

Experiencias para la enseñanza de la ciencia en la educación básica.

Criterios de secuenciación de contenidos en educación primaria: aplicación al caso de “máquinas y aparatos”

Luis Hernández-Abenza*

Abstract (Secuencing criteria of contents in Primary Education: contents relateds with the machines and the energy)

In this study we propose criteria selection for sequencing of contents done by pre-service teachers for Primary Education, so that they allowed design sequences of contents specifics for the development of curriculum. We justify the process of selection of criteria, the selection criteria and, finally, we propose a sequence for Primary Education contents related with machines and the energy.

Introducción

Las características de los alumnos de educación primaria, con una edad determinante para su formación como futuras personas adultas y con un perfil cognitivo especialmente dinámico, delimitado por el tránsito en el estadio de operaciones concretas pero con interacciones evidentes con los estadios anterior (preoperacional) y posterior (operaciones formales), hace pensar en la importancia de establecer una secuenciación idónea de contenidos, a lo largo de los diversos niveles de esta etapa educativa, que permita una adquisición significativa y eficaz de dichos contenidos por parte de los alumnos.

El currículo oficial español para el área de Conocimiento del Medio de educación primaria establece unos criterios generales, basados en aspectos psicológicos, científicos y epistemológicos, dejando un margen bastante amplio para que el profesorado pueda concretar sus propuestas de secuenciación de contenidos con base en criterios generales y en otros más específicos delimitados por los propios

profesores. En este sentido, es preciso dotar al profesorado de herramientas que le permitan establecer y aplicar criterios de secuenciación de contenidos.

Con base en estas consideraciones generales se pretende, en este trabajo, desarrollar en los alumnos de formación inicial del profesorado de educación primaria de la Universidad de Murcia (España), la capacidad de establecer y saber aplicar criterios de secuenciación de contenidos, ejemplificando el caso con contenidos relacionados con “Máquinas y aparatos”.

Fundamentación para la selección de criterios de secuenciación

El currículo oficial para el área de Conocimiento del Medio en educación primaria plantea una selección general de contenidos que son explicitados a través de diversos bloques temáticos. Una vez seleccionados los contenidos y justificado su aprendizaje de forma continua, se proponen una serie de criterios generales para su secuenciación, los cuales vienen explicitados a través de cuatro tipos: criterios de progresión en el espacio y tiempo, tratamiento didáctico adecuado de conceptos (desde el entorno próximo al alumno a otros ámbitos más generales), criterios cognitivos y tratamiento cíclico de contenidos a lo largo de los diversos niveles. Estos criterios pueden ayudar al profesorado en sus tareas de planificación y secuenciación, las cuales incluyen la toma de decisiones respecto en qué momento o a qué nivel es conveniente iniciar el desarrollo de un contenido determinado y su posterior secuenciación en cursos sucesivos.

Analizando la investigación educativa en esta línea, podemos encontrar las primeras aportaciones importantes en los trabajos de Gagné (1971), sobre la secuenciación del contenido basada en las jerarquías de aprendizaje, o las aportaciones de Ausubel (1978), centradas en secuenciación de contenidos mediante la teoría del aprendizaje significativo, entre otros autores destacados. En un marco más operativo, diversos autores han trabajado en la selección de

*Universidad de Murcia, Facultad de Educación, Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Campus de Espinardo, 30100 Murcia.

Correo electrónico: abenza@um.es

Recibido: 11 de enero de 2005; aceptado: 15 de marzo de 2005.

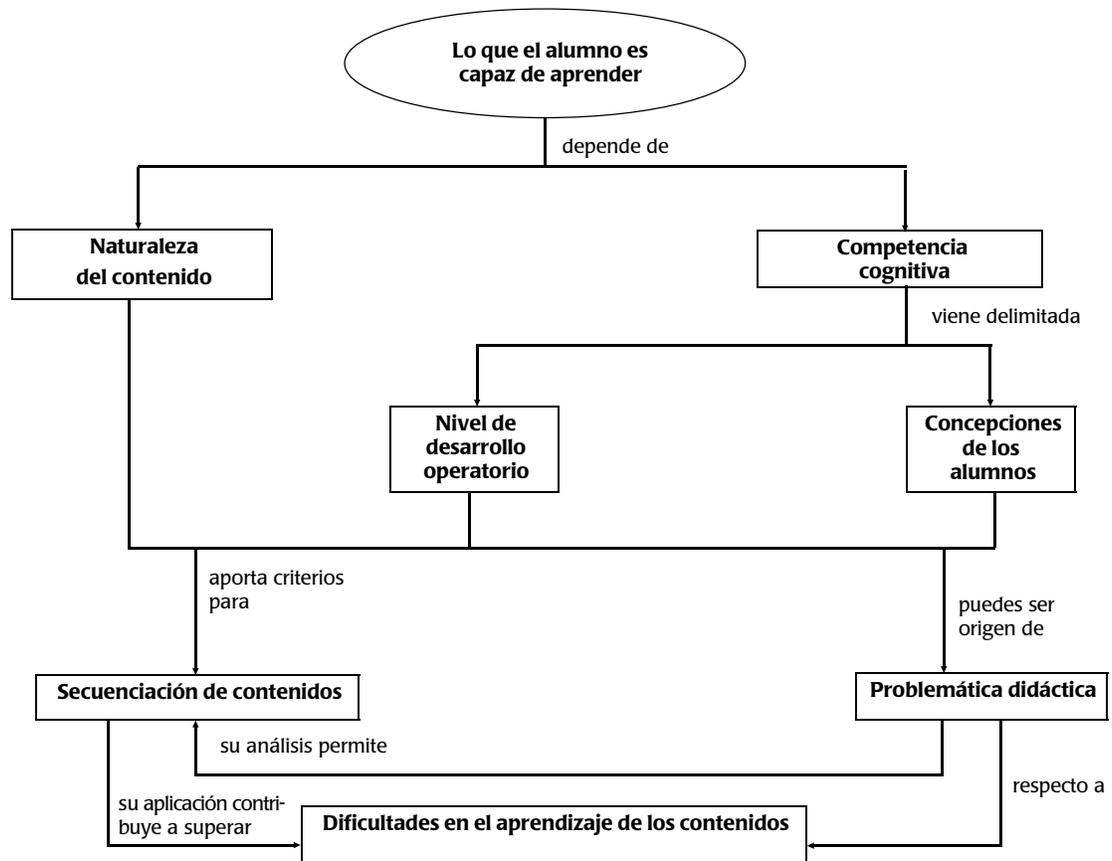
criterios de secuenciación de contenidos, definidos principalmente con base en las características psicológicas de los alumnos y fundamentados en la teoría de Piaget, perspectiva que según Pozo (1989) clarifica bastante bien el desarrollo del conocimiento en Ciencias y la organización del mismo en la mente del sujeto. Hay trabajos como el de “Psicogénesis e Historia de la Ciencia” (Piaget y García, 1982), que son una herramienta básica para algunos autores (Marín, 1994; Solano y Jiménez, 1998) a la hora de establecer criterios de secuenciación del contenido en Ciencias. Otros trabajos importantes para la secuenciación de contenidos son los de Richmond (1980) y los de Shayer y Adey (1983).

Respecto a algunas aportaciones interesantes de estos trabajos, Marín (1994) resalta la importancia de tener en cuenta tanto la capacidad procesal de los alumnos en los diferentes estadios operacionales, como la psicogénesis del contenido objeto de enseñanza (referida a los esquemas explicativos de los

alumnos), a la hora de utilizar criterios para las tareas de secuenciación de contenidos por parte de los profesores. Solano y Jiménez, (1998) utilizan estos mismos criterios para realizar un análisis de la secuenciación de contenidos de diversos proyectos curriculares para educación obligatoria (primaria y secundaria), análisis cuyo resultado refleja una secuenciación basada en criterios lógicos deducidos de las ciencias, los cuales no son del todo suficientes para garantizar una adquisición significativa de contenidos por parte de los alumnos a los que van dirigidos.

La propuesta sobre selección de criterios de secuenciación de contenidos incluida en este trabajo, tiene como referencia básica tanto los criterios generales del marco oficial, como algunos de los definidos por los investigadores citados anteriormente, de tal forma que pensamos que lo que el alumno es capaz de aprender en un momento determinado de su etapa de educación obligatoria (cuadro 1) depende principalmente de los dos factores siguientes:

Cuadro 1. Mapa conceptual para la delimitación de criterios para la secuenciación de contenidos.



- Características epistemológicas del contenido, referido a la naturaleza y evolución histórica de los conceptos implicados en el contenido objeto de enseñanza.
- Competencia cognitiva de los alumnos sobre el contenido: referido tanto a su nivel de desarrollo operatorio como a su conocimiento previo sobre el contenido.

Criterios de secuenciación

Creemos que la secuenciación del contenido en ciencias a lo largo de los diversos niveles de educación obligatoria debe delimitarse por la información proveniente de los criterios siguientes:

a) Naturaleza del contenido de enseñanza

El estudio de la evolución histórica de la formación de conceptos relacionados con el contenido de enseñanza supone un criterio de gran interés para su secuenciación y su posterior aprendizaje, ya que la adquisición de los mismos por parte de los alumnos dependerá de las exigencias cognitivas que lleven implícitas y serán función de su naturaleza y de la evolución de su formación. Así, por ejemplo, en el caso de los principios de conservación y degradación, la evolución histórica de su planteamiento es diferente e influye significativamente en su aprendizaje por parte de los alumnos. Como dice Piaget (1979), el concepto de degradación fue evidenciado por la experiencia antes de ser asimilado por la razón, mientras que el concepto de conservación fue postulado por la razón antes de que pudiera ser acomodado a la experimentación, de tal forma que es más fácil de aprender el concepto de degradación e incluso su adquisición ayuda a comprender posteriormente el concepto de conservación, debido a que para el alumno se hacen evidentes, con la degradación, receptores de energía que antes no tenía en cuenta en el estudio de determinadas interacciones del entorno cotidiano (como por ejemplo la superficie exterior de una lavadora como receptora del calentamiento y del sonido producidos en su funcionamiento).

b) Capacidad procesual de los alumnos

Capacidad referida al grado de adquisición y de ejercitación de procedimientos relacionados con los procesos implicados en la construcción del conocimiento científico. Aunque las tareas en las que aparecen los diversos procesos de la ciencia son diferentes según sea el contenido a aprender, hemos de

atender a la capacidad que tiene el alumno, en función del estadio en el que se desenvuelva, para realizar un proceso determinado; así, por ejemplo, analizar las variables que utiliza o relaciona en el proceso de observación de un fenómeno o situación del entorno cotidiano (como puede ser el caso de los efectos de la contaminación de una máquina o aparato determinado).

c) Grado de adquisición de esquemas de comprensión científica

Así, un esquema de comprensión científica como es el de conservación, aplicado al caso de la energía, lleva implícito unas exigencias cognitivas, debido a la naturaleza de los conceptos implicados en dicho esquema (Shayer y Adey, 1983), que limitan su aprendizaje en la etapa de educación primaria, de tal forma que sólo es aconsejable un planteamiento inicial, y a un nivel meramente descriptivo, a partir del último curso de dicha etapa. La problemática didáctica generada en la enseñanza de esta cualidad de la energía se refleja en aspectos como la dificultad de los alumnos en general para hacer compatible la conservación de la energía con la degradación, la limitación que les supone el atender al cambio en sí mismo y al camino recorrido más que al análisis del estado inicial y final del sistema, o su deficiencia en el conocimiento matemático para la justificación cuantitativa de la conservación.

d) Conocimiento previo del contenido

Las experiencias previas de aprendizaje de los alumnos, bien sean adquiridas en el ámbito escolar o extraescolar, darán como resultado un bagaje de ideas y de esquemas conceptuales sobre el contenido objeto de enseñanza, cuya exploración es determinante para una buena secuenciación de los conceptos implicados en dicho contenido. En general, los esquemas conceptuales que los alumnos de estas edades suelen tener sobre la energía incluyen asociaciones “exclusivas” de energía con seres vivos, con “combustible”, con “sustancia” que se puede almacenar, con movimiento y actividad, confunden fuerza y energía, y, finalmente, la energía que “puede gastarse y por lo tanto no se conserva”.

e) Esquemas explicativos de los alumnos sobre el contenido de enseñanza

Lo que el alumno es capaz de aprender en un momento determinado depende también de la interacción mutua entre la capacidad operatoria del

Cuadro 2. Delimitación cognitiva de algunos contenidos relacionados con la energía.

Estadio	Concreto inicial	Concreto avanzado	Formal inicial
Contenidos			
Trabajo y energía		Los dos conceptos son aún intuitivos Trabajo es energía gastada	Comprensión de las ecuaciones matemáticas que los relacionan
Calor y temperatura	No hace distinción entre calor y temperatura.	Conceptualización de la temperatura pero no de la cantidad de calor	Modelo calórico para la relación calor/temperatura
Esquemas de comprensión científica: Conservación	Se conserva la cantidad de sustancia pero peso y volumen no	Se conserva el peso; el volumen se conserva si el cuerpo es visible	Admite todas las conservaciones pero no comprende la de la energía
Capacidad procesual: Control de variables	Modifica condiciones, con una sola variable, para ver lo que ocurre	Puede controlar, al menos, una variable	Es capaz de aprender técnicas de control de variables

sujeto y su conocimiento previo sobre el contenido objeto de enseñanza, de tal forma que sus esquemas explicativos sobre dicho contenido estarán más o menos desarrollados en función de las características de esta interacción y, en consecuencia, secuenciaremos los conceptos implicados con base en el estado dinámico de estos esquemas. Así, por ejemplo, alum-

nos de un entorno rural tendrán unos esquemas explicativos sobre descripción y funcionamiento de máquinas y herramientas agrícolas, que serán diferentes y evolucionarán de forma distinta a los esquemas de los alumnos del mismo nivel educativo y pertenecientes a un entorno netamente urbano, donde se presenta una interacción experiencias-estadio evolutivo diferente, debido a sus escasas experiencias de aprendizaje, desde el ámbito extraescolar, sobre este tipo de máquinas.

El conjunto de estos criterios delimitan lo que el sujeto es capaz de aprender potencialmente sobre el contenido a enseñar. Para que ocurra realmente un aprendizaje significativo, es importante tener en cuenta también criterios didácticos por parte de los futuros profesores, para adaptar sus tareas de planificación y ejecución de la enseñanza del contenido, así como las exigencias del currículum oficial, a las características psicológicas de los alumnos, a la forma de aprender de éstos y a los criterios de secuenciación de contenidos fundamentados.

Propuesta de secuenciación general de contenidos para el caso de máquinas y aparatos

En trabajos anteriores (Hernández, 1993 y 1995) hemos puesto de manifiesto nuestro interés por el tema de la energía, abordado desde una triple perspectiva científica, tecnológica y social, y tratando de indagar sobre la problemática de su enseñanza y de las dificultades de su aprendizaje por parte de los alumnos. Los trabajos encontrados en la bibliografía de investigación educativa a este respecto constituyen un marco de referencia sólido y valioso, en cuanto a autores y calidad y variedad de las aportaciones, para seguir tratando de profundizar y contribuir en la resolución de las problemáticas detectadas y en las que vayan apareciendo. Aportaciones recientes, como las de Jiménez y Gallastegui (1997), Trumper (1997) y Mellado (1998), entre otros, van en este sentido. Respecto a la secuenciación de contenidos, además de los trabajos comentados en el primer apartado, las aportaciones de Pro (1997) son interesantes porque están centradas en un tema poco abordado hasta ahora como es la secuenciación de contenidos procedimentales.

La secuenciación de contenidos aquí propuesta abarca a toda la etapa de educación primaria y dado el gran número de temas, así como la variedad de los contenidos incluidos en el bloque de máquinas y aparatos, se ha trabajado con contenidos relaciona-

Cuadro 3. Secuenciación de contenidos conceptuales.

Primer ciclo (6-8 años)	– Evidencias sobre la utilización de la energía por el hombre.
Segundo ciclo (8-10 años)	– Conocer y describir herramientas y aparatos del entorno Evidencias sobre manifestaciones de la energía.
Tercer ciclo: (10-11 años)	– Máquinas simples y compuestas; tipos de palancas. – Conocer los recursos energéticos más utilizados. – Diferenciar conceptos de emisor, transferencia y receptor de energía. – Evidencias de energía útil y no útil en el entorno cotidiano – Iniciar delimitación de un marco operativo (social y tecnológico) para el estudio de la energía.
Tercer ciclo: (11-12 años)	– Poleas y planos inclinados; máquinas con operadores combinados. – Diferenciar el concepto de <i>fuerza</i> respecto a la energía. – Receptores de energía evidentes y no evidentes; transmisor de energía. – Comprensión del grado de utilidad de la energía en sus diversas manifestaciones. – Plantear evidencias sobre la conservación de la energía a través de sus diversas manifestaciones en situaciones del entorno cotidiano. – Ampliar y delimitar marco operativo (científico, tecnológico y social) para el estudio de la energía.

dos con el tema de la “energía, máquinas y recursos energéticos”. Esta secuenciación, propuesta en función de la utilización de los criterios anteriores y con base también en las aportaciones (cuadro 2) de Shayer y Adey (1983) y Marín (1994), aparece estructurada (cuadros 3, 4 y 5) de acuerdo con la diferenciación pedagógica de los contenidos en tres tipos (conceptos, procedimientos y actitudes).

Consideraciones finales

En primer lugar hemos de destacar que la exploración de ideas sobre la energía realizada en los alumnos de los diversos ciclos de Educación Primaria (Hernández, 1993 y 1995), ha contribuido a contrastar la viabilidad de nuestra propuesta de secuenciación de contenidos, en función de su relación con los diversos criterios señalados anteriormente, la cual está llevándose actualmente a la práctica por parte de algunos de nuestros alumnos de formación inicial, a través de las prácticas que realizan en el aula de primaria.

Teniendo en cuenta las dificultades propias de coordinación con los maestros de las clases de prácticas y la adecuación de nuestra propuesta al proyecto curricular ya planificado previamente por el maestro, aparte de otros problemas e imprevistos habituales en esta asignatura tan compleja de “Prácticas de enseñanza”, creemos que los resultados obtenidos hasta ahora, expuestos por nuestros alumnos en sesiones de puesta en común entre todos los que han enseñado contenidos sobre la energía, son significativos e interesantes para seguir trabajando en esta línea de secuenciación, aunque todavía no hay resultados concretos que nos permitan clarificar definitivamente las lagunas y los aciertos de nuestra propuesta.

Para secuenciar los contenidos de tipo conceptual, teniendo en cuenta los criterios *d* y *e*, principalmente hemos trabajado de forma gradual con los procesos de *evidencia* de fenómenos o situaciones, *identificación* de los mismos y *comprensión* de conceptos básicos asociados a dichos fenómenos (cuadro 3). Se detecta en los alumnos problemática en la diferenciación de conceptos básicos relacionados con la energía (trabajo, fuerza, calor, ...), por lo que, en función del análisis realizado, parece conveniente, aplicando el criterio *a*, abordar en educación primaria la descripción de fenómenos y situaciones del entorno cotidiano relacionados con la energía, y plantear trabajo y calor solamente como procesos implicados en la transferencia de energía. Posteriormente, en

Cuadro 4. Secuenciación de contenidos procedimentales.

Primer ciclo (6-8 años)	– Observación no sistemática de aparatos domésticos (en reposo y funcionando).
Segundo ciclo (8-10 años)	– Exploración de aparatos simples de uso cotidiano y descripción verbal de sus funciones. – Clasificar máquinas y aparatos en base a la fuente de energía utilizada. – Manipulación de herramientas simples con un fin determinado. – Observación de manifestaciones de la energía del entorno cotidiano.
Tercer ciclo (10-11 años)	– Manipulación de aparatos simples y descripción de sus operadores principales – Clasificación de máquinas y aparatos por su grado de complejidad – Realización de experiencias sencillas con palancas – Construcción de dispositivos simples para aprovechar la energía y realización de informes escritos al respecto – Identificar manifestaciones de energía del entorno cotidiano
Tercer ciclo (11-12 años)	– Desmontar y montar juguetes eléctricos. – Predecir comportamiento de juguetes móviles ante modificación de variables. – Realización de experiencias sencillas con poleas y planos inclinados. – Construcción de dispositivos simples para transferir la energía y realización de informes escritos al respecto. – Categorizar manifestaciones de la energía en los diversos recursos energéticos utilizados por el hombre. – Identificación de receptores de energía no evidentes en aparatos funcionando. – Elaboración y realización de encuestas sobre el uso de máquinas y aparatos.

educación secundaria, se puede establecer la diferenciación progresiva de todos estos conceptos básicos.

Otra de las principales problemáticas encontradas (relacionada con los criterios de secuenciación *d* y *e*) es la dificultad que tienen al trabajar con ejemplos de la vida cotidiana (como por ejemplo en una lavadora funcionando), los cuales les permiten acceder a las primeras evidencias, a nivel cualitativo, de degradación y conservación de la energía. Esta dificultad está originada, además de por las exigencias cognitivas de estos principios en estos niveles educativos (Gil, 1993 y Claxton, 1995), también por la falta de experiencia de los alumnos en diferenciar receptores de la energía no evidentes en su entorno cotidiano, aspecto éste que creemos básico para generar un marco inicial de ideas para la comprensión posterior de estas cualidades sobre la energía. Los alumnos de estos niveles tienen un esquema de conservación (criterio *c* de secuenciación) enmarcado en el ámbito de las operaciones concretas y, por lo tanto, insuficiente para el caso de conservación de la energía. Si parece posible el trabajar en 11-12 años, en la identificación de receptores de energía que no suelen

Cuadro 5. Secuenciación de contenidos actitudinales.

Primer ciclo (6-8 años)	<ul style="list-style-type: none"> – Iniciar motivación sobre el tema de la energía y sus aplicaciones. – Iniciar en normas sobre conservación del medio ambiente.
Segundo ciclo (8-10 años)	<ul style="list-style-type: none"> – Concienciarles de la contribución de máquinas y aparatos al bienestar humano. – Ayudarles a descubrir existencia de situaciones y problemas relacionados con la utilización de la energía. – Normas sobre conservación del medio ambiente. – Iniciar en normas de seguridad sobre aparatos del entorno cotidiano.
Tercer ciclo (10-11 años)	<ul style="list-style-type: none"> – Generar actitudes positivas sobre el uso de máquinas y aparatos. – Sensibilidad ante problemas relacionados con la utilización de energía. – Contribuir a fomentar actitudes científicas desde estos contenidos. – Normas y valores sobre conservación del medio ambiente. – Normas de seguridad e interés por seguir instrucciones sobre máquinas y aparatos.
Tercer ciclo: (11-12 años)	<ul style="list-style-type: none"> – Motivar sobre problemas energéticos reales relacionados con impacto ambiental de recursos energéticos y de máquinas y aparatos, así como con los aspectos socioeconómicos implicados. – Fomentar criterios personales ante la problemática energética. – Promover actitudes para la investigación de problemas y para la participación activa en tareas de resolución de los problemas energéticos planteados. – Interés por seguir normas sobre utilización de máquinas y aparatos y conservación del medio ambiente, así como por la adquisición de los valores sociales más relevantes sobre este tema.

ser evidentes para los alumnos y cuya evidencia hace posible el que posteriormente (criterios *a* y *c*) puedan percibir la idea de que la energía siempre se conserva, aunque al mismo tiempo disminuya la cantidad de energía aprovechable para el hombre.

Pueden entender de forma gradual (criterio *c* de secuenciación), sobre todo a partir del tercer ciclo de Primaria, que la energía presenta un grado de utilidad o de aprovechamiento mayor o menor en función del tipo de transferencia en la que esté implicada en sus diversas manifestaciones del entorno cotidiano, aportando así un marco preconceptual que les permite acceder a la comprensión posterior de la degradación de la energía.

Respecto a la capacidad procesal de los alumnos (criterio *b*), es el criterio base para establecer la secuenciación de procesos expuesta en el cuadro 4, en él se manifiesta una adquisición gradual, tanto de habilidades de investigación (observación, clasificación, predicción,...) como manipulativas (exploración de objetos, construcción de dispositivos,...), en función del grado de complejidad de las mismas. Por otro lado, la secuenciación de actitudes viene delimitada lógicamente por la adquisición de los

contenidos conceptuales y procesales lograda en cada ciclo o curso de educación primaria. ■

Bibliografía

Ausubel, D., *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Ed. Trillas, México, 1978.

Claxton, G., *Educar mentes curiosas*. Ed. Visor, Madrid, 1994.

Gagné, R.M., *Las condiciones del aprendizaje*. Ed. Aguilar, Madrid, 1971.

Gil, D. y Gavidia, V., “Propuesta A”. En *propuestas de secuencia. Ciencias de la Naturaleza*. Ed. Escuela Española/MEC, Madrid, 1993.

Hernández, L. M., Tareas de planificación del módulo “La energía y los recursos energéticos” en el marco de la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 11[3], 247-254, 1993.

Hernández, L. M., La enseñanza de la energía: una propuesta para la formación inicial del profesorado de Ciencias en Ed. Secundaria. *Alambique*, 4, 111-119, 1995.

Jiménez, M. P. y Gallastegui, J.R., Ahorremos energía. En *ACES: Aprendiendo ciencias en enseñanza secundaria*. Universidad de Santiago, 325-364, 1997.

Marin, N., *Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, 1994.

Mellado, V., La enseñanza de la energía por profesores de Ciencias con distinta Formación Inicial, *Enseñanza de la Física*, 11[2], 21-33, 1998.

Piaget, J., *Introducción a la epistemología genética, 2- El pensamiento físico*. Ed. Paidós, Buenos Aires, 1979.

Piaget, J. y García, R., *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. Siglo XXI, Madrid, 1982.

Pozo, J. I., *Teorías cognitivas para el aprendizaje*, Ed. Morata, Madrid, 1989.

Pro, A., ¿Cómo pueden secuenciarse contenidos procedimentales?, *Alambique*, 14, 49-59, 1997.

Richmond, P.G., *Introducción a Piaget*, Ed. Fundamentos, Madrid, 1980.

Shayer, M. y Adey, P., *La ciencia de enseñar ciencia*, Ed. Narcea, Madrid, 1983.

Solano, I. y Jiménez, E., *Secuenciación del contenido conceptual de Dinámica en la Educación Primaria y Secundaria Obligatoria*, En *Didáctica de las Ciencias y transversalidad*. Universidad de Málaga, Dta. de las Ciencias Experimentales, 1998.

Trumper, R., A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers. *International Journal of Science Education*, 19[1], 31-46, 1997.