



# Las representaciones de los alumnos como punto de partida. El caso de la energía

Rafael López-Gay Lucio-V.  
I.B. de El Ejido (Almería)

## RESUMEN

*Desde una concepción del profesor como investigador de los procesos que ocurren en el aula, y del programa de actividades y su propio marco como una de sus hipótesis de trabajo, se pretende mostrar cómo el estudio, en la misma aula, de las representaciones de los alumnos puede ser un valioso apoyo para la elaboración de dicha hipótesis así como para la motivación del alumno y como fuente de aprendizaje. Se concreta en el tema de la energía en un curso del primer ciclo de la Reforma de Enseñanzas Medias.*

## El marco inicial. Intenciones

Los trabajos realizados en los últimos años, tanto en el campo de la psicología como en el de la didáctica de las ciencias parecen confluir en una teoría del aprendizaje de naturaleza constructivista (Driver, 1986; Gil, 1986), de tal manera que el aprendizaje se considera como una integración compleja de nuevas informaciones en relación con las antiguas (Weil-Barais, 1984). Estas informaciones deben ser entendidas en un sentido amplio: conceptual, actitudinal, metodológico, de destrezas,... (García et al., 1987). Esta visión constructivista viene apoyada también desde la propia epistemología de las ciencias, si aceptamos un cierto paralelismo entre el desarrollo del pensamiento en el niño y el desarrollo del pensamiento científico en general, como queda claramente expuesto en el trabajo de Moreno (1986).

Bajo esta óptica, la elaboración de un programa de actividades que sea una hipótesis de trabajo del profesor como desarrollo de un proyecto curricular amplio y flexible, debe partir, entre otros elementos de información, de las representaciones de los alumnos. En

este momento, el profesor debe preocuparse más por lo que el alumno ya sabe o cree saber que por lo que el alumno debe llegar a saber. El conocimiento racional de estas representaciones orientará la programación del profesor, el tipo de problemas que puede plantear, ayudará al profesor en su interpretación de las conductas de los alumnos y de los datos que éstos extraen de sus propias experiencias (Weil-Barais, 1984). A su vez, es útil para el alumno el reconocimiento explícito de su marco inicial, que le obligue a seleccionar y organizar las informaciones que posee (Benlloch, 1984), sin olvidar el interés formativo y de motivación de la confrontación de distintas representaciones.

Son ya muchos los proyectos que se han desarrollado dentro y fuera de nuestro país teniendo en cuenta estas representaciones pero, por lo dicho anteriormente, no sólo deben ser tenidas en cuenta, sino que el alumno debe expresarlas. Como señala Giordan (1987): «... Por lo tanto las representaciones de los alumnos no deben ser tomadas en cuenta antes de iniciar una fase educativa, únicamente para prepararla, sino sobre todo durante ésta. Estas representaciones deben ser enfrentadas a

otras representaciones, a otros fenómenos, a experiencias sensibles».

Así, una de las tareas de un profesor investigador (Stenhouse, 1981; Porlán, 1985) a la hora de elaborar una parte concreta de su programación, será la de hacer explícitas las representaciones de los alumnos y apoyarse en ellas para construir el esquema conceptual donde pretende que el alumno llegue, enunciar objetivos-dificultades (frente a objetivos-intención), seleccionar las actividades que propondrá (Toussaint y Trelleu, 1986), y evaluar, a través de éstas, el cambio de representación (no sólo conceptual sino también metodológica y actitudinal) que se ha producido y los factores que han intervenido.

Por último, señalar que de la misma premisa de explicitación de las representaciones de los alumnos se derivan dos concepciones pedagógicas distintas (Cañal, 1986): aquella que trata de erradicar, eliminar, luchar contra esos errores conceptuales, y otra que trabajará con esa representación, se apoyará en ella, ayudando al alumno a ir avanzando hacia representaciones más complejas a través de constructos intermedios (Weil-Barais, 1984), amparada en la idea de que un modelo o concepto no es bueno o malo en abstracto, válido o no para el alumno sino en función del nivel de realidad donde vaya a aplicarse (Host, 1978; Halwachs, 1975).

Es en este marco de partida donde se sitúa este trabajo, no buscando universalizar o generalizar determinadas representaciones sino mostrar la riqueza de motivación e información para el profesor y alumnos que se puede extraer de actividades destinadas a la explicitación de ideas previas. En concreto, se trataba de programar el núcleo de energía, como desarrollo del proyecto curricular de Ciencias Experimentales de la Reforma de Enseñanzas Medias en Andalucía (Varios, 1987).

Resumimos intenciones citando la hipótesis de Giordan: «...¿no es más válido provocar en el alumno, en un primer momento, un esfuerzo personal de organización de las representaciones a partir de las informaciones recogidas en su vida real o provenientes de los medios de comunicación, que imponerle a priori la estructura considerada como las más útil y que a menudo tan sólo traduce una forma convencional de pensar?».

## Revisión

En nuestro país, tal y como se desprende de la lectura de los libros de texto de 2º de B.U.P., el procedimiento seguido para la introducción del concepto de energía parte de la definición operativa del trabajo (como mucho, se llega a advertir al alumno que no lo confunda con su representación) definiendo a continuación las magnitudes energía cinética, potencial (se da por supuesto que siempre es gravitatoria) y energía (total o mecánica) como la suma de ambas, representando ésta la capacidad de un cuerpo para producir trabajo; a partir de la interpretación energética de la caída libre se demuestra la conservación de la energía. Los inconvenientes de esta introducción a la energía pueden ser reconocidos por muchos de nosotros y han sido señalados con claridad en el trabajo de Duit (1985), destacando los siguientes: se reduce el término energía a las situaciones mecánicas; llega a confundirse la energía con el trabajo almacenado e incluso se confunden trabajo y energía («la energía se ha convertido en trabajo...»); se confunde energía potencial con la fórmula: « $mgh$ »; no se relaciona este término abstracto con la conceptualización del alumno; esta definición no será útil para el manejo de este concepto en otras materias como: Tecnología, Ciencias Naturales, Geografía, Historia, etc. (Audigier, 1985). Por último, la pretensión de partir de un concepto más familiar para el alumno como es el de trabajo no tiene más excusa que el carácter operacional de este concepto y la conocida simpatía que tenemos los profesores por este tipo de conceptos, pues el término energía es tan familiar o más para el alumno. Raras veces se hace referencia a otras «formas» de energía, su relación con el calor, etc.

Ante esta perspectiva, y dado el grado de abstracción del término energía, hay autores que han sugerido su desaparición del currículum en este nivel, aunque nosotros hemos optado por su aparición, opción por otra parte defendida por muchos autores como el propio Duit (1985), dado el carácter estructurante de este concepto, su potencia interpretativa y su utilización en tan diferentes áreas del saber y niveles de realidad (desde lo microscópico hasta lo macroscópico), así como en el lenguaje cotidiano. Será necesario, no obstante, desa-

rollar nuevos enfoques. Un repaso de los enfoques curriculares más frecuentes es ofrecido en el trabajo de Duit (1985) y en otros (Audigier, 1985; Toussaint y Trelu, 1986; Sevilla, 1986) destacando una revisión bibliográfica sobre el tema (Hierrezuelo, 1986).

### Procedimiento

Se trataba de detectar el pensamiento de los alumnos sobre el concepto de energía y su principio de conservación que le da sentido ya que, aunque la energía en sí sea un concepto teórico, a través de las transformaciones de energía podrá describir situaciones observables, es decir, será aplicable. Se preparó un conjunto de preguntas, una de las cuales hacía referencia directa a su idea de energía, y en otras se planteaban situaciones simples explicables fácilmente por el principio de conservación de la energía, para averiguar su interpretación. Se puede argumentar que el alumno no conoce el significado físico del término energía o su conservación pero, de acuerdo con Toussaint y Trelu (1986), «el niño como el adulto no experto construye, conscientemente o no, herramientas que le permitan anticipar los resultados de sus propias acciones o el efecto de los fenómenos naturales» (y tecnológicos, se podría añadir).

Algunas de las situaciones planteadas en las preguntas se referían a móviles perpetuos, partiendo de la idea de Audigier (1986) en la que afirma que «el concepto de energía ha sido construido históricamente por una sucesión de actos de renuncia realizados por los físicos, en concreto: renuncia a sacar provecho alguno sin ninguna inversión (abandono de búsqueda de motores perpetuos, etc.), lo que ha contribuido finalmente a la elaboración del primer principio de conservación de la energía para un sistema aislado». (Después cita una segunda renuncia que conducirá a la degradación de la energía).

El procedimiento seguido fue la realización inicial (y grabación) de dos entrevistas individuales que sirvieron para ajustar el cuestionario y obtener la información más rica debido a la facilidad para orientar la conversación hacia los aspectos más interesantes y profundi-

zar en su modo de razonamiento, llegándose a conocer mucho mejor el pensamiento del alumno. Además, es interesante señalar el interés que despertó el estudio de muchos problemas a lo largo de la conversación, según afirmaron los entrevistados. Los alumnos eran del primer curso de Reforma y el único requisito para su selección fue que no hubiese problemas de comunicación. Una vez analizadas las entrevistas se modificó el cuestionario y se pasó al grupo completo.

El cuestionario final se muestra a continuación (\*):

(Aclaración: Es bueno que, si puedes, aclares tus contestaciones usando también dibujos)

1.1. Observa atentamente el siguiente montaje, construido con el objetivo de producir un movimiento continuo: Tomamos dos poleas y las colocamos una en la parte superior y otra en la inferior; ahora hacemos pasar por las poleas una cadena, quedando de la siguiente forma:

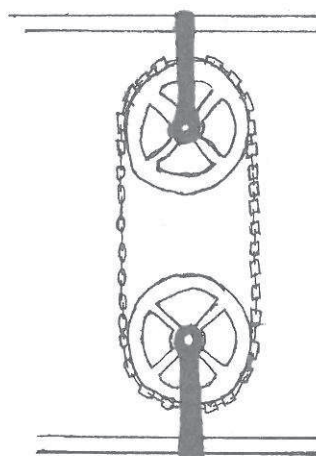


Figura 1

¿Conseguiremos así que la cadena se mueva indefinidamente?.

\* Los dibujos, unos originales y otros reproducciones, han sido realizados por M. Teresa Sánchez-Lafuente.

1.2. Observa ahora este otro dispositivo construido con el mismo objetivo que el anterior:

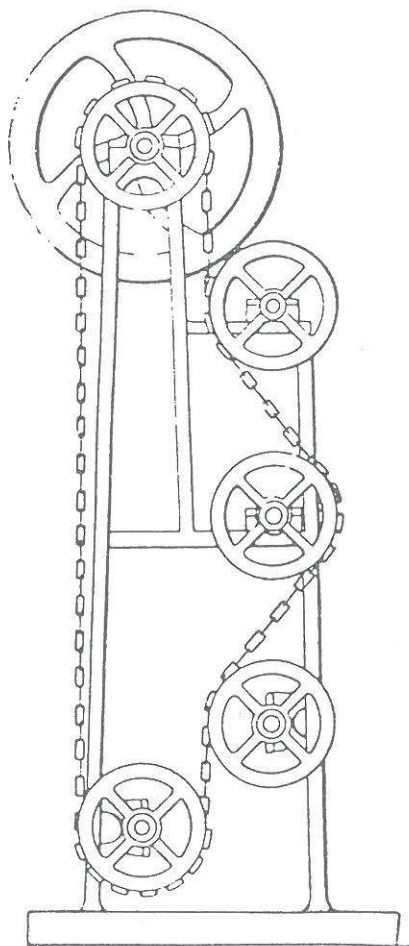


Figura 2

Su inventor hace la siguiente defensa de su aparato: «Cualquiera que sea la posición de la cadena, su lado derecho debe pesar más que el izquierdo. Por consiguiente, esta parte de la cadena debe tirar de la otra e ir bajando ininterrumpidamente, con lo cual hará que se mueva todo el mecanismo».

¿Estás de acuerdo?. Justifica tu opinión, añadiendo todos los comentarios que creas oportunos.

1.3. ¿Será posible construir un reloj que funcione eternamente sin necesidad de darle

cuerda?. ¿Se te ocurre algún mecanismo que pueda producir ese efecto?.

2. Generalmente decimos que para que cualquier dispositivo funcione, necesita «algo». Comenta esta opinión. ¿Qué es ese «algo»?.. Escribe todas las respuestas que se te ocurran.

3.1. Imagina un aparato de radio. Para que funcione, seguramente necesitará «algo». Explica y dibuja quién aporta ese «algo», quién se lo aporta a este último, quién se lo aporta a éste,... y así sucesivamente. Al final, ¿dónde va a parar ese «algo»?.

3.2. Imagina que estás calentando en casa un recipiente con agua. Para que esto ocurra, seguramente se necesitará «algo». Explica y dibuja quién aporta ese «algo». Quién se lo aporta a este último, quién se lo aporta a éste,... y así sucesivamente. Al final, ¿dónde va a parar ese «algo»?.

3.3. Imagina un coche moviéndose por una carretera. Para que esto ocurra, seguramente el coche necesitará «algo». Explica y dibuja quién aporta ese «algo», quién se lo aporta a este último,... y así sucesivamente. Al final, ¿dónde va a parar ese «algo»?.

4. Imagina que eres un «diminuto» que te introduces por el enchufe de la pared de tu habitación y comienzas a caminar (siguiendo el cauce de la «electricidad»). Dibuja y comenta los lugares más importantes que te encontrarías en ese viaje imaginario, el lugar aproximado donde se encuentran, y lo que ocurre en cada uno de esos lugares.

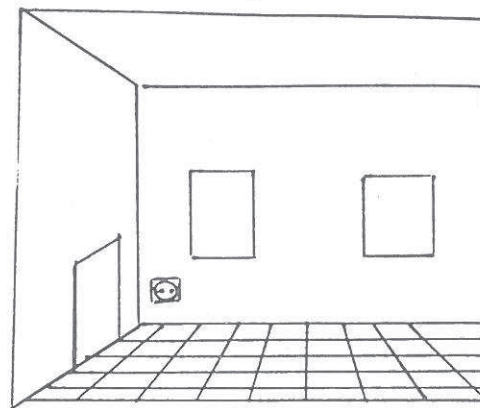


Figura 3

5. Observa este dibujo:

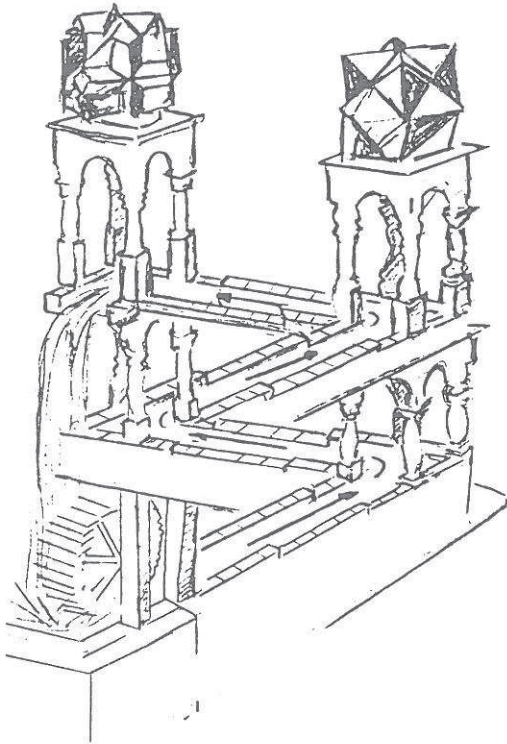


Figura 4

El agua cae desde arriba, mueve una rueda al llegar abajo, y el agua vuelve a subir arriba. Escribe y comenta todo lo que te sugiera el dibujo.

6. Escribe todo lo que te sugiera la palabra ENERGIA, y todo aquello con lo que la asocias. ¿Qué es la energía?.

La pregunta 1.2. se sacó del texto de Perelmann, y el dibujo de la pregunta 5 del libro de Tipler. Respecto a la validez, se detectaron resultados negativos en la formulación de las preguntas 2,3,1,3.2 y 3.3, siendo las más fecundas en información las preguntas: 1.1, 1.2, 1.3, 4 y 6.

## Conclusiones

### Una causa inmediata

Los alumnos manejan un esquema causal antes que conservativo para explicar la reali-

dad. Para ellos, todo necesita una causa para que funcione, pero en cuanto se encuentra una causa inmediata queda satisfecha la necesidad de explicación.

Así, la mayoría de los alumnos piensa que el móvil perpetuo de la pregunta 1.1 no funcionará, pues nadie lo empuja; sin embargo, en la entrevista, cuando trato de convencerlos utilizando un argumento similar al 1.2 ambos admiten, en un principio, que funcionará. La situación es más clara en la pregunta 1.2 donde la mayoría admite el funcionamiento del dispositivo, y los que no lo hacen, muchos alegan razones sin peso alguno: los dos lados de la cadena son independientes, las ruedas no son dentadas, no es posible que un lado pese más que el otro,... De la misma manera, más de la mitad de los alumnos admiten el funcionamiento de la situación planteada en la pregunta 5, pues «la rueda, al moverse, empuja el agua hasta arriba».

### Esquemas socioeconómicos

Lo que les hace a algunos alumnos no admitir la existencia de móviles perpetuos, al igual que lo que les hace dudar o produce extrañeza a los que sí lo admiten, son razones de tipo socioeconómico: «no es posible que algo funcione por sí solo», «ya se habría inventado», «no existiría crisis energética y todo eso»... Esta incorporación de esquemas sociales parece interesante pues la influencia no es sólo a nivel terminológico (acepciones distintas del término energía) sino también a nivel interpretativo.

Esto se refleja claramente en la respuesta a la pregunta 1.3 donde la mayoría se da cuenta que no es posible un reloj que funcione eternamente. Aun así, hay alumnos en que la evidencia física ha convencido a la socioeconómica: «puedo dar cuerda al reloj eternamente con un aparato como el de la pregunta 1.2».

Otro reflejo de la misma idea : en una de las entrevistas se había llegado a que una centralita producía por sí misma electricidad. Pero al cabo del rato lo niega: «¿entonces ya tendríamos electricidad con sólo montar una casetilla o centralita de ésas! ¡eso no puede ser! ¡la gente está siempre buscando fuentes de energía!».

Cuando se plantean la contradicción entre la existencia de móviles perpetuos y la evidencia socioeconómica, a veces la resuelven aduciendo que, aunque es posible un movimiento

continuo, se necesita «algo», energía, pues todo se desgasta o bien acaba estropeándose. No durará entonces eternamente.

#### *La energía es el aparato*

Muchos consideran que lo necesario para el funcionamiento es únicamente el dispositivo, las piezas de que está compuesto. En algunos casos esto puede ser debido a una mala formulación de la pregunta, pero no será siempre así ya que hay alumnos que sí la entienden pues contestan acertadamente; además, la conclusión apunta hacia lo que se obtiene del cuestionario de Audigier (1986): confusión entre el producto que utiliza la energía y la energía misma.

#### *Una fuente inmediata*

Aproximadamente la mitad citan la energía o una fuente de energía como ese «algo» necesario para que las cosas funcionen. En cuanto a su origen, la mayoría llega a la fuente más inmediata, de acuerdo con la primera conclusión: pila, gas, gasolina, etc. El caso donde más se continúa indagando en el origen es en el de la gasolina, llegando hasta la Naturaleza y la descomposición de la materia orgánica como última fuente. En otros casos, llegan hasta una Central, sin especificar lo que allí ocurre.

#### *Fábrica de energía*

Parece, pues, que existe una idea de «caja--negrismo», de «fabricación» de energía en un lugar donde no se sabe lo que ocurre (aspectos mágicos), pero de ahí sale la energía. Esto es evidente en la pregunta 4 donde todos avanzan por cables, y algunos llegan hasta: un contador, un generador de electrones, un aparato que almacena la electricidad que está detrás de la pared, algunos elementos como resistencias, voltímetros y amperímetros, otros siguen avanzando hasta una caseta, una centralita o una central. Indagando en la entrevista. (P): «¿Qué ocurre allí?». (R): «Habrà algún mecanismo que produzca la electricidad, por ejemplo la energía». (P): «¿De dónde sale esa energía?». (R): «No sé la centralita no puede tener su propia energía: bueno, quizás sí; no sé... (razones socioeconómicas)». En un solo caso de todos los cuestionarios se intenta explicar lo que ocurre en la Central: se cita la existencia de una turbina donde, al caer el

agua, mueve una rueda que al rozar con el agua aparecen los electrones (referencia a la electrificación por frotamiento). En otro caso, los cables del enchufe acaban en el pararrayos más cercano que es donde se produce la electricidad al descargarse por él el rayo.

#### *La energía se gasta*

¿Dónde va la energía después de ser utilizada? Se cita: el ambiente, el humo, el calor, otros gases,... pero lo más común es no contestar o decir que se pierde, que desaparece o que se queda en el dispositivo. Esto, junto con el esquema causal frecuentemente usado por el alumno parece apuntar hacia la idea mantenida por Toussaint y Trelu (1986): dede la Antigua Grecia, una de las maneras de explicar estas desapariciones es admitiendo la regla: «Todo agente sufre las consecuencias al actuar»: la producción del efecto se hace en detrimento de la causa, hay consumo de causa.

#### *Acepciones de la energía*

En lo referente a la acepción del término energía, las principales respuestas que aparecen son las siguientes (siguiendo la agrupación sugerida por Toussaint):

– Contestaciones inmediatas, donde la energía es sinónimo de evidencia: asocian la energía con el movimiento y aquello que hace funcionar las cosas (difícilmente entenderán entonces la idea de energía potencial).

– Descripciones «animistas» o antropomórficas asocian la energía con ellos mismos, con las personas, pero con poca frecuencia (su edad no es fuertemente egocéntrica).

– Concretización, representaciones de tipo causal o sustancialista: son junto con el primer grupo, las más frecuentes. Aparecen las ideas de fuerza y electricidad.

– Otras respuestas: confunden energía con fuentes y tipos de energía. Parecen respuestas más de dominio académico, lo que recuerdan de otros años: «no sé qué es la energía ni para qué sirve, pero sí que hay eólica, hidráulica, solar... todo eso».

Finalmente...

Si pretendemos una enseñanza de las ciencias que responda a las necesidades de la mayoría de nuestros alumnos, de todos los ciudadanos, carece de fundamento un plan-

teamiento abstracto más orientado a «avanzar en el conocimiento de la disciplina» (¿es una abstracción la disciplina?). Queda claro que nuestros alumnos tienen ya una determinada conceptualización de la energía, vaga si se quiere, a veces sustancialista, con carácter causal o de evidencia, pero qué puede ser un punto de partida para analizar las distintas transformaciones que «sufre» la energía que consumimos y salir de la duda del «cajanegrismo». A este respecto, seguir el proceso de transporte de energía hasta disponer de energía eléctrica de uso doméstico, llegando a la Central (¿por qué no visitarla?). Puede ser una buena actividad funcional, generadora de problemas para los alumnos), explicitando previamente lo que allí ocurre e investigando después, puede afianzar el principio de conservación de la energía, que ya disponen débilmente a través de esquemas socioeconómicos. A su vez, conviene presentar simultáneamente el concepto de degradación de la energía, entendiendo distintas «calidades» de energía, si queremos aplicar el principio a situaciones reales.

En general, se trata de fortalecer la triada: transformación-conservación-degradación que, aplicándola a partes clásicamente distintas de la física (mecánica, electricidad, cambios de estado, etc) permita una nueva conceptualización (en el fondo, un paso de esquemas de tipo causal a otros conservativos) de la energía: como un potente concepto vertebrador y modelo interpretativo para explicar y predecir fenómenos muy diferentes de la realidad.

Pero, ¿no ocurre lo mismo con todo el constructo de la ciencia?, ¿acaso a la realidad «le importa algo» cómo la queramos describir, en qué términos la queremos interpretar?, ¿es real algún concepto?.

## REFERENCIAS

- AUDIGIER, F. (1985) *Enseignement de L'énergie*. Collection Rapports de Recherches, nº: 7, I.N.R.P.
- BENLLOCH, M. (1984) *Por un aprendizaje constructivista de las Ciencias*. Visor.
- CAÑAL, P. (1986) Las representaciones de los alumnos: errores a eliminar o pasos necesarios en el proceso evolutivo de reconstrucción personal del conocimiento?. *Actas de las IV Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela*, pp. 133-138, Sevilla.
- DRIVER, R. (1986) Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 4 (1), pp. 3-15.
- DUIT, R. (1985) *In search of an energy concept* (Paper prepared for «Conference on Teaching about Energy within the Secondary School Science Curriculum»), Leeds.
- GARCÍA, J. E. et al. (1987) *Modelo Didáctico Investigativo*, (sin publicar).
- GIL, D. (1986) La metodología científica y la enseñanza de las Ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4 (2), pp. 111-121.
- GIORDAN, A. (1978) *La enseñanza de las ciencias*. Pablo del Río, Madrid, 1982.
- GIORDAN, A. (1987) Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, vol 5 (2). pp. 105-110.
- HALWACHS, F. (1975) *La física del profesor: entre la física del físico y la física del alumno*. En: Coll, C. Psicología genética y aprendizajes escolares. Siglo Veintiuno, Madrid, 1983.
- HIERREZUELO, J. (1986) Revisión bibliográfica sobre la enseñanza de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, vol 4 (3), pp. 266-268.
- HOST, V. (1978) El lugar de los procedimientos de aprendizaje «espontáneo» en la formación científica. *Infancia y Aprendizaje*, 19-20, pp. 3-20, 1982.
- MORENO, M. (1986) Ciencia y construcción del pensamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4 (1), pp. 57-63.
- PERELMANN, Y. (1968) *Física Recreativa (I y II)*. Mir, Moscú, 1975.
- PORLAN, R. (1985) El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. *Investigación en la Escuela*, nº 1 pp. 63-70.
- SEVILLA, C. (1986) Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4 (3), pp. 247-252.
- STENHOUSE, L. (1981) *Investigación y desarrollo del curriculum*. Morata, Madrid, 1984.
- TIPLER, A. ( ) *Física*. Vol. 1. Reverté.
- TOUSSAINT, J. Y TRELLU, J. L. (1986) *La conservación*. *Un grand principe*. En: Eclairages sur l'énergie, Aster núm. 2.
- VARIOS (1987) La Reforma de las Enseñanzas Medias en Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía, Sevilla.
- WEIL-BARAI, A. (1984) *Les élèves inventent à partir de ce qu'ils savent*. En: *Experimenter* (sur les chemins de l'explication scientifique), Privat, Toulouse.

**SUMMARY**

*From the point of view of the teacher as researcher of the processes which occur in the classroom, the study seeks to focus on the frameworks of the students, from within the classroom, as the tools for the confection of their program hypothesis.*

*This study serves both as motivation for the student as well as a source of learning.*

*The study concentrates on the subject of energy in a year of the first cycle of the Middle School Reforms.*

**RESUME**

*A partir d'une conception du professeur comme chercheur, concernant les processus apparaissant dans la classe, ce à quoi l'on prétend c'est envisager l'étude, dans la classe elle-même, sur les représentations des élèves, utilisées comme outils, en vue de l'élaboration de leur programme hypothèse. Cette étude est en soi, tant motivante pour l'élève, que source d'apprentissage.*