

# UN MÓDULO INSTRUCCIONAL PARA UN APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA ENERGÍA

GURUCEAGA ZUBILLAGA, ARANTZAZU y GONZÁLEZ GARCÍA, FERMÍN

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Pública de Navarra

arantzazu.guruceaga@unavarra.es

fermin@unavarra.es

**Resumen.** Se describe en este artículo una experiencia sobre el aprendizaje significativo del concepto *energía* a través de la aplicación de un módulo instruccional conceptualmente transparente, fundamentado en el marco teórico de Ausubel y Novak que enfatiza la herramienta del mapa conceptual como instrumento facilitador de un aprendizaje significativo. La implementación del módulo se realizó con alumnos/as de 2.º de la ESO de un centro concertado de la comarca de Pamplona. El trabajo realizado muestra que como resultado de la instrucción realizada el alumnado presenta una evolución positiva en los indicadores del aprendizaje significativo en relación con el concepto *energía*. Además, este estudio pone de manifiesto dificultades en algunos alumnos para superar algunas concepciones erróneas sobre dicho concepto.

**Palabras clave.** Energía, aprendizaje significativo, mapa conceptual, educación secundaria, módulo instruccional.

## An instructional module for the meaningful learning of the concept of energy

**Summary.** This article describes an experiment in the meaningful learning of the concept of *energy* using a conceptually transparent instructional module grounded in the theoretical framework of Ausubel and Novak and incorporating the concept map as the main facilitating tool. The module was implemented in a 2nd grade classroom at a state-aided secondary school in the metropolitan area of Pamplona. The findings show that the implementation of this instructional technique had a positive effect on the students' performance as measured by meaningful learning indicators for the concept of *energy*. This study also brought to light the difficulties some students experienced in overcoming their misconceptions concerning this concept.

**Keywords.** Energy, Meaningful learning, Concept map, Secondary education, Instructional module.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se muestra en este artículo una parte sustancial de los resultados que se obtuvieron con la implementación del proyecto de investigación «*Errores conceptuales y aprendizaje significativo. Utilización del CMap Tool software como herramienta de construcción de conocimientos en alumnos de los distintos niveles educativos*». Financiado por la Dirección General de Universidades y Política Lingüística del Gobierno de Navarra (Resolución 92/2002, de 14 de mayo) y desarrollado por un grupo de profesionales de la educación que trabajaban en diferentes centros (concertados y públicos), niveles educativos (desde educación primaria hasta la universidad) y en diferentes áreas de conocimiento (ciencias sociales, ciencias naturales y matemáticas), este proyecto

incluía el diseño e implementación de diferentes módulos instruccionales innovadores y la obtención de resultados que serían analizados y contrastados más tarde.

El proyecto requirió de un importante número de contactos entre profesionales de los diferentes centros, incluso virtuales, realizados entre los diferentes miembros del grupo de investigación, entre los que podemos destacar las reuniones de coordinación y trabajo en común entre los miembros que implementaron un módulo instruccional (MI) sobre la energía en 2º de la ESO y las conexiones entre los profesores González y Cañas desde la Universidad Pública y el Institute for Human and Machine Cognition de la Universidad de West Florida.

La memoria del proyecto recogió importante información obtenida de las distintas intervenciones realizadas en distintos centros y niveles educativos (González y Cañas, 2003). Basándose en las implementaciones de módulos instruccionales (Ciencias Naturales con el tema de la energía y Matemáticas en el tema de la proporcionalidad) y los resultados obtenidos en el centro San Fermín Ikastola, se elaboró una ponencia para el primer congreso de Mapas Conceptuales (Pozueta y Guruceaga, 2003). En este trabajo se presentará el relativo a la intervención realizada en 2.º de la ESO en relación con la energía en San Fermín Ikastola (Cizur Menor).

Los referentes teóricos en los que fundamentamos el diseño del MI sobre la energía, posteriormente implementados, están relacionados con el marco teórico del aprendizaje significativo de Ausubel-Novak y del uso de instrumentos facilitadores del mismo como son los mapas conceptuales (MMCC) (Novak y Gowin, 1988; González y Novak 1996; González, Morón y Novak, 2001) en el aprendizaje de las Ciencias Naturales.

El aprendizaje significativo (AS) desde la perspectiva de Ausubel y Novak (Ausubel, Novak y Hanesian, 1991) es la manera natural de aprendizaje de las personas, y los procesos psicológicos que intervienen en el mismo suponen que una estructura cognitiva preexistente del individuo asimila la nueva información. Esta asimilación ocurre en función de las relaciones jerárquicas que el individuo establece entre los conceptos, en las que el concepto más inclusor (en este trabajo sería *energía*) asimila o subsume otros conceptos más específicos (*recurso energético, cambio, transformación, transferencia y formas de energía*), de manera que aquél se diferencia progresivamente adquiriendo un nuevo significado para el individuo. El alumno/a también puede establecer relaciones no jerárquicas entre conceptos al establecer enlaces cruzados entre conceptos denominadas reconciliaciones integradoras, indicadores de la idiosincrasia del aprendizaje. Hay que añadir que el aprendizaje memorístico/mecánico no cumplirá estas características del AS, aunque ambos forman parte del mismo continuum del aprendizaje humano. Por lo tanto, planteamos que la naturaleza de las relaciones que el alumno/a establece con la nueva información condicionará el proceso de aprendizaje de un individuo concreto, que podrá estar más cercano del aprendizaje memorístico/mecánico o del AS. Cuanto más sustanciales sean las relaciones que se establecen entre el conocimiento previo y la nueva información, tanto más significativo será el proceso de aprendizaje; y por el contrario, cuanto más arbitrarias sean las relaciones que se establecen, más mecánico será el aprendizaje del individuo.

Fomentar con más intensidad el AS en las ciencias y en el contexto escolar sigue siendo un objetivo de gran importancia porque así potenciamos que los estudiantes tengan la posibilidad de establecer entre los nuevos conceptos y los ya adquiridos relaciones más sustanciales de forma que su estructura psicológica pueda reestructurarse coherentemente con el conocimiento lógico y disciplinar. En este sentido el AS de los alumnos y alumnas se podrá alejar de un aprendizaje más mecánico en el que la arbitrariedad de las relaciones entre conocimiento nuevo y ya adquirido impide dicha reestructuración.

El diseño de los módulos instruccionales implementados en esta investigación cumplieron las condiciones que requiere un aprendizaje significativo (Guruceaga y González, 2004). En primer lugar, para lograr una implicación del propio alumnado, la propuesta contempló una metodología que facilitara su participación activa y unas actividades cercanas y contextualizadas. En segundo lugar, se realizó el análisis del conocimiento previo del alumnado (y se contrastó con investigaciones y propuestas ya realizadas), de forma que se aseguró que los estudiantes tenían adquiridos los conceptos más inclusivos y relevantes que se requerían. Por último, para que pudieran completarse las condiciones del aprendizaje significativo, era necesario que los materiales de la instrucción fueran conceptualmente más transparentes, para lo cual se utilizaron herramientas metacognitivas como los MMCC y la UVE de Gowin (Guruceaga, 2001).

Los MMCC fueron utilizados en el diseño del MI y de los materiales didácticos sobre la energía, también para realizar un análisis de los conocimientos previos de los alumnos y su evolución en relación con la aplicación de la instrucción correspondiente.

En la tabla 1 presentamos los indicadores que pueden utilizarse en un MC para establecer el tipo de aprendizaje.

Tabla 1  
Indicadores de aprendizaje (Guruceaga y González, 2003).

EN UN APRENDIZAJE MÁS SIGNIFICATIVO:	EN UN APRENDIZAJE MÁS MEMORÍSTICO:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utilizan todos los conceptos</li> <li>• Hay una disminución de proposiciones erróneas.</li> <li>• Existe una organización jerárquica coherente desde el punto de vista de la naturaleza inclusiva de los conceptos.</li> <li>• Se identifica el/los concepto/s más inclusivos.</li> <li>• Aparece algún ejemplo de supraordenación en algún concepto de naturaleza inclusiva.</li> <li>• Los conceptos más inclusivos presentan una compleja diferenciación progresiva.</li> <li>• Aparecen menos relaciones lineales entre conceptos o no aparecen en absoluto.</li> <li>• Aparecen numerosos enlaces cruzados reveladores de reconciliaciones integradoras de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se utilizan todos los conceptos.</li> <li>• Aparece una organización jerárquica no correcta desde el punto de vista de la inclusividad de los conceptos.</li> <li>• Aparecen frecuentemente proposiciones erróneas.</li> <li>• No se identifican los conceptos más inclusivos.</li> <li>• Aparecen relaciones lineales, estructuras en cadena, entre conceptos.</li> <li>• Aparecen núcleos confusos.</li> <li>• Se establecen pocos y erróneos enlaces cruzados, signo de unas reconciliaciones integradoras deficientes.</li> </ul>

En la realización de los MMCC se utilizó con frecuencia el programa informático Cmap Tools (González y Cañas, 2003) creado en el Institute for Human and Machina Cognition (IHMC) (Pensacola, Florida).

Además de la utilización de los MMCC, al alumnado que participó en la investigación se le aplicó antes y después de la instrucción y aplicación del MI el test de diag-

nóstico BADyG. El BADyG es una prueba que intenta medir las aptitudes, tanto generales como diferenciales, del alumnado. En general, las aptitudes que se miden en todos los niveles son las siguientes: razonamiento analógico (= media de relaciones analógicas, series numéricas y matrices lógicas). Relaciones analógicas (lengua). Series numéricas (matemáticas). Matrices lógicas (relaciones espaciales). Completar oraciones. Problemas numéricos. Encajar figuras. Memoria auditiva (memoria a corto plazo). Memoria visual (memoria a largo plazo – ortografía). Atención. Rapidez. Eficacia.

El tema objeto de la investigación, la energía, fue elegido por su amplia capacidad de explicar fenómenos naturales y por su implicación social. Además es un concepto muy importante en el currículo de las ciencias naturales (CCNN). En concreto, en la ESO-LOGSE (1990) el concepto de la energía se presentaba ya en 2.º curso, y fundamentalmente se le daba significado (bloque I de CCNN de 2.º de la ESO) en tanto en cuanto se relaciona con cambio de los cuerpos y se visualiza en cuanto hay una transferencia (calor, sonido, luz). Además se explicita el requerimiento de conocer fuentes de energía y las problemáticas asociadas a su uso. Pero sabemos que el concepto de energía, aunque está muy presente en nuestra vida, tiene multitud de problemáticas que obstaculizan su aprendizaje (Furió, C. 1996; Solbes y Tarín, 1998; Brañas, Mellado y Ruiz, 2003; Conesa, 2000; González, 2006). Hay autores que relacionan un uso excesivo del concepto energía en nuestra vida cotidiana, por ejemplo en los medios de comunicación, lo que hace que luego se reflejen de forma obstaculizadora en el aprendizaje escolar (Pérez-Landazábal, Varela y Favieres, 2000). Por ejemplo, se constata que el uso «poco consistente (del concepto energía) acompañado de ideas erróneas relacionadas con la situación estudiada» es muy frecuente (Pozo y Gómez Crespo, 1998), que entre el alumnado es habitual reflejar una visión material de la energía (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Jesuina y Kátia, 2004), y que la energía se entiende «como algo que los cuerpos poseen que los capacita para realizar una acción, producir cambios, transformaciones en el ambiente» (Jesuina y Kátia, 2004).

La parte experimental del proyecto se llevó a la práctica en el curso 2002-2003 en condiciones reales en dos de las 4 aulas de 2.º de la ESO del centro concertado San Fermin Ikastola, centro de modelo D de la comarca de Pamplona, y fue una profesora de CCNN del centro y autora de este trabajo la que llevó a cabo tanto el diseño como la implementación del MI. En concreto fueron las aulas A y B, y en total fueron 63 alumnos los que tomaron parte en el proyecto, y de éstos fueron los mapas previos y posteriores a la instrucción de 32 alumnos los analizados.

En general el ambiente de las aulas en las que se trabajó fue positiva, y adecuado para el aprendizaje, si bien es cierto que en determinados momentos del desarrollo instruccional, se tuvieron que establecer mecanismos de regulación y de reflexión de grupo para favorecer un ambiente más positivo.

En líneas generales, la instrucción respetó la programación del área de ciencias naturales de 2.º de la ESO, siendo el uso de los mapas conceptuales y el trabajo del alumna-

do en pequeños grupos dos aspectos que fueron asumidos por el departamento de ciencias naturales. Por lo tanto, el alumnado de este nivel estaba adiestrado para trabajar en grupo y para la realización de mapas conceptuales referentes a contenidos del área de ciencias naturales.

Previo y posteriormente a la instrucción el alumnado realizó mapas conceptuales que fueron convenientemente analizados. De los 63 mapas previos y posteriores en esta investigación se analizaron de forma exhaustiva 32. El *software* Cmap Tools, instalado en los ordenadores del aula de informática del centro escolar, posibilitó el proceso de realización de los MMCC.

## 2. DISEÑO Y DESARROLLO EXPERIMENTAL. MÓDULO INSTRUCCIONAL Y ASPECTOS PRÁCTICOS

En Ikastola San Fermin el MI sobre la Energía se llevó a la práctica en dos de las cuatro aulas del nivel de 2.º de la ESO. En concreto fueron las aulas A y B las que participaron en dicho MI. El total de alumnos que participaron en esta investigación fueron 63 y la duración de la instrucción sobre la energía fue de 9 semanas a 3 sesiones por semana.

El desarrollo del proyecto de investigación respondió básicamente a un diseño del tipo: M1 (medida inicial) → tratamiento CMapTool *software* → M2 (final) (Campbell y Stanley, 1978), y el cronograma de la investigación contó con las siguientes fases:

**1.ª Fase:** Experimentación y familiarización con las herramientas de los mapas conceptuales y el *software* educativo, Cmap Tool. Enero 2002-junio 2002.

**2.ª Fase:** Incluyó la implementación del BADyG previo a la instrucción y la elaboración del diseño experimental junto con el diseño del propio MI. Julio 2002-diciembre 2002.

En relación con la prueba BADyG, como ya comentamos anteriormente, se trata de una prueba que intenta medir las aptitudes, tanto generales como diferenciales, del alumnado. De todas las dimensiones que mide esta prueba nos centraremos en la *inteligencia general (IG)*, el *razonamiento lógico (RL)* y la *eficacia*. La posibilidad de modificar el nivel de inteligencia de un sujeto es objeto de discusión dentro de la psicología; frente a autores que se posicionan en contra de tal modificabilidad (Jensen, 1992), otros consideran que, efectivamente, los procesos de pensamiento y las estrategias que forman parte de la naturaleza de la inteligencia son mejorables cuando se fomentan entrenamientos adecuados (Sternberg, 1987; Sanz de Acedo, 1999). Nosotros nos inclinamos a pensar como los últimos. De forma que entendemos que los mapas conceptuales pueden ser considerados como una herramienta útil en esta línea, ya que su construcción implica la puesta en práctica de estrategias de clasificación, ordenación, jerarquización, abstracción, entre otros, y el uso de los mismos en un contexto de aprendizaje significativo pueden contribuir al aumento de la inteligencia general de nuestros alumnos (Iraizoz y González, 2004).

El MI sobre la energía fue diseñado siguiendo las pautas que Novak en su proyecto LEAP (Learning about ecology, Animals and Plants, 1995) propone para facilitar un aprendizaje más significativo en el alumnado escolar. Las actividades diseñadas se organizan en tres fases: introducción, focalización y resumen. En la primera se identifican los conceptos más inclusivos (cambio, formas y recursos), en la segunda se profundiza en las diferenciaciones progresivas y reconciliaciones integradoras más significativas de aquellos conceptos más inclusivos, y para finalizar se establecen aplicaciones que resuman todo lo que se ha trabajado en las fases anteriores. Todo esto supuso que, en primer lugar, se elaborara un mapa conceptual de referencia para la instrucción (ver figura 1) donde se proponía la diferenciación progresiva y las reconciliaciones del concepto que se quieren trabajar en el aula. Este mapa conceptual fue la guía para el diseño del MI. En nuestro caso el mapa de referencia fue elaborado por la profesora investigadora y se realizaron las pertinentes consultas bibliográficas y recurrió a su validación por expertos en la materia. En resumen, las ideas más inclusivas que se proponen en este mapa son:

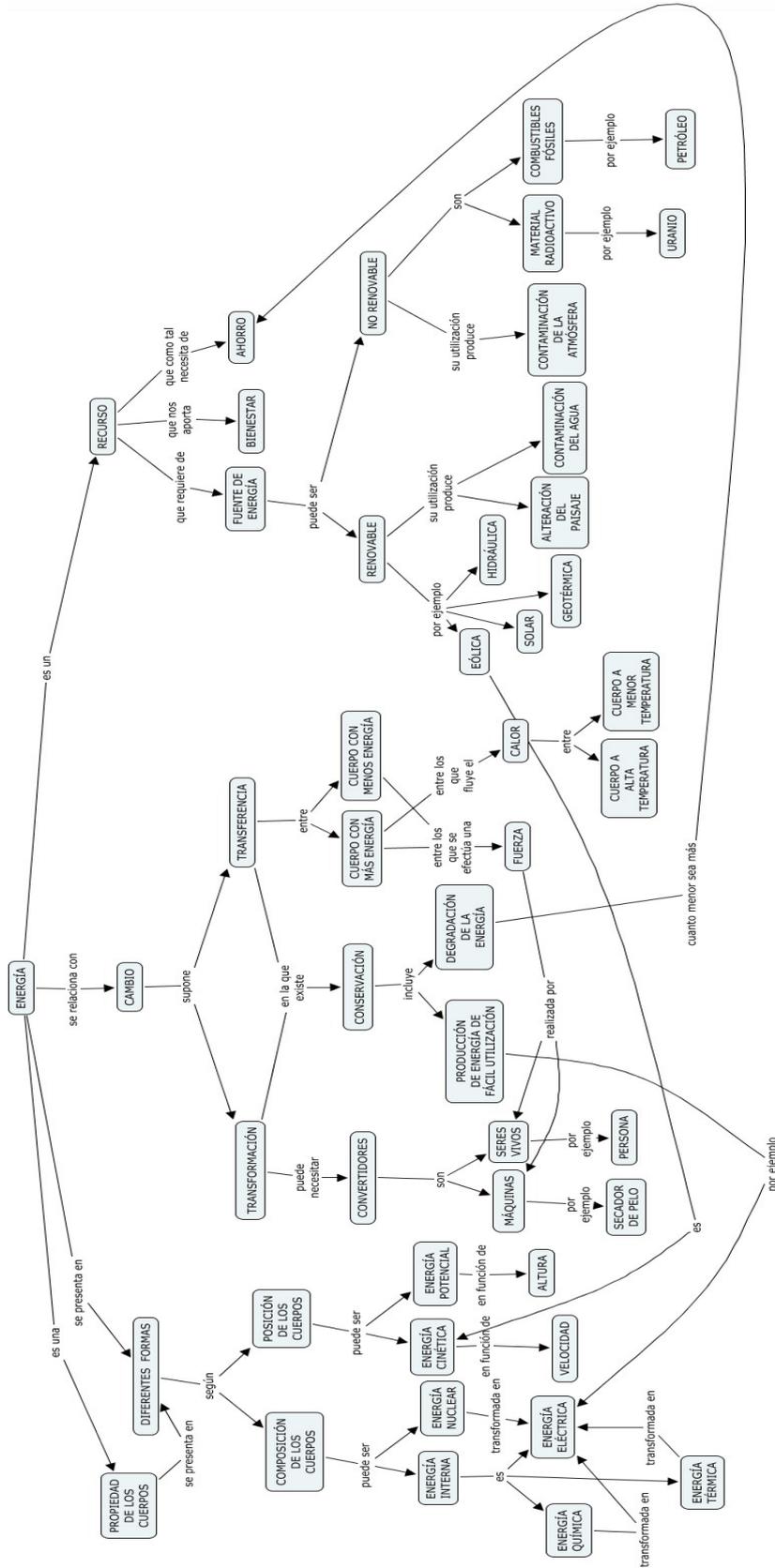
- «La energía es una propiedad de los cuerpos presentándose en diferentes formas».
- «La energía se relaciona con un cambio lo cual supone que ha existido una transformación y una transferencia».
- «La energía utilizada en nuestra sociedad requiere de fuentes de energía».

En la tabla 2, presentamos la organización del MI en sus tres partes: introducción, focalización y resumen. Cada una de estas fases se diseña con una serie de actividades (mencionadas como A en la tabla) que se agrupan alrededor de determinadas ideas clave que se explicitan en la misma tabla. Por ejemplo, en las actividades de la fase de focalización el concepto energía se diferenciaba a través de cambios de los cuerpos, formas y transferencias, convertidores (se consideran desde máquinas sencillas a seres vivos), conservación (trabajando tanto la producción de energía de fácil utilización como la degradación de la energía) y recursos energéticos, tal y como se puede apreciar por los inclusivos presentes en el MC de referencia.

Tabla 2  
Módulo instruccional.

REALIZACIÓN DEL MAPA PREVIO	
<b>FASE DE INTRODUCCIÓN</b>	
A1	Lectura previa sobre la energía
A2	Qué pensamos sobre la energía
A3	Realización de un MC
<b>FASE DE FOCALIZACIÓN</b>	
<b>FOCALIZACIÓN I</b>	
A4-A5	La energía y cambios en los cuerpos
A6	La energía se transfiere
A7	Realización de un MC
<b>FOCALIZACIÓN II. FORMAS DE ENERGÍA Y TRANSFERENCIAS</b>	
A8- A9-A10	La energía aparece de diferentes formas
A 11	MC
A 12	El calor, la transferencia de energía más común
A 13	Fuerza, otra forma de transferencia de energía
A 14	MC
<b>FOCALIZACIÓN III. CONVERTIDORES</b>	
A 15	Convertidores: sistemas que son eficientes en transformación de la energía: seres vivos (1)
A 16	Convertidores: sistemas que son eficientes en transformación de la energía: (2) máquinas
A17	Fabricando una pila en el laboratorio
A18	Los convertidores no realizan una sola transformación de la energía
<b>FOCALIZACIÓN IV</b>	
A 19	Leyes de la energía
A 20	Ejercicios sobre la energía
A 21	MC
<b>FOCALIZACIÓN V. RECURSOS ENERGÉTICOS</b>	
A 22	Para nuestra sociedad es imprescindible tener recursos energéticos
A 23	Energías que utilizamos
A 24	Fuentes de energía
A25	Ejercicios sobre las fuentes de energía: realización de una síntesis en una tabla.
A 26	Energía eléctrica: la energía que más consumimos
<b>RESUMEN</b>	
A 27	Valoramos la producción y el consumo de energía
A 28	Reflexiones y propuestas
Realización del MC posterior a la instrucción	

Figura 1  
Mapa conceptual sobre la energía (Guruceaga, 2002).



**3.ª Fase:** En esta fase (enero 2003-junio 2003) se llevó a cabo la implementación del MI (Tabla 2), junto con su análisis y discusión y la elaboración de las conclusiones. El alumnado elabora un MC inicial con los conceptos propuestos en el MC de referencia de la investigación (Figura 1). En líneas generales, la instrucción desarrollada en cada centro respetó la programación del área de CCNN de 2.º de la ESO. La metodología del MI incluyó trabajo en parejas y grupos pequeños, debates en el grupo grande del aula, lectura comprensiva de textos y exposiciones de la profesora. El alumnado elaboró un cuaderno, donde se incorporó todo el trabajo que se realizó en el aula, como, por ejemplo, la realización de MMCC, prácticas de laboratorio y visualización de vídeos. En concreto los MMCC se realizaron a lo largo de toda la instrucción y, para ello, además de hacer los mapas a papel y lápiz, se sirvieron del *software* Cmap Tools, instalado en los ordenadores disponibles en cada centro escolar. El MI diseñado se implementó en tres fases (Tabla 2) que incluyó diferentes A. La primera fase o de introducción, en la que se presentó al alumnado la energía desde una perspectiva global, y en la que fundamentalmente se pretendió acercar el conocimiento previo del alumnado con las ideas más inclusivas que se quieren proponer sobre la energía. La segunda fase, o de focalización, consistió en ir profundizando en el significado de los conceptos más inclusivos subsumidos en el concepto de energía, y que son los protagonistas de su diferenciación y reconciliación. Y la tercera fase o de resumen, en la que se propuso al alumnado reestructurar el conocimiento que se había trabajado en la fase de focalización. A reseñar que no utilizaron libro de texto y que el alumnado, en general, trabajó con gran interés.

Finalmente, los materiales que se recogieron para su análisis posterior fueron los mapas conceptuales inicial y final de los tres grupos. Luego se analizó o comparó el mapa inicial y final de cada alumno/a (o de una muestra significativa) y se vio el resultado en cada caso.

El análisis de los MC previos y posteriores al MI se realizó siguiendo el guión que se presenta en la tabla 3.

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la prueba BADyG nos muestran una evolución positiva muy significativa en relación con casi todos los indicadores entre los que queremos resaltar la *inteligencia general*, el *razonamiento lógico* y la *eficacia* (ver tabla 10), ya que estos indicadores tienen una clara relación con el logro de un AS. De ello deducimos que el uso de los MMCC ha situado a nuestro alumnado en una mejor condición de aprendizaje.

De acuerdo con los datos obtenidos y que se muestran en las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9, la utilización de conceptos y enlaces de forma correcta es generalizable en los dos mapas, habiendo muy pocas repeticiones de conceptos y no habiendo ningún alumno que no establezca los enlaces entre conceptos. Aunque disminuyen en el mapa posterior, aparecen algunos ejemplos de utilización de conceptos en los enlaces: Por ejemplo, los conceptos «*leves*» y «*cuerno*» se mencionan en algunos enlaces.

Tabla 3  
 Guión para el análisis de los MMCC (Guruceaga, 2003).

¿Diferencian mejor los conceptos de los enlaces en el mapa posterior?
¿Se aprecia una mayor calidad de los enlaces en el mapa posterior?
<b>• UTILIZACIÓN DE CONCEPTOS</b>
– Conceptos que se repiten o que se cambian en los dos mapas
– ¿Cuántos conceptos no se han utilizado en los dos mapas y qué relación existe con el número de conceptos que se presentaban?
– Qué conceptos son los que se utilizan con facilidad; cuáles son los que no se utilizan y cuáles los que han sido utilizados significativamente después de la instrucción:
<b>• RELACIÓN ENTRE PROPOSICIONES ERRÓNEAS O IMPRECISAS Y LAS PROPOSICIONES TOTALES QUE CONTIENEN LOS MAPAS</b>
– Cuantificar esta relación en cada mapa e identificar la tendencia del grupo entre el primer mapa y el segundo
– Señalar, explicitar, ejemplos concretos de proposiciones erróneas o imprecisas que sistemáticamente se han repetido en muchos mapas, tanto previos como posteriores
<b>• NIVELES JERÁRQUICOS y LA ORDENACIÓN CONCEPTUAL DE LO GENERAL A LO ESPECÍFICO</b>
– ¿Se aprecian niveles de jerarquía claros?
<b>• PRESENCIA DE CADENAS LINEALES DE CONCEPTOS O NÚCLEOS CONFUSOS ENTRE CONCEPTOS.</b>
– ¿Se aprecian cadenas lineales de conceptos? ¿Se aprecian núcleos confusos e imprecisos entre los conceptos?
<b>• PRESENCIA DE ENLACES CRUZADOS</b>
– ¿Cuántos enlaces cruzados se establecen en ambos mapas? ¿Cuántos de estos enlaces cruzados son proposiciones erróneas o imprecisas?

Los enlaces muestran una diversidad y una complejidad mayor en el mapa posterior:

- En el primer mapa dominan sobre todo enlaces más simples, como son: «es», «son», «por ejemplo», «produce», «puede ser», «de ellos cabe destacar».
- en el segundo mapa aparecen enlaces como: «se utiliza», «se aprecia», «se relaciona», «se necesita», «fluye».

La incorporación de nuevos conceptos en el mapa posterior es un hecho que se puede generalizar a todos los alumnos (ver tabla 4), la utilización de conceptos se ha visto significativamente aumentada después de la instrucción. En el primer mapa todos los alumnos han dejado conceptos sin utilizar. Una máxima utilización de conceptos es del 96%, y una mínima es de un 27%. Por el contrario, en el segundo mapa, hay dos alumnas que

utilizan el 100% de los conceptos propuestos y la utilización mínima de conceptos la realiza otra alumna con un 41 %. Entre estos extremos podemos apreciar, por ejemplo, que un 60% del alumnado ha realizado el mapa con más del 85% de los conceptos propuestos.

Los conceptos que desde el primer mapa presentaban una interesante utilización son:

- «máquinas», «calor», «energía cinética», «velocidad», «persona», «energía química», «energía nuclear», «petróleo» y «uranio».

Los conceptos que han mostrado una incorporación más significativa son (ver tabla 5):

- «altura», «degradación de la energía», «transferencia», «transformación», «energía potencial», «combustibles fósiles», «convertidores».

Tabla 4  
Incorporación de nuevos conceptos en el mapa posterior.

N.º ALUMNOS/AS	AUMENTO < 10% IGUAL = - MENOR	AUMENTO ENTRE 10 Y 50%	AUMENTO > 50%
SAN FERMIN	5	25	2

Tabla 5  
Número de alumnos que han utilizado determinado concepto.

CONCEPTOS	ALUMNOS/AS QUE HAN UTILIZADO DETERMINADO CONCEPTO EN EL SEGUNDO MAPA	ALUMNOS/AS QUE HAN INCORPORADO DETERMINADO CONCEPTO EN EL SEGUNDO MAPA Y NO EN EL PRIMERO
Transferencia	32	17
Energía potencial	31	14
Convertidores	31	12
Transformación	30	15
Degradación de la energía	28	20
Combustible fósil	30	16
Altura	27	20
Conservación	20	13
Cambios de los cuerpos	21	8
Propiedad de los cuerpos	20	12
Energía de fácil utilización	20	6
Composición de los cuerpos	20	10
Recurso	16	8
Ahorro	16	5
Situación de los cuerpos	15	8
Energía interna	12 En el primer mapa no estaba en la lista	6

Otros conceptos, por el contrario, han presentado serias dificultades en su incorporación, porque en su caso no se han utilizado y/o porque cuando se han utilizado no se han colocado en un nivel de jerarquía coherente con su grado de inclusividad. Esto es lo que ha ocurrido, por ejemplo, con los conceptos:

- «cambio (de los cuerpos)», «propiedad de los cuerpos», «composición de los cuerpos», «situación de los cuerpos», «conservación», «energía interna», «recursos», «energía de fácil utilización», «ahorro», y «bienestar».

Algunos/as alumnos/as realizan alguna incorporación de otros conceptos, que eran en general conceptos específicos considerados ejemplos de algún concepto más inclusivo, por ejemplo, «lavadora» y «oso».

Los errores conceptuales (EECC) constituyen una barrera para la incorporación significativa de los conceptos (Gozález, Morón y Novak, 2001). En nuestro caso vamos a encontrar persistencia en errores en relación con el concepto «energía». Si analizamos la tabla correspondiente al número de errores conceptuales (EECC) reflejados en los MMCC (ver tabla 6), en general podemos decir que, después de la instrucción, el alumnado ha disminuido de una forma importante el número de EECC. Hemos utilizado el símbolo + para indicar el grado de disminución de EC, considerando:

- + : escasa disminución
- ++ : disminución importante
- +++ : disminución muy importante

Podemos apreciar que son 17 los alumnos que han disminuido en más de un 50% el número de EECC después de la instrucción.

Los EECC los podemos agrupar en cuatro bloques:

I. Concepción material de la energía, atribuyéndole las mismas propiedades de la materia. Esta idea aparece antes y después de la instrucción.

- *La energía tiene diferentes fuerzas.*
- *El secador de pelo tiene energía.*
- *Se identifica la energía cinética con la velocidad, o también con la altura.*
- *Considerar que la energía tiene transformación o transferencia.*
- *Entender la transformación (de energía) como cambio de los cuerpos.*
- *Considerar que la energía tiene conservación.*
- *Considerar que la transferencia (de energía) puede hacer fuerza o calor.*

II. Confusión entre formas y fuentes de energía. Prácticamente desaparece en el segundo mapa.

- *La energía puede ser renovable y no renovable.*
- *Formas de energía como el petróleo.*
- *Identificar formas diferentes de energía con fuentes de energía, o al revés.*
- *Considerar que «las formas diferentes de energía pueden ser renovables y no renovables».*
- *Entender la energía eléctrica como fuente de energía.*

- *Entender la energía hidráulica o la eólica como formas de energía.*

III. No reconocimiento de todas las fuentes de energía. Desaparece después de la instrucción.

IV. Concepción simplista sobre el ahorro de energía fundamentado en consumo de energías renovables, obviando que éstas también producen un efecto en el entorno que hay que considerar. Hay que señalar que después de la instrucción este tipo de error prácticamente llega a desaparecer, aunque también hay que decir que, por ejemplo, el concepto *ahorro* es uno de los que no ha tenido un uso generalizado en el segundo mapa.

- *Las energías renovables conllevan ahorro.*
- *Energía no renovable conlleva degradación de la energía.*

Todo el alumnado en los dos mapas identifica el concepto energía como el más inclusivo, pero a la hora de diferenciarlo en el mapa previo apenas existen niveles de jerarquía marcados en su desarrollo y, por el contrario, en el segundo mapa sí aparecen estos niveles (ver tabla 7) sobre todo en relación con conceptos como: *formas, fuentes, transformación y transferencia y cambios en los cuerpos*. Hay que añadir que la linealidad de los mapas y la presencia de núcleos confusos disminuyen en los mapas posteriores y que el aumento de enlaces cruzados es evidente y generalizable entre el alumnado. En general, podemos decir que una parte importante del alumnado, que alcanzan a ser 17, el número de enlaces cruzados ha aumentado significativamente después de la instrucción, aunque en relación con los enlaces cruzados es evidente que otros 15 alumnos no han presentado una evolución muy favorable. Podemos encontrar alumnos y alumnas que en ninguno de sus mapas establecen enlaces cruzados, o que disminuyen su número después de la instrucción, o, también, que habiendo aumentado el número de enlaces, también han aumentado el número de errores entre los mismos (ver tabla 8).

Entre los mapas analizados destaca el caso de la alumna 28, que habiendo presentado un primer mapa sin apenas diferenciaciones y sin enlaces cruzados, después de la instrucción elabora un mapa en el que el aumento de número de conceptos, disminución de errores, adecuación de unos niveles de jerarquía a la inclusividad de los conceptos se aprecia en unas diferenciaciones progresivas muy llamativas y estableciendo también hasta 10 reconciliaciones integradoras (ver figuras 2, 3, 4 y 5).

La incorporación de nuevos conceptos, el enriquecimiento de los enlaces, la disminución de errores, cadenas lineales y núcleos confusos, junto con una clarificación, jerárquica mayor y coherencia con la naturaleza inclusiva de los conceptos, está en relación con el aumento de diferenciaciones progresivas de los conceptos más inclusivos, como son las que en el segundo mapa presentan (ver tabla 9): «energía», «formas de energía», «fuentes de energía», «transformación», «transferencia», «convertidores», «energía renovable» y «energía no renovable». Por el contrario, son pocos los alumnos que han diferenciado «propiedad de los cuerpos», «cambios (de los cuerpos)», «composi-

*ción de los cuerpos», «situación de los cuerpos», aunque en el mapa de referencia han sido considerados como inclusivos importantes. Por otro lado se aprecia un aumento, aunque discreto, del número de enlaces cruzados y sus consiguientes reconciliaciones integradoras.*

Teniendo en cuenta la tabla 1, podemos constatar que el aprendizaje reflejado en los mapas posteriores en relación con el inicial presenta numerosos indicadores de un aprendizaje significativo. Pero también hay que señalar la profunda dificultad que el aprendizaje del concepto de energía presenta. Nuestro trabajo confirma que la persistencia de una concepción de la energía entendida como una entidad material dificulta seriamente el aprendizaje de un concepto tan inmaterial (Pozo y Gómez Crespo, 1998). No obstante, es nuestra opinión que el principal problema estriba en que el alumnado tiene serias dificultades a la hora de identificar los conceptos inclusivos más importantes, es decir, los alumnos tienen serias dificultades para dar un significado correcto al concepto de energía en relación con su naturaleza no material y a diferenciarlo de las problemáticas que tienen que ver con su uso, por lo que se ha impedido que se pudieran establecer diferenciaciones progresivas más enriquecedoras y más reconciliadas.

#### 4. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos y analizados en esta investigación nos confirman que los mapas posteriores a la implementación del MI innovador sobre la energía realizados por los/

las alumnos/as de 2.º de la ESO muestran evidencias de un aprendizaje significativo en relación con el concepto «energía», como son por una parte la mejora en la utilización de las palabras de enlace, el aumento de conceptos utilizados y la disminución en el número de errores en todos los/las alumnos/as participantes en la investigación. Por otra parte, resaltamos la identificación de los conceptos «formas de energía», «transferencia» y «fuentes de energía» como inclusivos por un importante porcentaje del alumnado y la incorporación de conceptos más específicos en las diferenciaciones progresivas correspondiente a cada uno de ellos estableciendo una organización jerárquica más adecuada. Por último, resaltar que las diferenciaciones progresivas anteriormente citadas se muestran interrelacionadas a través de las numerosas reconciliaciones integradoras establecidas. Aunque también corresponde resaltar que el significado que el concepto de «energía» adquiere entre el alumnado presenta algunas persistencias problemáticas, como son el atribuirle una entidad material con las confusiones que ello conlleva y en las que habría que incidir en investigaciones posteriores. Por otra parte, la medición previa y posterior de los resultados del BADyG podría sugerir que el trabajo con MMCC, en un contexto de aprendizaje significativo, ha contribuido a la mejora de la inteligencia general, razonamiento lógico y eficacia de indudable valor para el aprendizaje de nuestros/as alumnos/as, teniendo en cuenta esta línea de investigación ya confirmada en los resultados obtenidos por Iraizoz y González (2004). Se abre así una novedosa línea de investigación de búsqueda de correlaciones entre los distintos indicadores del AS y las variables de la inteligencia del alumnado con el uso de los MMCC.

Tabla 6  
Alumnos que disminuyen el número de errores.

	N.º ALUMNOS/AS DISMINUCIÓN < 10% + IGUAL = - AUMENTA	N.º ALUMNOS/AS DISMINUCIÓN < 50% ++	N.º ALUMNOS/AS DISMINUCIÓN > 50% +++
SAN FERMIN	2	12	17

Tabla 7  
Alumnos con niveles de jerarquía definidos en el mapa posterior.

	NADA O CASI NADA	PARTE DEL MAPA CON NIVELES BIEN DEFINIDOS	NIVELES BIEN DEFINIDOS EN TODO EL MAPA
SAN FERMIN	0	21	11

Tabla 8  
Alumnos que aumentan el número de enlaces cruzados en el 2.º mapa.

	DISMINUCIÓN O IGUAL O NO REALIZAN	AUMENTO ENTRE 1-6	AUMENTO DE MÁS DE 6
SAN FERMIN	11	17	4

Tabla 9  
Alumnos que diferencian los conceptos en el 2.º mapa.

CONCEPTOS	NÚMERO DE ALUMNOS SAN FERMIN
Recurso	4
Convertidores	9
Energía	Todos
Energía renovable	9
Energía no renovable	8
Formas diferentes de energía	18
Fuentes de energía	14
Energía de fácil utilización	1
Cambios de los cuerpos	5
Situación de los cuerpos	4
Composición de los cuerpos	3
Propiedad de los cuerpos	2
Conservación	1
Transferencia	13
Transformación	8

Tabla 10  
Centro San Fermin Ikastola 122 estudiantes.

	MEDIA INICIAL	MEDIA FINAL	DIFERENCIA,000	¿LAS DIFERENCIAS SON SIGNIFICATIVAS?	P-VALOR O GRADO DE SIGNIFICACIÓN
Cociente de inteligencia	107,7797	110,3981	-1,6019	SÍ	0,012
Inteligencia general	106,0254	118,0196	-10,1667	SÍ	0,000
Razonamiento lógico	55,0847	62,5784	-6,6078	SÍ	0,000
Relaciones analógicas	13,9576	16,5686	-2,3431	SÍ	0,000
Series numéricas	22,3983	23,9902	-1,2157	NO	0,070
Matrices lógicas	20,2203	22,0196	-1,3235	NO	0,116
Completar oraciones	15,6695	17,1765	-1,1275	NO	0,125
Problemas numéricos	15,4831	16,2157	-0,2059	NO	0,766
Encajar figuras	21,3729	21,9608	-0,3039	SÍ	0,695
Memoria de relato oral	19,4492	21,1863	-1,4608	SÍ	0,012
Memoria visual ortográfica	26,4237	27,5000	-0,9412	SÍ	0,010
Discriminación de diferencias	26,9661	26,5196	1,1275	NO	0,157
Rapidez	158,7881	160,0392	-2,0686	NO	0,150
Eficacia	67,2203	73,9216	-5,2255	SÍ	0,000

Figura 2  
Mapa conceptual sobre la energía. Previo. Alumna: SO.

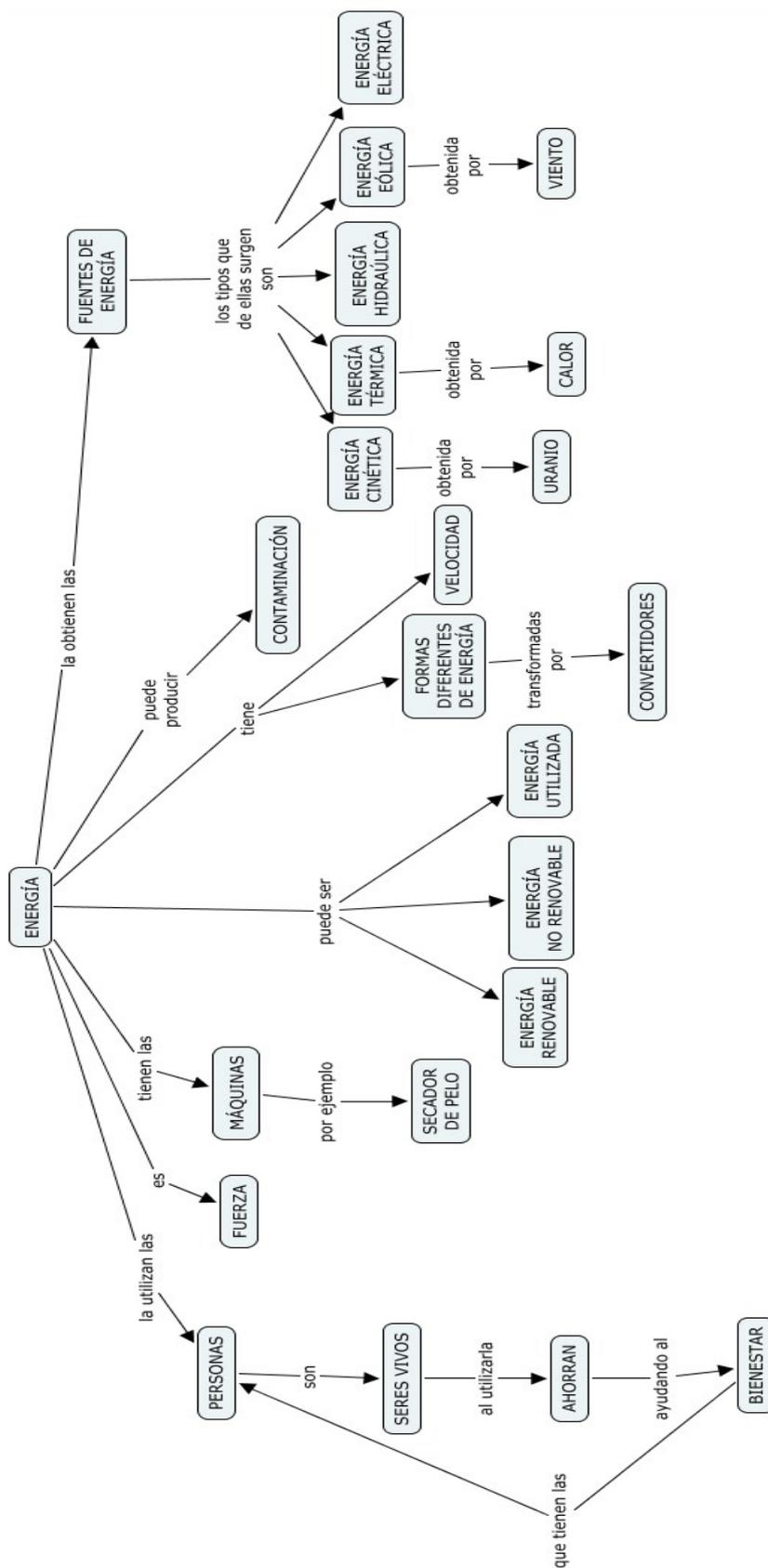
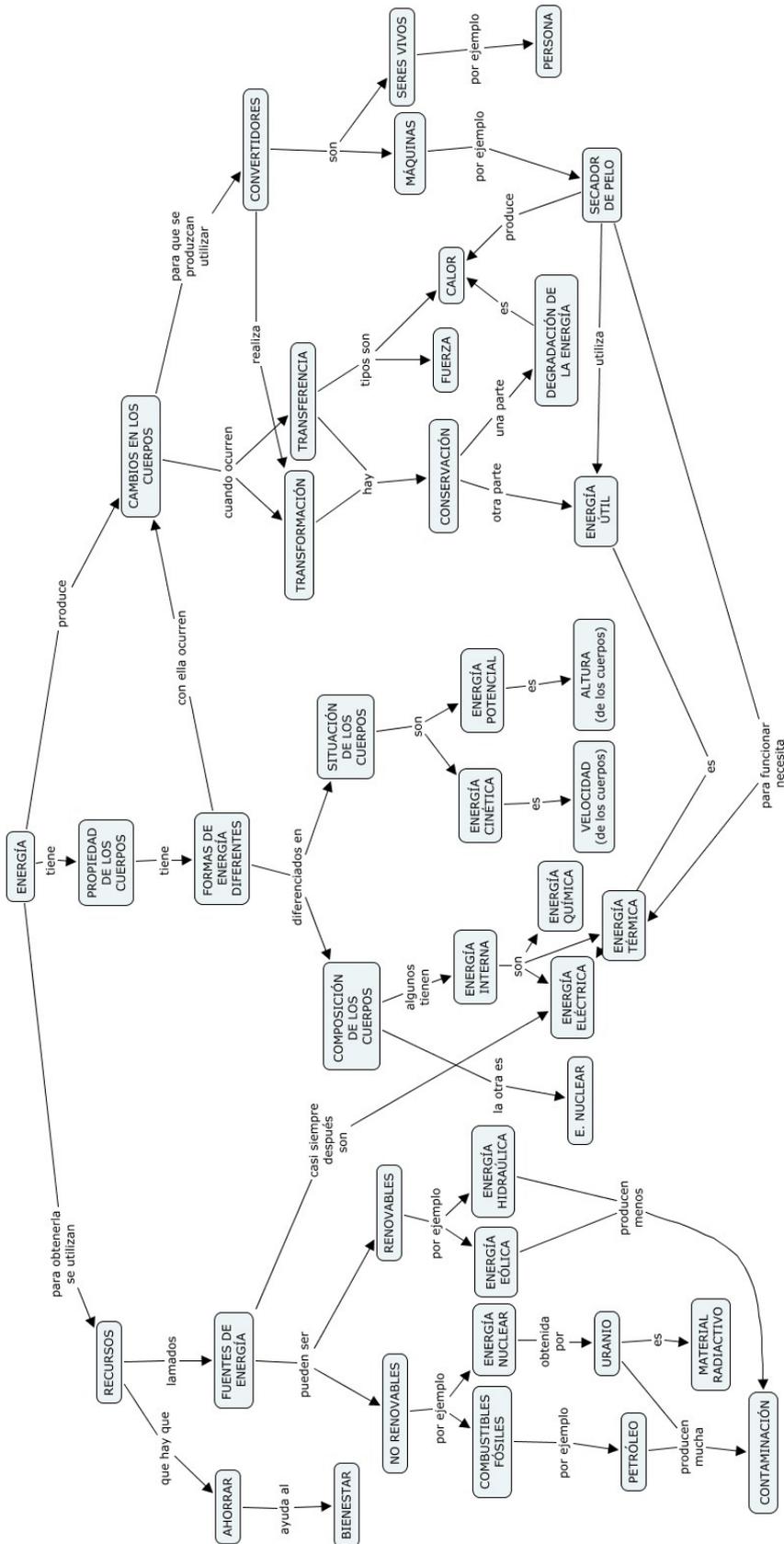




Figura 4  
 Mapa conceptual sobre la energía. Posterior: Alumna: SO.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. NOVAK, D.J. y HANESIAN, H. (1991). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BRAÑAS, C., MELLADO, V. y RUIZ, C. (2003). Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria sobre conservación de la energía, el calor y la temperatura. *Campo Abierto*, 24, pp. 99-126.
- CAMPELL, D.T. y STANLEY, J. (1978). *Diseños experimentales y quasi-experimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- CONESA, H. (2000). El estudio de los problemas energéticos en la ESO. Una propuesta para la enseñanza de la energía desde una perspectiva global. *Alambique*, 24, pp. 30-41.
- FURIÓ, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique*, 7, pp. 7-17.
- GONZÁLEZ, F.M.<sup>a</sup>, MORÓN ARROYO, C. y NOVAK, J.D. (2001). *Errores conceptuales. Diagnóstico, tratamiento y reflexiones*. Pamplona: Eunat.
- GONZÁLEZ, F.M.<sup>a</sup> y CAÑAS, ALBERTO, J. (2003). «*Gonca Project: Meaningful Learning Using Cmaptools*», en Mendez, A. y Mesa, J. (Edits.). *Advances in Technology-Based Education. Toward a Knowledge-Based Society. II International Conference on Multimedia ICT's in Education*, pp. 747-750.
- GONZÁLEZ, F.M. y NOVAK, J.D. (1996). *Aprendizaje significativo. Técnicas y aplicaciones (2.ª ed.)*. Madrid: Ediciones Pedagógicas.
- GONZÁLEZ, A. (2006). El concepto «energía» en la enseñanza de las ciencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38(2).
- GURUCEAGA, A. (2001). *Ikaskuntza esanguratsua eta ingurugiro hezkuntza (Educación ambiental y aprendizaje significativo)*. Tesis doctoral.
- GURUCEAGA, A. y GONZÁLEZ, F.M.<sup>a</sup> (2004). Aprendizaje significativo y Educación Ambiental: análisis de los resultados de una práctica fundamentada teóricamente. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), pp. 115-136.
- IRAIZOZ N. y GONZÁLEZ, F. (2004). Los mapas conceptuales como agentes facilitadores del desarrollo de la inteligencia en alumnos de enseñanza primaria, en Cañas, Alberto J., Novak, Joseph. D. y González, Fermín. M. (Editors). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology (Vol. 1). «Proceedings of the first International Conference on Concept Mapping»*. Dirección de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra: Pamplona, España, pp. 359-365.
- JENSEN, J.R. (1992). Inteligencia: definición, medida y futura investigación, en Sternberg, R.J. y Detterman, D.K. (eds.). *¿Qué es la inteligencia? Enfoque actual de su naturaleza y definición*. Madrid: Editorial Pirámide.
- JESUÍNA, P. y KÁTIA, H. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de *Energía*. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), pp. 159-166.
- LEAP Project (*Learning about Ecology, Animals and Plants*) (1995). College of Agriculture and Life Sciences at Cornell University.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- POZO, J.L. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Barcelona: Morata.
- PÉREZ-LANDEZÁBAL, M.C., VARELA, M.P. y FAVIERES, A. La energía en las aulas: un puente entre paciencia y la sociedad. *Alambique*, 24, pp. 18-29.
- POZUETA, E. y GURUCEAGA, A. (2003). Kontzeptu mapen bidez ikaskuntza esanguratsua bultzatzen eta bere adierazleak ikasleengan antzematen, en Cañas, Alberto J., Novak, Joseph. D. y González, Fermín. M. (Editors). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology (Vol. 1). «Proceedings of the first International Conference on Concept Mapping»*, pp. 627-634. Pamplona: Dirección de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra.
- SANZ DE ACEDO, M.L. (1999). *Cognición en el Aula. Teoría y Práctica*. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- SOLBES, J. y TARÍN, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), pp. 185-194.
- STERNBERG, R. (1987). *Inteligencia Humana*. Barcelona: Paidós.

[Artículo recibido en mayo de 2009 y aceptado en enero de 2011]

## An instructional module for the meaningful learning of the concept of energy

GURUCEAGA ZUBILLAGA, ARANTZAZU y GONZÁLEZ GARCÍA, FERMIN

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Navarra  
arantzazu.guruceaga@unavarra.es  
fermin@unavarra.es

### Summary

This paper presents a substantial part of the findings from a research project «*Conceptual errors and meaningful learning. The use of CMap Tools software for knowledge building in students at different levels of education*», carried out by a group of education professionals working in various different (state-aided and public) centers of learning, different levels of education (from primary school to university) and different areas of learning (Social Sciences, Natural Sciences, and Mathematics).

We describe an experience where a conceptually transparent instructional module (IM) based on the theoretical framework developed by Ausubel and Novak was used in a meaningful learning (ML) environment to teach *energy* concepts. We draw attention to our use of concept mapping as a mean to promote meaningful learning and provide a suitable environment in which achieve it (Guruceaga and González 2004). This requires involving the students, proceeding always from prior knowledge, and using conceptually transparent teaching materials.

The project also included pre- and post-instructional achievement tests (BADyG: Batería de Aptitudes Diferenciales y Generales) to assess the general and differential effects on student achievement. Psychologists have long debated about the possibility of increasing people's intelligence. It is our belief that concept maps can be considered a useful tool, which, used in a meaningful learning environment, can contribute to improve the general intelligence of our pupils (Iraizoz and González, 2004).

The experimental part of the project was carried out during the 2002-2003 academic year under real conditions in four 2<sup>nd</sup> grade secondary-school classrooms in the state-aided Basque language school, the San Fermin Ikastola, situated in the outskirts of Pamplona. The IM was designed and implemented by one of the school's Natural Science teachers, who is also co-author of this paper. A total of 63 students from classes A and B took part in the project and their pre- and post-instructional concept maps were analyzed.

A pre-test / treatment / post-test research design (Campbell and Stanley, 1978) was adopted.

The IM on Energy concepts were designed according to the guidelines proposed by Novak in his LEAP Project

(Learning about Ecology, Animals and Plants, 1995) to facilitate more meaningful learning in school children. Novak's proposal groups activities into three stages: introduction, focus and summary. In the first stage, the most inclusive concepts (change, forms, and resources) were introduced. The second stage was devoted to the progressive differentiation and integrative reconciliation of those concepts. In the final stage, applications were found for the conclusions gathered in the previous stages. A reference concept map was constructed as an instructional guide to illustrate the progressive differentiation and reconciliation of the *energy* concepts. Based on this map, the students constructed their own pre- and post-instructional concept maps.

The initial and final maps produced by the students were collected for subsequent analysis. A significant number of sample maps were compared in order to detect differences and the findings were recorded. This analysis of the pre- and post-instructional concept maps was performed in accordance with guidelines developed and tested by the authors (Guruceaga y González, 2003).

The resulting data, once processed, confirm that the maps constructed by the second grade secondary school students, following the implementation of the new instructional module on energy concepts, show evidence of meaningful learning. The main concepts found to have given meaning to the concept of energy after progressive differentiation and integrative reconciliation were «*forms of energy*» «*energy transfer*» and «*energy sources*». However, persistent problems should also be noted, such as some of the students' tendency to perceive energy as a material entity, prevent them from fully understanding the concept. This indicates a considerable level of confusion, suggesting the need for further research.

In addition, the pre- and post-instructional results of the BADyG may indicate that working with concept maps in a meaningful learning environment has contributed to improve the general intelligence and logical reasoning of our students and the effectiveness of their learning process. This is consistent with previous findings from this line of research reported by Iraizoz and González (2004). Thus, a new direction for future research would be to use concept maps to examine correlations between different ML indicators and students' intelligence variables.