Avila, C., 1986, Preconcepciones sobre el calor en 2° de BUP, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, pp. 188-193.
- Heath, N.E., 1976, Heating, *Physics Education*, vol. 11, pp. 389-390.
- Helsdon, R.M., 1972, A Logical Approach to the Concept of Temperature, *Physics Education*, vol. 7, pp. 388-389.
- Helsdon, R.M., 1975, Teaching Thermodynamics, *Physics Education*, vol. 11, pp. 261-262.
- Helsdon, R.M., 1982, The Zeroth Law of Thermodynamics, *Physics Education*, vol. 7, pp. 114-115.
- Macedo de Burghi, B. y Soussan, G., 1985, Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, pp. 83-90.
- Novak, J.D., 1978, An alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education, *Studies in Science Education*, vol. 5, pp. 1-30.
- Shaw, R., 1974, How do you Teach Heat in Schools?, *Physics Education*, vol. 9, pp. 73-74.
- Shayer, M., y Adey, P., 1984, La Ciencia de enseñar Ciencias, Narcea: Madrid.
- Shayer, M., y Wylam, H., 1981, The Development of the Concepts of Heat and Temperature in 10-13 year-olds, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 18, pp. 419-434.
- Stavy, R. y Berkovitz, B., 1960, Cognitive Conflict as a Basis of Teaching Quantitative Aspects of the Concept of Temperature, *Science Education*, vol. 64, pp. 679-692.
- Strauss, S., 1977, Educational Implications of U-shaped Behavioral Growth, *Ford Foundation position paper*.
- Summers, M.K., 1983, Teaching Heat an Analysis of Misconceptions, *School Science Review*, vol. 64, pp. 670-676.
- Tiberghien, A., 1980, Modes and Conditions of Learning. An exemple: The Learning of some Aspects of the Concepts of Heat, *Cognitive Development Research in Science and Mathematics*, University of Leeds. Leeds.
- Tiberghien, A., 1983, Critical Review on Research Aimet at Elucidating the Sense that Notions of Temperature and Heat Have for the Students aged 10 to 15 years, *Proceedings of the First International Workshop*, pp. 75-90. La Londe les Maures.
- Warren, J.W., 1972, The Teaching of Concept of Heat, *Physics Education*, vol. 7, pp. 41-44.
- Warren, J.W., 1976, Teaching Thermodynamics, *Physics Education*, vol. 11, pp. 388-399.
- Warren, J.W., 1982, The Nature of Energy, *Energy Journal of Science Education*, vol. 4, pp. 295-297.

**PRESENTACION DE REVISTAS**

**THE PHYSICS TEACHER**

The Physics Teacher, así como el American Journal of Physics, son publicaciones de la American Association of Physics Teachers. Pero, mientras el American Journal of Physics se centra, principalmente, en la enseñanza de la Física a nivel universitario e, incluso, en la línea de reciclaje de post-graduados, The Physics Teacher se centra en la Escuela Secundaria y es, por lo tanto, muy útil para nuestro nivel de Enseñanza Media. La publicación es mensual a lo largo del curso escolar, es

decir, nueve números al año.

Cada número cuenta con tres o cuatro artículos básicos, de mayor longitud, una serie de notas más breves, pero de gran utilidad para el aula o el laboratorio, y una serie de secciones fijas como:

- *Apparatus for Teaching Physics*
- *String and Sticky Tape*, experiencias simples con material casero.
- *How things Work*, explicación científica de instrumentos cotidianos (El marcapasos, el detector de alcohol en

sangre, las baterías sin mantenimiento, las lámparas halógenas, etc. ...).

- *Would you believe*, reseña de errores o afirmaciones confusas localizadas en los libros de texto (lógicamente U.S.A.).
- *In my opinion*, enfoques personales de los profesores sobre temas de Física.
- *Questions students ask*.
- *Doing Physics - Physics activities for groups*, fundamentalmente de tipo experimental.