

LA *DISTANCIA* ENTRE APRENDER PALABRAS Y APREHENDER CONCEPTOS. EL ENTRAMADO DE PALABRAS-CONCEPTO (EPC) COMO UN NUEVO INSTRUMENTO PARA LA INVESTIGACIÓN

GALAGOVSKY, LYDIA R.¹ y MUÑOZ, JUAN CARLOS
Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria, Pabellón II, 1428 Buenos Aires. Argentina
lyrgala@qo.fcen.uba.ar

Resumen. El análisis de los contenidos tratados en la clase, mediante los cuales el discurso científico se transpone en discurso escolar, es uno de los campos de investigación educativa menos explorados.

En el presente trabajo definimos un nuevo instrumento, que hemos denominado entramado de palabras concepto (EPC), que permite la transformación de un documento de formato texto, en otro de formato gráfico-semántico. Este nuevo instrumento puede aplicarse para analizar textos discursivo-comunicativos, tales como la carpeta de algún alumno, los apuntes del propio profesor, etc., abriendo la perspectiva de realizar investigaciones tanto sobre el tratamiento del discurso en una clase dada como para estudios transversales a partir del análisis de carpetas de alumnos de diferentes años, de diferentes profesores, de diferentes regiones, etc.

En este trabajo se mostrará la construcción y aplicación de un EPC obtenido a partir de la carpeta de un alumno, para el tema «Energía», desplegado en unas clases de física de tercer año de escuela secundaria.

Palabras clave. Redes conceptuales, mapas conceptuales, análisis del discurso, aprendizaje significativo, energía.

Summary. Scientific discourse is translated by professors into in-class speech that is documented by students in their notebooks. There is not much research done concerning how taught contents can be analysed through these notes.

In this work we define a new instrument called Word-Concept Weft (WCW) that allows to change a student's or teacher's notes from a text format to a graphic one.

The graphic format of the WCW makes it easier to detect distortions of the conceptual frame displayed in classes. It also allows to do comparative studies on the same subject taught in different levels, schools, regions, etc.

A construction and application of WCW is shown in this work for a single case involving the subject «Energy». The study is based on the notes taken by a 3rd year Physics course student of secondary school.

Keywords. Conceptual nets, conceptual maps, analysis of the discourse, significant learning, energy.

INTRODUCCIÓN

La fuerte expansión de la educación en todo el mundo ha generado la necesidad de estudiar problemas muy diversos de forma rigurosa y práctica. Ello ha propiciado la exploración, la crítica y la reflexión de numerosas cuestiones metodológicas, así como el interés por un acercamiento de la investigación a las prácticas educativas (Colás Bravo, 1994).

El análisis de los contenidos que circulan y discurren en la clase, es decir, el análisis del discurso escolar, es un tema que nos interesa particularmente (Galagovsky, 1998, 2000), ya que permite evaluar la medida en que se ha efectuado la transformación, o transposición didáctica, entre el discurso científico erudito y el discurso científico escolarizado.

El reciente reconocimiento de la importancia que el lenguaje y el discurso tienen en la construcción de los conocimientos científicos (Lemke, 1996) abre un campo muy propicio sobre el análisis de contenido en enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Actualmente, desde este enfoque, una gran cantidad de investigaciones utiliza instrumentos gráfico-semánticos (mapas conceptuales, diagramas de flujo, tramas, etc.) para estudiar la organización de los contenidos (Armbruster, 1994; Bardin, 1997).

En este trabajo se presenta un nuevo instrumento gráfico-semántico que permite analizar contenidos disciplinares a través de textos utilizados como parte del discurso escolar (Muñoz, 2000). Este instrumento, al que hemos denominado *entramado de palabras-concepto* (EPC), es utilizable en metodologías cualitativas bajo la concepción crítica de que, si bien no existe neutralidad en los instrumentos, los mismos pueden cumplir con criterios de validez que los hacen pertinentes para determinados tipos de investigaciones. Al decir de Colás Bravo (1994), «lo importante no es hacer investigación cuantitativa o cualitativa sino hacer una buena investigación, del tipo que sea. Lo importante es responder a los problemas, sabiendo que el problema es el que determina la metodología a seguir y no al revés.»

Considerando la existencia de otros instrumentos gráfico-semánticos muy conocidos y utilizados en la literatura específica de la enseñanza de las ciencias, tales como los mapas conceptuales (MC) (Novak, 1998) y las redes conceptuales (RC) (Galagovsky, 1993, 1994, 1999), en el presente trabajo se marcarán similitudes y diferencias con respecto al EPC, así como alcances de la aplicación del EPC en situaciones de investigación sobre el análisis del discurso escolar basado en textos.

Asimismo, se definirá el EPC, y se aplicará mediante la técnica del estudio de caso, al análisis del contenido científico transformado en discurso escolar y documentado en la carpeta de un alumno de 3r. año de la escuela secundaria (15 años), durante la asignatura Física, para el tema «Energía».

OBJETIVOS

Las preguntas que orientaron nuestra investigación fueron:

- ¿Cómo analizar diferencias y similitudes entre un dado *contenido científico disciplinar* y su transposición en *contenido escolar* documentado durante una clase mediante el discurso explícito con formato de texto que queda registrado en la carpeta de un alumno?
- ¿Cómo diseñar un instrumento para que responda a las necesidades de la investigación mencionada, y que su aplicación resulte accesible a los investigadores?
- ¿Cómo analizar la validez del instrumento presentado?

Estas inquietudes resultantes en parte de nuestra previa experiencia nos llevaron a formularnos los siguientes objetivos:

- Diseñar un instrumento gráfico-semántico de investigación que pueda ser utilizado en metodologías cualitativas y descriptivas y que permita organizar en forma sencilla la «trama» de la información que recibe y documenta un alumno sobre un dado contenido disciplinar.
- Aplicar el instrumento en un caso paradigmático, utilizando el texto de la carpeta de un alumno.
- Analizar el nivel semántico del discurso desplegado en la clase (y registrado en la carpeta del alumno) a partir de la comparación entre este instrumento propuesto y una red conceptual sobre el mismo tema.
- Analizar alcances y limitaciones del nuevo instrumento.

ENCUADRE

El presente trabajo consta, por un lado, de un aspecto teórico en el que se contextualizan los conceptos de *aprendizaje significativo*, *aprendizaje memorístico*, *nivel semántico de un discurso*, y en el que se define el instrumento que denominamos *entramado de palabras-concepto* (EPC), su forma de construcción y su comparación con una red y un mapa conceptual (RC y MC). Por otro lado, se aplicará un EPC al estudio de un caso, utilizando el texto sobre el tema «Energía» de la carpeta de un alumno de la asignatura Física de 3r. año de la escuela secundaria. Este texto se presenta en el anexo.

La metodología empleada

La metodología cualitativa empleada se caracteriza por tener como principal objetivo alcanzar la comprensión de los fenómenos, lo cual puede lograrse mediante un análisis de tipo interpretativo y buscando la intencionalidad de las acciones. Esta metodología pretende desarrollar un cuerpo de conocimientos que *describan* los casos individuales para poder llegar a abstracciones concretas y particulares –y no abstractas y universales–, pero de las cuales se puedan generar patrones para extraer lo que es generalizable a otras situaciones y lo que es específico de una situación y un contexto determinados.

La selección de la muestra, como es habitual en metodologías cualitativas, no tiene como propósito representar a una población para luego universalizar los resultados, sino que su intencionalidad apunta a la obtención de la máxima información posible en una realidad particular. El estudio de casos es uno de los métodos más característicos dentro de esta metodología, y se ha llegado a definir como «un examen detallado de una situación, de un sujeto o de un evento» (Bogdan y Biklen, en Colás Bravo, 1994).

Aunque los investigadores no estuvimos presentes durante el transcurso de las tres clases en las cuales se enseñó el tema «Energía» utilizado para el análisis mediante el EPC, sabemos que la principal actividad durante las mismas consistió en que el profesor dictaba y los alumnos tomaban nota en sus carpetas. Por consiguiente, el texto del dictado quedó documentado en la carpeta de este alumno, y podríamos afirmar que dicho texto es, prácticamente, la totalidad del discurso informativo que ha circulado entre el profesor y los alumnos. Es decir, en este caso, el texto de la carpeta es el documento que pone de manifiesto la transposición didáctica ocurrida entre el contenido científico erudito y dicho contenido escolarizado.

La elección de crear un instrumento gráfico-semántico

Ander-Egg (1980) define el análisis de contenido como una técnica de recopilación de datos que permite estudiar y analizar el contenido manifiesto explícitamente de una comunicación con el fin de obtener información y con el propósito de estudiar ideas, significados, temas o frases.

¿Cómo analizar un contenido? Bertin (1988) analiza diferentes técnicas de recopilación de datos tales como las figuras, los esquemas y las matrices. Entre las posibilidades que las representaciones gráficas y gráfico-semánticas pueden ofrecer al análisis e interpretación de datos cualitativos este autor menciona:

- Permitir memorizar las relaciones entre datos estudiados, condición indispensable para llevar a cabo una interpretación exhaustiva de los mismos.
- Facilitar el paso de forma inmediata de la globalidad a la particularidad, y viceversa.
- Tener permanente acceso a la información en su totalidad y a cada una de sus fases.

Nuestra propuesta fue la de obtener, a partir del texto escrito en la carpeta de un alumno, un instrumento gráfico-semántico al que llamamos EPC, que resulta de fácil construcción, que respeta esencialmente al texto y que nos permite realizar posteriores análisis sobre él.

EL MARCO TEÓRICO

El concepto de aprendizaje

Contrariamente a la visión asociacionista del aprendizaje como resultante de la inscripción del discurso del experto en la *tabula rasa* de la mente de un novato, el actual consenso de la comunidad educativa acepta el enfoque constructivista que, más allá de sus variantes (Pozo, Marín Martínez, 1999), define el aprendizaje como un proceso de construcción activa por parte del sujeto que aprende. Por lo tanto, *conocer* ya no es

sinónimo de *reproducir información*, sino que ésta debe ser asimilada o integrada en los conocimientos anteriores que posea el sujeto. Todo nuevo conocimiento sólo puede ser «interpretado a la luz de lo que ya se sabe» y según las posibilidades cognoscitivas de acuerdo al nivel de desarrollo evolutivo en el que se encuentre el sujeto.

Nuestra perspectiva de investigación asume que la calidad de la construcción de los significados que aprenden los sujetos en un contexto escolar depende de los esquemas cognitivos previos de cada alumno, pero también depende fuertemente de la interacción con el experto –el docente– y su forma comunicativa particular de trasponer el discurso científico (erudito e impersonal) a las situaciones de aula. Así, la actividad cognoscitiva que se construye en el intercambio con otros se da en la escuela de un modo especial con el docente, quien es el responsable de seleccionar, organizar, secuenciar, comunicar contenidos y evaluar de manera tal que favorezca el aprendizaje de los alumnos.

El modelo de Ausubel-Novak (Novak, 1982) define *aprendizaje significativo* como aquél en el que los conceptos se encuentran jerárquicamente organizados en la estructura cognitiva de un sujeto y advierte que, si los conceptos vertidos en clase no hallan vinculación con conceptos inclusores existentes en la estructura cognitiva de los alumnos –porque no existen o están subsumidos–, el aprendizaje que se producirá será de tipo memorístico (Novak, 1982). «Elementos de conocimiento aprendidos en forma memorística se distribuyen arbitrariamente en la estructura cognoscitiva sin relacionarse con los conceptos pertinentes específicos que allí existen.» (Lejter de Bascones, 1982)

En nuestra concepción (Galagovsky, 1999a) describimos la estructura cognitiva (EC) de un sujeto como una configuración de tipo reticular compuesta por nodos (conceptos) y por relaciones entre ellos, según se representa en la figura 1. Llamamos *conocimiento* al contenido de esa EC y denominamos *información* a toda pieza de conocimiento que es externa al sujeto; es decir, nuestra concepción de *aprendizaje supone la necesaria transformación de una información* (externa al sujeto) *en conocimiento* (interno al sujeto).

Dada esta condición, la información es un conjunto de conceptos y relaciones entre conceptos que se desean aprender: en la figura 1a ubicamos gráficamente esa información como externa al sujeto que la aprenderá. Para la transformación de esa información como conocimiento podríamos suponer dos tipos extremos de aprendizaje, según se muestran en las figuras 1b y 1c, respectivamente.

Por un lado, definimos el *aprendizaje significativo* (Fig. 1b), en el cual conceptos inclusores ya existentes en la estructura cognitiva del sujeto permiten el anclaje de la nueva información. Este tipo de aprendizaje aumenta la capacidad cognitiva de dicho sujeto, por cuanto aumenta su número de conceptos potencialmente inclusores para subsiguientes aprendizajes significativos.

Figura 1

Representación esquemática de la estructura cognitiva de un sujeto de aprendizaje de tipo significativo y memorístico (Galagovsky, 1999a).

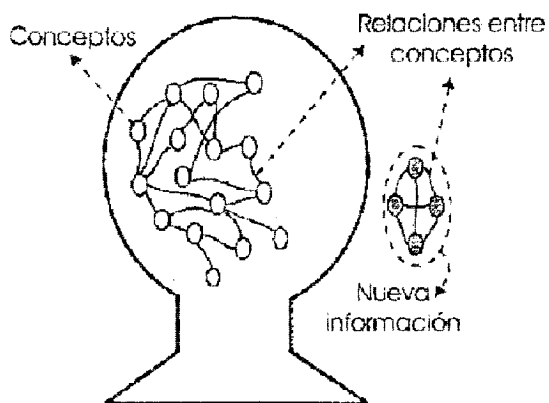


Figura 1a

Representación de un recorte de la estructura cognitiva (EC) de un sujeto. Los *nodos* son conceptos y los *nexos* son relaciones entre conceptos. La estructura la podemos imaginar como una intrincada *red tridimensional*. Afuera de la EC existe información, que es un conglomerado de nuevos conceptos y relacionados entre conceptos.

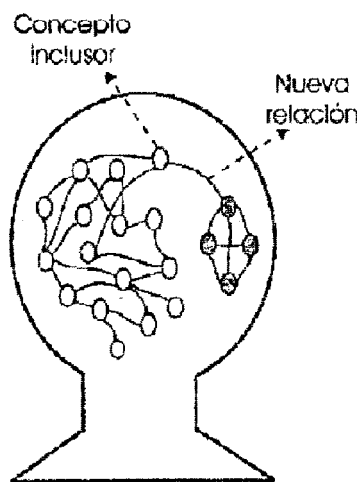


Figura 1b

Aprendizaje significativo

Si la nueva información se incorpora a la EC vinculándose a conocimientos ya existentes en ella, mediante el establecimiento de nuevas relaciones con conceptos ya conocidos –conceptos inclusores–, ocurrirá un *aprendizaje significativo*. Cuanto mayor sea el número de vinculaciones establecidas, tanto más significativo.

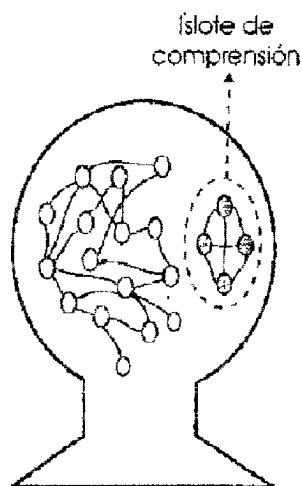


Figura 1c

Aprendizaje memorístico

Si no se vincula la nueva información a conceptos ya existentes en la EC, el aprendizaje requerirá un esfuerzo netamente memorístico. Este tipo de aprendizaje tiende a olvidarse, ya que no es funcional, es decir, no pertenece al bagaje de conocimientos y estrategias con la que opera normalmente el sujeto.

En el otro extremo (Fig. 1c), una información para la cual no hay conceptos inclusores disponibles –ya sea porque no existen o porque el sujeto no sabe que los tiene– sólo podrá incorporarse como *aprendizaje memorístico*. Este tipo de aprendizaje no se relaciona con la EC previa existente. Puede, eventualmente, formar un «islo de comprensión», pero no se relacionará con la EC ya organizada y consolidada.

Decimos que esta clasificación de aprendizajes representa tipos extremos de posibilidades porque, en realidad, un aprendizaje significativo puede requerir igual algún tipo de esfuerzo memorístico para poder ser recordado (consolidado); de la misma forma, para recordar aprendizajes exclusivamente memorísticos, los sujetos intentamos dar algún tipo de conexión a nuestra EC (reglas nemotécnicas, asociaciones, etc.).

La dificultad en asignar un rótulo absoluto de significativo o memorístico al tipo de aprendizaje que ocurrió en un sujeto consiste, principalmente, en que sólo puede ser evaluado por otros en la medida en que dicho aprendizaje fuera transformado nuevamente en información (externa a dicho sujeto). Es decir, el conocimiento de un sujeto es evaluable mediante sus conductas externas, (¡lo que guarda en su EC no se ve!) Así, tanto un aprendizaje significativo como memorístico permiten, a un sujeto, evocar sus conocimientos. Sin embargo, el extremo de aprendizaje memorístico sólo permitiría ser evocado en forma idéntica a cómo se aprendió, sin que el sujeto necesitara siquiera asignarle significado preciso a sus términos y, por lo tanto, con grandes posibilidades de cometer errores sin percatarse de ello.

Es interesante destacar el espinoso tema del error. La jerga educativa actual enaltece las dos palabras *aprendizaje significativo*, y parece implícito el hecho de que un aprendizaje significativo es siempre correcto. Desde nuestra concepción, se tiene bien en claro la posibilidad de que un sujeto realice un aprendizaje significativamente erróneo. Este caso se daría cuando una nueva información se conecta con conceptos inclusores equivocados. Muchas investigaciones sobre ideas previas resistentes al cambio conceptual, a nuestro juicio, pondrían en evidencia este tipo de aprendizajes escolares significativos y erróneos.

El concepto de *nivel semántico*

Al decir de Vygotsky (1993), «[...] los conceptos no están en la mente como guisantes derramados en un saco. No están uno junto al otro ni uno encima del otro sin conexión ni relación alguna. Sin la existencia de relaciones determinadas con otros conceptos sería imposible la existencia de cada concepto aislado». Refiriéndose a los conceptos científicos, Vygotsky recreó su pensamiento con palabras de Tolstoi: «[...] casi siempre no es la propia palabra la que resulta incomprensible, sino que el alumno no dispone del concepto expresado por la palabra. La palabra casi siempre está preparada cuando lo está el concepto».

Sin embargo, aunque estas apreciaciones fueron postuladas hace unos setenta años, aún hoy pareciera que la suposición general es que el concepto casi siempre está preparado cuando lo está la palabra. Esto es lo que parece deducirse cuando se observan profesores cuyo discurso en la clase se basa exclusivamente en la utilización de palabras con significación precisa desde algún campo científico, sin preocuparse por la construcción –trabajosa– del concepto correspondiente, que deben hacer los alumnos para otorgarle significación a dicha palabra.

Nuestra propuesta de analizar el nivel semántico del discurso escolar aborda el problema del grado de significación que puedan otorgar los alumnos a las palabras vertidas en clase como parte del discurso científico escolarizado. Desde nuestro enfoque, llamamos *nivel semántico superficial* a aquél que transcurre desde un discurso que maneja palabras –quizás significativas para el profesor por estar asociadas a conceptos en su estructura cognitiva– que no tienen significado para el alumno, pues éste no ha construido el concepto correspondiente.

Por el contrario, un *nivel semántico profundo* es un nivel conceptual de interpretación del discurso. Si bien un concepto está denotado por una palabra, entendemos que hay una «distancia» entre decir una palabra y utilizar una palabra para designar un concepto.

Un análisis sobre el nivel semántico –o de significación– de un discurso circulante nos permitirá hacer inferencias acerca de qué tipo de aprendizaje propiciaría, aun sabiendo que todo intento de clasificación objetiva del nivel semántico de un discurso es arbitraria, porque su nivel de significación no es absoluto sino dependiente de los sujetos que lo reciben. Teniendo en cuenta esta limitación, nos ha parecido interesante analizar el discurso transcurrido en una clase y documentado en el texto de la carpeta de un alumno mediante un EPC, y contrastarlo con una red conceptual (RC) del mismo tema, cuya construcción exige un análisis conceptual y metacognitivo (Galagovsky, 1993, 1994, 1999). Estimamos que, del análisis comparativo de ambos instrumentos, surge una medida de esa «distancia» entre sus respectivos niveles semánticos.

UN NUEVO INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN: EL ENTRAMADO DE PALABRAS-CONCEPTO (EPC)

Qué es un entramado de palabras-concepto (EPC)

El entramado de palabras-concepto es un instrumento gráfico-semántico que presenta nodos ocupados por palabras, y relaciones entre los mismos, formando oraciones entre los nodos consecutivos. Tanto los nodos como las relaciones son tomados lo más explícitamente posible a partir del texto que se pretende analizar. En cuanto a su configuración gráfica, ésta puede responder tanto a esquemas reticulares como a esquemas clasificatorios o

incluso jerárquicos, de acuerdo a las relaciones que se establezcan en el texto.

Hemos denominado EPC a nuestro instrumento, entendiéndolo que es diferente tanto de un «entramado de palabras» (EP) como de un «entramado de conceptos» (EC).

Hacer un EP a partir de un texto significaría transformar el mismo en una organización gráfica que utiliza las palabras en una *cierta* interrelación formando oraciones. Los mapas conceptuales (MC) (Novak, 1998) serían ejemplos de estos EP. Su técnica de confección exige que se respete una jerarquía gráfica vertical –los conceptos más importantes se ubican en la parte superior de la hoja– y otorga una gran libertad sintáctica, con la condición de escribir proposiciones entre nodos. Así, una oración puede leerse atravesando más de dos nodos consecutivos.

En otro extremo, un EC estaría ejemplificado en el instrumento denominado red conceptual (RC) (Galagovsky, 1993, 1999a). Este instrumento, de gran restricción sintáctica y semántica, exige formar oraciones nucleares¹ entre dos nodos consecutivos.

Considerando, entonces, esos posibles extremos de significación (semántica superficial o profunda) el EPC permite su comparación con sendos instrumentos ya existentes. Este punto se ampliará más adelante.

Cómo construir un EPC a partir de un texto

Nos interesa contar con un instrumento para el análisis de textos utilizados en la enseñanza; es decir, textos que formen parte del discurso escolar. A continuación presentamos las recomendaciones para la construcción del instrumento propuesto y denominado EPC:

1) Se selecciona un tema del texto a partir del cual se construirá un EPC (la carpeta de un alumno, las fichas o apuntes del profesor, un texto escolar, etc.). En el caso de que fuera una carpeta, es conveniente asegurarse que esté completa y que pertenezca a un alumno que sea considerado por sus compañeros como responsable al tomar los apuntes o al transcribir la información circulante en clase.

2) Se lee la parte del texto correspondiente a la explicación teórica (no interesa la parte de ejercitación para la construcción del EPC) con el fin de tener una idea global del contenido.

3) Se reinicia la lectura, párrafo a párrafo, seleccionando las palabras-concepto (que el lector interpreta como) relevantes. Con ellas se llenarán los nodos del EPC.

4) Se seleccionan las oraciones del texto que vinculan nodos y se las transcribe de tal manera que formen oraciones entre dichos nodos.

De esta forma, un EPC tiene las siguientes características:

a) Los nodos serán ocupados por sustantivos o sustantivos adjetivados, representativos del texto en cuestión.

b) Las uniones que relacionan conceptos deberán exhibir leyendas extraídas del texto y que ligen nodos consecutivos formando oraciones; es decir, deben incluir un verbo.

c) Las oraciones que se forman entre dos nodos consecutivos se leerán en el sentido señalado por una flecha.

d) No podrá construirse una oración cuyo significado se extienda entre más de dos nodos.

e) La lectura del EPC podrá comenzarse por cualquier nodo.

f) Se considerará artificial la ordenación jerárquica de conceptos en relación con una disposición gráfica vertical. El nuevo diseño gráfico sólo requiere claridad para la lectura.

g) Se considerarán como conceptos fundamentales aquéllos a los que llega y de los que parte la mayor cantidad de relaciones (flechas). Estos conceptos muy relacionados pueden ser, o no, los de jerarquía más abarcativa.

h) No se aceptará la repetición de conceptos (nodos).

i) No se aceptarán ecuaciones matemáticas como nodos, excepto unidos a algún concepto mediante la leyenda «se simboliza mediante».

Diferencias entre redes conceptuales, mapas conceptuales y entramados de palabras-concepto

Una RC siempre es un análogo gráfico-semántico de un recorte de la estructura cognitiva reticular «tridimensional» del sujeto que la construye (Fig. 1), y establece conexiones conceptuales que tienen un margen de elección idiosincrática muy importante. Es decir, la RC es un instrumento para explicitar, por medio del lenguaje, los significados profundos de un tema expresados mediante los conceptos relevantes y las relaciones precisas entre ellos. Esta RC, entonces, es desde el punto de vista conceptual, la manera óptima en que se presenta organizado un tema en la estructura cognitiva consciente del sujeto que la construye. Este sujeto podría expresar ese conocimiento conceptual riguroso de diversas formas sintácticas alternativas no tan cuidadas desde su significado preciso; estas formas semánticas más superficiales pueden organizarse en algún MC o EPC.

El cuadro I presenta las principales características diferenciales entre un EPC, un MC y una RC.

A pesar de las diferencias mencionadas, debe tenerse presente que el EPC y la RC comparten el mismo marco teórico general, sostenido en la misma concepción de sujeto, de aprendizaje y de niveles de significación. Por esto, indirectamente, un análisis comparativo de ambos instrumentos aplicados a un caso permitiría inferir algún

tipo de implicancia respecto del discurso (texto) como interfase de comunicación-aprendizaje entre el profesor y el alumno.

UN CASO DE APLICACIÓN

Construcción de un EPC a partir de un texto escrito

Se ha elegido, como caso particular, la carpeta de un alumno de tercer año de la escuela secundaria, y de ella se ha escogido la unidad de «Energía» (Anexo). Cabe aclarar que la carpeta del alumno fue escogida al azar entre un grupo de carpetas que los propios alumnos consideraron como completas. Los alumnos expresaron, además, que la carpeta representa fielmente lo hecho durante las clases, dado que el docente dictó el texto y que no se realizaron actividades fuera de los ejercicios presentes en la misma.

A partir del texto, se seleccionaron las palabras-concepto que consideramos que representaban lo esencial del

mismo. Luego se conectaron las palabras-concepto elegidas respetando la conexión explícita del texto.

Así, por ejemplo, al comienzo del texto de la carpeta mencionada (Anexo) puede leerse:

Energía: Es todo aquel agente físico que puede ser transformado en trabajo. Existen diversos tipos de energía: térmica, luminosa, eléctrica, de deformación, de movimiento, de posición, etc.

Partiendo de este párrafo, se inicia la construcción de una parte del EPC, según se muestra en la figura 2. Así, siguiendo las instrucciones para su armado, se construyó el EPC completo que se muestra en la figura 3.

Análisis directo sobre el EPC

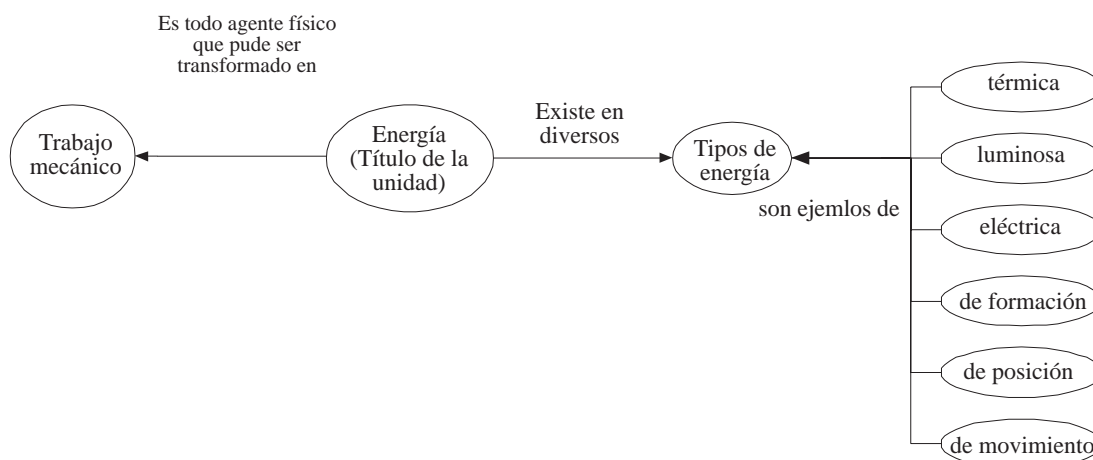
¿Hay errores conceptuales en el discurso?

Podemos decir que, en general, en el texto, ahora transformado en EPC, no hay errores conceptuales, dado que

Cuadro I
Diferencias y similitudes entre un mapa conceptual, una red conceptual y un entramado de palabras-concepto

	MAPAS CONCEPTUALES	REDES CONCEPTUALES	ENTRAMADO DE PALABRAS-CONCEPTO
Nodos	Se completan con palabras.	Se completan con conceptos relevantes del tema. La repetición de nodos está prohibida. Sólo se aceptan ecuaciones unidas por la leyenda «se simboliza mediante» (o similar).	Se completan con palabras-concepto representativas del texto en cuestión. La repetición de nodos está prohibida. Sólo se aceptan ecuaciones unidas por la leyenda «se simboliza mediante» (o similar).
Leyendas que unen los nodos	Se utilizan palabras que completen una proposición entre nodos (pueden ser tanto verbos como preposiciones, etc.).	Se utilizan palabras que completen una oración nuclear entre nodos consecutivos (deben incluir un verbo que precise la significación de la oración). Las oraciones nucleares se leerán siguiendo el recorrido de una flecha. Las leyendas no podrán contener conceptos relevantes que no hubieran sido desglosados previamente como nodos y no se admiten verbos ambiguos.	Se utilizan palabras presentes en el texto que ligen nodos formando oraciones (deben incluir un verbo). Las oraciones se leerán siguiendo el recorrido de una flecha. Todas las uniones tienen que llevar leyendas extraídas del texto (si el texto utiliza verbos ambiguos o conceptos no explicitados, éstos deberán transcribirse en el EPC).
Jerarquía gráfica	Es necesaria. Los conceptos más importantes son los más abarcativos y se escriben en la parte superior del mapa.	No es necesaria. Los conceptos más importantes son los más relacionados.	No es necesaria. Las palabras-concepto más importantes son las más relacionadas.

Figura 2
Vista de la construcción parcial del EPC.



los conceptos son tratados con mucho cuidado desde las definiciones clásicas de la denominada «ciencia pura» (Gómez, Izquierdo, Mauri, Sanmartí, 1989). El único error conceptual que se pudo identificar es el referido a la definición de *energía*, que dice textualmente que la «energía es todo agente físico que puede ser transformado en trabajo mecánico». Esta definición sólo es válida en casos ideales en los que, por ejemplo, las máquinas térmicas tuvieran una eficiencia del 100%. Aunque esto no está prohibido por el primer principio de la termodinámica (conservación de la energía total), sí lo está por el segundo. Las máquinas térmicas «reales» siempre ceden energía (flujo de calor) al exterior y, por lo tanto no puede haber transformación total en el trabajo.

El enunciado de la segunda ley de la termodinámica dice: «Es imposible para cualquier sistema experimentar un proceso en el que absorba energía exclusivamente por diferencia de temperatura (calor) y lo convierta completamente en trabajo mecánico.» (Sears, Semansky, Young, 1988). La primera ley niega la posibilidad de crear o destruir energía; la segunda excluye la posibilidad de utilizar la energía de un modo determinado. Estas cuestiones son ampliamente discutidas en gran cantidad de trabajos de investigación sobre los temas de «Calor» y «Termodinámica» (Michinel-Machado y D'Alessandro-Martínez, 1993; Pérez-Landazábal, Favieres, Manrique y Varela, 1995).

Esta definición de *energía* es válida si sólo se toman casos ideales (sin rozamiento ni intercambios térmicos), tal como se hizo en las clases (ver ejercicios de aplicación en el anexo). Este aspecto de la enseñanza también se manifiesta explícitamente en el EPC –extraído del texto de la carpeta–, en el cual sólo se ejemplifican situaciones ideales de conservación de la energía mecánica (Fig. 3).

Si bien, en general, no se han deslizado errores conceptuales y el discurso escolar está colmado de definiciones, nos interesa dejar abierta la pregunta sobre si unas

definiciones de *energía* y de *potencia*, como las dadas, podrán ser comprendidas significativamente por los alumnos a partir de su texto. Estas cuestiones, referidas a la distancia entre aprender «palabras» y «aprehender» conceptos, se analizarán con mayor profundidad más adelante. Por el momento, cabe señalar que, sin ser errores conceptuales, se detecta, en el EPC, una tendencia clasificatoria –en la que no siempre queda claro el criterio de clasificación– y la omisión de conceptos importantes, tales como *conservación de la energía total, sistema, cuerpos y sistema de referencia*.

¿Con qué tipo de enfoque se abordó el tema?

A partir del EPC es posible visualizar rápidamente que durante el discurso escolarizado del tema sólo se han mencionado palabras-concepto referidas a la «ciencia pura». En ningún momento se ha hecho referencia a conceptos cotidianos y, mucho menos aún, a conceptos relacionados con la sociedad ni la tecnología (enfoque CTS) (Solbes y Vilches, 1989).

Los contenidos han sido tratados desde sus «definiciones» conceptuales y formales. Comparando con la carpeta, es posible además observar que las actividades se reducen únicamente a la resolución matemática de tres ejercicios tipo sobre conservación de la energía mecánica en sistemas ideales (no se tiene en cuenta el rozamiento) y, por lo tanto, alejados de la realidad cotidiana de los alumnos.

No solamente en el EPC no se hace mención de conceptos relacionados con el enfoque CTS sino que además los ejemplos matemáticos se circunscriben a casos ideales sin siquiera explicitar esta condición de idealidad y su significado.

Otro aspecto que nos evidencia que el enfoque dado fue exclusivamente desde la «lógica de la disciplina» se encuentra en la existencia de diversas clasificaciones y subclasificaciones claramente manifiestas en la estruc-

Figura 3
Entramado de palabras-concepto construido sobre el texto de la carpeta de un alumno de 3r. año de la escuela media, de la asignatura Física (Anexo), tema «Energía» (en gris se señalan los conceptos a partir de los cuales se construyó la red conceptual de la figura 4).

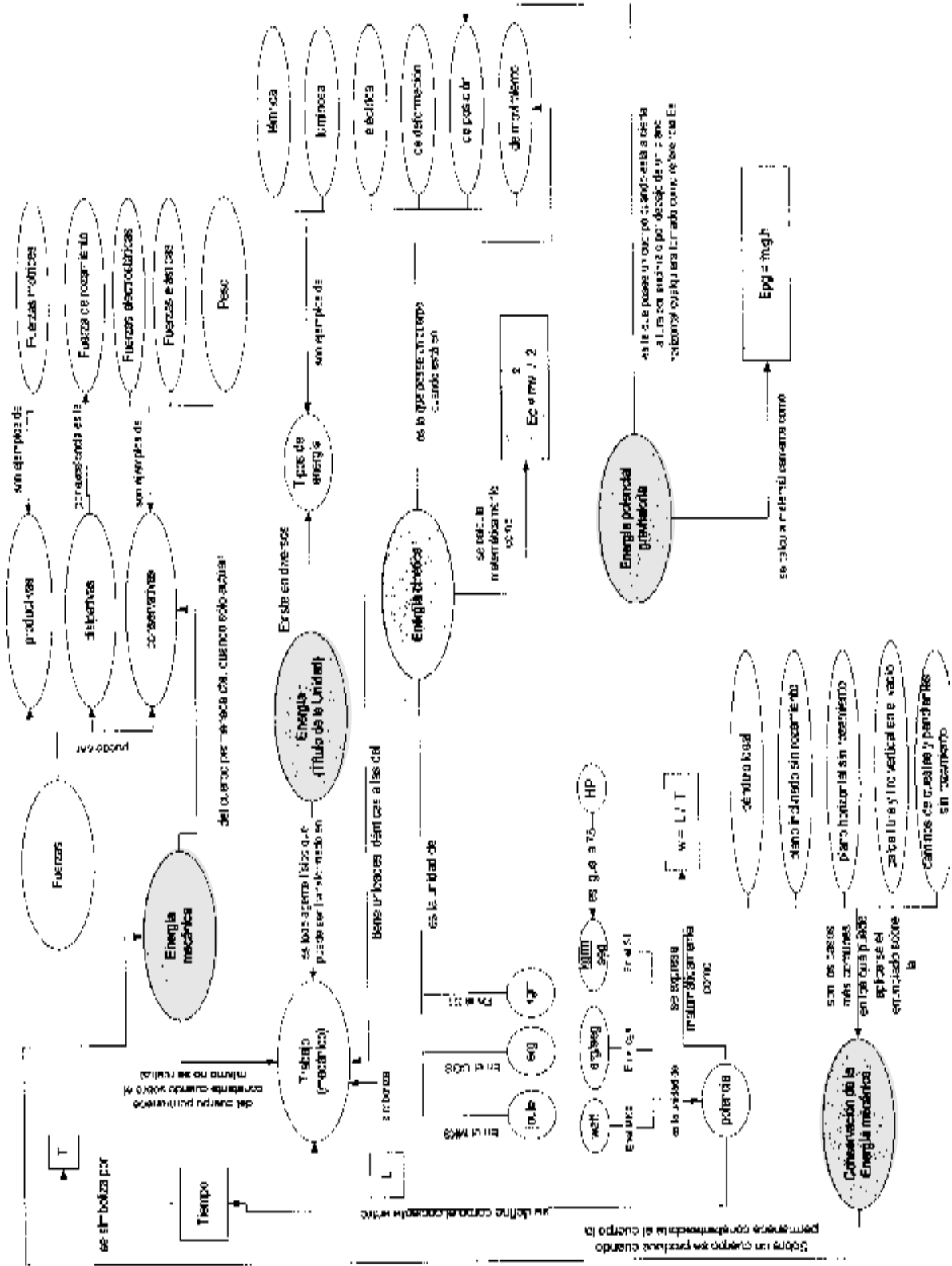
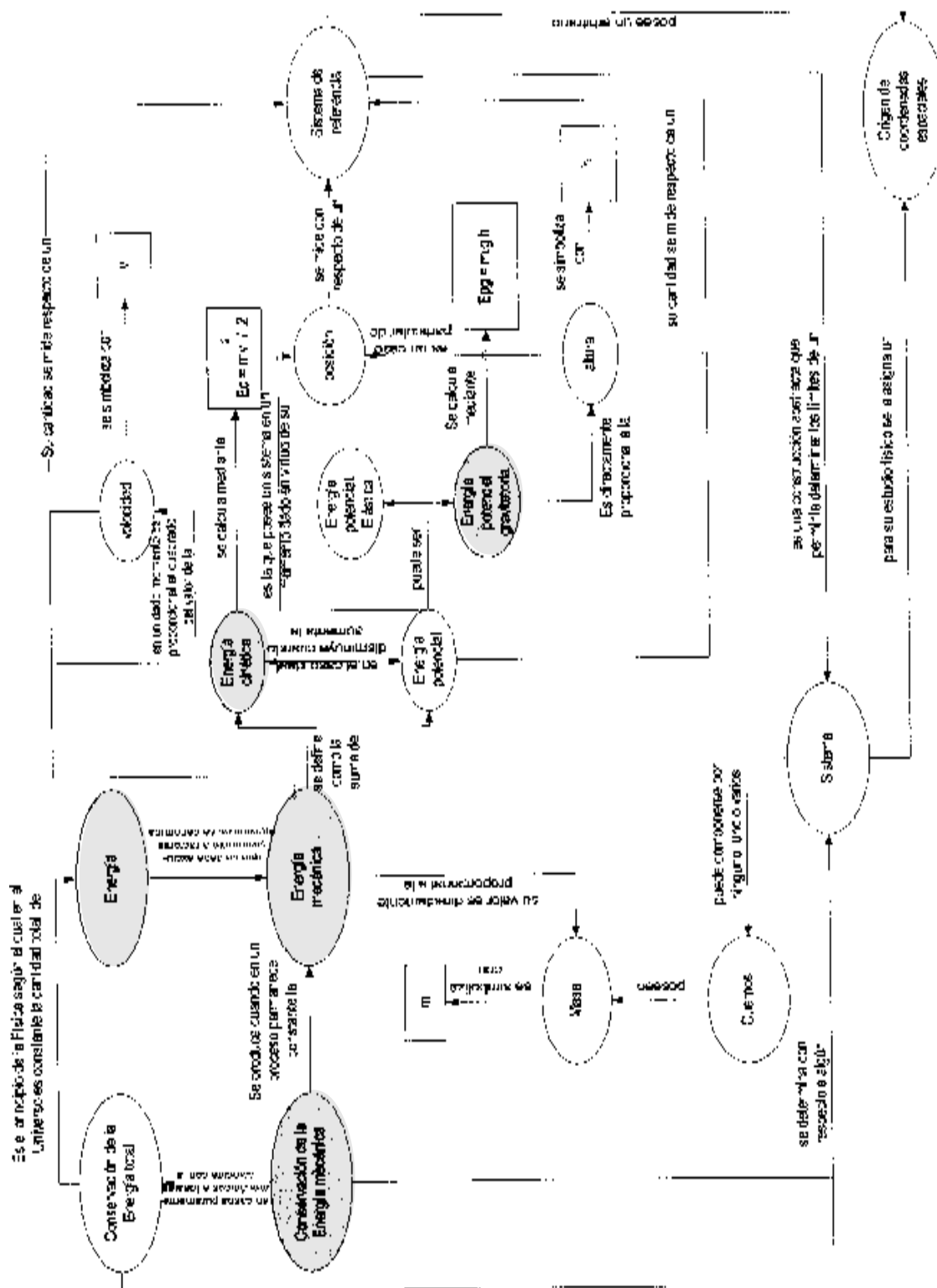


Figura 4
Red conceptual sobre el tema «Energía», construida para enlazar conceptualmente los conceptos enmarcados en color gris.



tura del EPC. Éste es un ejemplo de transposición didáctica de una ciencia descriptiva, en la cual lo más importante es conocer la mayor cantidad de hechos posibles y sus categorizaciones sin tener en cuenta los procesos de producción del conocimiento científico por los cuales se concluyeron tales clasificaciones.

De lo expuesto inferimos que los alumnos de este curso no podrían formarse (al menos a través de la enseñanza del tema «Energía») una imagen de la ciencia diferente a la de una concepción acumulativa y sumativa de conocimientos.

Análisis complementario entre el EPC y la ejercitación

¿Hay coherencia entre la relevancia de los conceptos del EPC y el resto de las actividades?

Las palabras-concepto *trabajo mecánico*, *energía cinética* y *potencia* parecen ser tenidas como importantes por el docente, dado que son las más relacionadas (Fig. 3). Sin embargo, consideramos que la cantidad de relaciones por sí solas no alcanza para determinar la relevancia sino que hace falta tener en cuenta, de alguna manera, la calidad de las mismas (con qué otras palabras-concepto se relacionan). De ahí que, entre las palabras-concepto mencionadas, se pueda deducir una asignación de mayor relevancia a la de «trabajo mecánico», dado que es la única que se relaciona con «todas» las otras consideradas como importantes.

La importancia dada a la palabra-concepto *trabajo mecánico* en el EPC (y, por lo tanto, en el texto) parece contradecirse con el valor «realmente» asignado a la misma, pues comparando con la ejercitación de la carpeta (Anexo), se observa que no se presentan ejercicios que involucren a dicha palabra-concepto en su relación con las otras. Esta suerte de incoherencia nos induce a considerar que el aprendizaje de esta palabra-concepto que pudieran realizar los alumnos podría esperarse que fuera casi exclusivamente de forma memorística.

¿Hay coherencia entre las formulaciones matemáticas y la ejercitación?

En el EPC se presentan ecuaciones matemáticas referidas a la energía cinética, la energía potencial gravitatoria y la potencia. Además, se expresan relaciones desde las definiciones matemáticas como, por ejemplo, cuando dice textualmente que «la potencia se define como el cociente entre el trabajo y el tiempo». También se presenta la equivalencia numérica entre las unidades de potencia del sistema técnico y la unidad HP (Horse Power), aunque no se explicita en el texto su significado, ni se hace referencia a los «caballos de fuerza».

Al analizar los ejercicios de la carpeta, se pudo observar que en la resolución de los tres ejercicios presentados debe tenerse en cuenta que el valor de la energía mecánica es la suma de los valores de las energías cinética y potencial gravitatoria, aunque en el EPC puede apreciar-

se que en ningún momento se presenta tal relación. Además, se presenta la ecuación correspondiente a la potencia, pero en ningún momento se realizaron ejercicios o se propusieron situaciones problemáticas que necesiten de dicha ecuación.

De lo expuesto en este punto, entendemos que existe una cierta incoherencia entre las relaciones matemáticas que se dan en la parte teórica con las necesarias en la parte de ejercitación y viceversa.

Análisis del nivel semántico del discurso escolar

Déficits conceptuales detectados en el EPC

El EPC sobre *energía* construido a partir del texto de la carpeta del alumno manifiesta serias deficiencias desde el punto de vista del análisis conceptual, como, por ejemplo:

a) No se relaciona explícitamente el concepto de *energía* con el de *energía mecánica*.

b) No se relaciona explícitamente el concepto de *energía* con los de *energía cinética* y *energía potencial*.

c) En ningún momento se menciona que la energía mecánica es la suma de energía cinética y potencial (y, sin embargo, en este aspecto se basarán los ejercicios propuestos).

d) Se habla de la conservación de la energía mecánica y nunca de la conservación de la energía total.

e) Se aclara la necesidad de medir la energía potencial gravitatoria desde un sistema de referencia y no así la energía cinética, como si esta última fuera independiente del sistema de referencia elegido.

f) En ningún momento se tiene presente el sistema elegido para el análisis de la conservación de la energía, del cual depende dicha conservación.

g) Se reduce la conservación a un solo cuerpo, como si la energía se refiriese a este caso particular.

h) Se identifican las energías potencial gravitatoria y de deformación sin relacionarlas entre ellas. No se analiza el concepto de *potencial*, común a ambos ejemplos.

i) Se dice que las unidades de energía cinética son idénticas a las del trabajo mecánico, pero en ningún momento se establece que éstas son las unidades de energía en general y, por lo tanto, de cualquiera de los tipos de energía presentados.

j) Se parte del caso ideal y, en ningún momento, se hace referencia a casos reales (con disipación de energía).

En una red conceptual deberían resolverse estas cuestiones. Ésta es, precisamente, la exigencia semántica de un RC; es decir, que se formen oraciones nucleares (de

óptimo significado conceptual) entre dos nodos consecutivos. En cambio, en el EPC la exigencia es sólo sintáctica y se pide que se formen oraciones entre dos nodos consecutivos (oraciones extraídas del texto).

Es muy importante remarcar que, si bien las definiciones son oraciones, no por ello pueden ser consideradas, desde el punto de vista metacognitivo, como oraciones nucleares. Una definición no se relaciona fácilmente con conceptos ya existentes en la estructura cognitiva de un sujeto que es un novato en el tema y ello, generalmente, lo obliga a que sólo pueda «aprender» las definiciones mediante la memorización de las mismas. Las definiciones encierran características esenciales y diferenciales de un concepto o de un conjunto de conceptos y sus relaciones y, por lo tanto, involucran más de una oración nuclear (Galagovsky, 1999a). Una definición tiene un nivel de semántica profunda para un experto, que comprende y conecta significativamente cada una de sus palabras en el contexto conceptual apropiado. No es así, en general, para un alumno (novato).

El instrumento EPC construido a partir del texto pone en evidencia la falta de explicitación conceptual que sería necesaria para aspirar a un aprendizaje más significativo de los conceptos en cuestión por parte de los alumnos.

Red conceptual sobre una parte del tema «Energía»

La construcción de una RC tiene por finalidad el tratamiento conceptual de los contenidos, llegando al nivel de la estructura semántica profunda en el cual se establecen las conexiones significativas que dan sentido conceptual a las palabras.

Con el fin de analizar comparativamente el nivel semántico (superficial o profundo) del discurso presentado en la carpeta como texto y traducido a un diagrama gráfico-semántico por medio del EPC, construimos una RC sobre el contenido *energía*. La construcción de la misma ha sido el resultado de un proceso metacognitivo por parte de los investigadores, que exigió de los mismos un análisis conceptual profundo del contenido para solucionar los déficits señalados anteriormente.

Si bien una RC sobre el tema «Energía» puede abarcar decenas de conceptos, para el armado de esta RC comparativa, hemos tomado pocos conceptos presentes en el EPC, marcados en gris en la figura 3, y los hemos desarrollado conceptualmente en la RC mostrada en la figura 4. Esto nos permite disponer de un sistema común (aunque recortado) de comparación entre ambos instrumentos.

Análisis comparativo entre el EPC (Fig. 3) y la RC (Fig. 4).

Para armar la RC se debieron resolver algunas de las cuestiones conceptuales planteadas en el ítem en párrafos precedentes. La resolución nos exigió hacer explícitos en la RC nodos inexistentes (subsumidos) en el EPC, tales como:

a) Cuerpo y sistema: Su inclusión nos permite evitar tener que referir todos los conceptos a un solo cuerpo, como si fuera sinónimo de *sistema*. Esta inclusión permitiría analizar situaciones en las que entran en juego un conjunto de cuerpos.

b) Sistema de referencia: Al incluir este concepto se evita «obviar» que la cantidad de energía cinética depende del sistema elegido, tanto como la cantidad de energía potencial, y se podrían analizar situaciones no sólo desde un sistema considerado fijo, sino desde cualquier sistema inercial, más cercano a la realidad cotidiana (trenes, colectivos, automóvil, Tierra, etc.).

c) Conservación de la energía total: Éste es el primer principio de la termodinámica, principio fundamental sobre el cual se construye toda la física, así como también otras ciencias naturales. Sin embargo, no aparece en el EPC (porque no aparecía en la carpeta del alumno). El referirse a la conservación de la energía mecánica es un caso particular, que pierde valor si se considera sólo desde ese marco tan específico. Así, un alumno podría preguntarse sin lograr responderse: ¿Qué sucede con la energía en un caso real donde la energía mecánica no se conserva? ¿Desaparece? ¿Se gasta? ¿Se transforma? ¿Cómo podríamos interpretar desde la física una factura de luz donde se dice que se consumieron, por ejemplo, 250 Kw?

La inclusión de este concepto permitiría aprehender la conservación (o no) de la energía mecánica y darle significación profunda al concepto de *energía*.

d) Energía potencial: La inclusión de este concepto permite poner en evidencia que la «energía potencial gravitatoria» es simplemente un caso particular de «energía potencial», al igual que la energía potencial elástica, y que ambas formas de energía tienen algo en común, en este caso, su dependencia con la posición (y, por lo tanto, del sistema de referencia).

Asimismo fue necesario establecer oraciones nucleares entre algunos de los conceptos sin relación explícita en el EPC, como, por ejemplo:

a) Energía y energía mecánica: Esta oración nuclear expresa cuál es la relación entre ambos conceptos debida exclusivamente a variables mecánicas, que abren la posibilidad a la presentación de energías no mecánicas (térmica, química, nuclear, etc.).

b) Energía mecánica, energía cinética y energía potencial: Se establece la relación específica entre dichos conceptos, que será necesaria para analizar situaciones en las que se produzcan transformaciones de una forma en otra, y para resolver ejercicios como los propuestos en la carpeta sobre conservación.

La RC de la figura 4, si bien no es la única que pudo haber sido construida, muestra una configuración reticular y no tan clasificatoria como el EPC. Así, las oraciones nucleares configuradas en forma reticular manifiestan

una mayor integración de los conceptos y de sus mutuas dependencias e implicancias.

Al comparar ambos instrumentos queda en evidencia el nivel de semántica superficial presente en el EPC analizado y, por lo tanto, en el texto que le dio origen. Si bien el texto es en general correcto desde los conceptos y definiciones de la física clásica, podría presentar serias dificultades de comprensión a los alumnos, a menos que la enseñanza hubiera sido complementada con otras actividades.

Debe tenerse en cuenta que podría darse el otro extremo, en el que un texto registrado en la carpeta presentase un profundo desarrollo en lo conceptual, resultando un EPC más parecido al de la figura 4 y, sin embargo, no por ello los alumnos lo hubieran comprendido.

Lo que analizamos mediante el EPC es el «discurso» presente en el texto y no el grado de comprensión de los alumnos, aunque en determinadas condiciones, como en este caso de aplicación, se puedan hacer inferencias sobre el posible tipo de aprendizaje de los alumnos, ya que sabemos que no hubieron otras actividades en la clase más allá del dictado del texto y de la resolución de los ejercicios por parte del profesor.

De lo dicho se deduce que, para poder realizar un análisis completo sobre el nivel de trabajo conceptual desarrollado en la clase, sería necesario complementar el estudio con un análisis del resto las actividades áulicas.

CONCLUSIONES

Consideramos que, a partir de la definición del EPC, de su aplicación y análisis posterior en un estudio de un caso, la validez de este instrumento ha quedado establecida para el análisis del contenido del discurso escolar a partir de un texto utilizado en clase, dado que cumple con las condiciones impuestas a un instrumento gráfico-semántico para el análisis de un contenido (explicitado con anterioridad).

Además, consideramos que los EPC pueden presentar una validez más general, si bien no universal, dentro de las metodologías de investigación cualitativa y descriptiva. Formulamos esta hipótesis, al menos para aquellos casos en los que los textos para analizar no sean muy extensos, sean esencialmente informativos y expresen fundamentalmente relaciones específicas entre conceptos, como los textos que desarrollen contenidos científicos. Por el contrario, esta hipótesis no se refiere, por ejemplo, a obras literarias en las cuales lo importante sea el valor expresivo de lo que está escrito.

A partir de la experiencia del presente trabajo, consideramos importante destacar que, si bien se requiere un cierto tiempo para la construcción de un EPC a partir de un texto, una vez ya construido, el análisis que mediante éste pudo realizarse hubiera sido tedioso de efectuar sobre el texto directamente. En otras palabras, podríamos

decir que el EPC es un recurso sencillo que permite transformar un discurso desde un formato texto a un formato gráfico. Entonces, este instrumento permite realizar una «traducción» entre formatos, respetando el discurso.

Entre las ventajas de utilizar el EPC para el análisis de contenido podemos enunciar:

a) La característica del EPC de mostrar, en una página, las relaciones de todas las palabras-concepto de la parte teórica del tratamiento del tema permite descubrir errores conceptuales explícitos e inferir otros, o interpretar posibles causas de los mismos. También se facilita encontrar contradicciones e, incluso, incoherencias entre la ejercitación u otras actividades y la relevancia teórica dada para algunas palabras-concepto.

b) El análisis directo del EPC permite obtener, en determinadas condiciones, conclusiones indirectas sobre el dominio de la disciplina por parte del docente, y hasta descubrir sus trasfondos ideológicos (concepciones de ciencia) manifiestos en el enfoque con los que se presentan los contenidos conceptuales. Este tipo de análisis, para que fuera completo, debería ampliarse al resto de las actividades que se desarrollan en la clase.

Entre los alcances que el EPC puede brindar podemos mencionar dos principales:

1) Al facilitar la traducción de un texto a un formato gráfico-semántico, un EPC permite analizar contenidos descriptiva y cualitativamente (según lo que nos propusimos, en los objetivos, al comienzo de la investigación) y, además, realizar análisis cuantitativos y comparativos. A partir de estos datos es posible estudiar, por ejemplo, el discurso presentado para un mismo tema en diferentes regiones; se podrían determinar las diferencias en el tratamiento del mismo tema en diferentes años de escolarización; etc. En resumen, se podrían realizar tanto investigaciones transversales como longitudinales en el sistema escolar.

2) Un EPC también puede mostrar en torno a qué conceptos se trabajó en diferentes formas durante las clases. En este caso, la utilización de colores favorecería tanto un estudio longitudinal como transversal. Así, podríamos distinguir los conceptos que fueron desarrollados matemáticamente, de los que lo fueron mediante actividades de indagación de ideas previas o por medio de situaciones problemáticas (deberían conocerse estas otras actividades si no estuvieran reflejadas en la carpeta). Si bien éste es un aspecto que no fue validado durante el trabajo, queda abierto como hipótesis que podrá validarse en otros trabajos posteriores.

Como todo instrumento, el EPC también presenta algunas limitaciones:

En el presente trabajo se analizó la carpeta de un alumno sobre la que se construyó un EPC. En este caso, además, se tuvo la información de que lo escrito en el texto fue lo único trabajado en la clase sobre el tema, expuesto por el

docente mediante un dictado minucioso. Esto convirtió al EPC en un instrumento que permitió analizar la totalidad del discurso escolar sobre el tema; el texto de la carpeta refleja en un porcentaje altísimo la información que circuló en la clase (el contenido científico escolar). Éste podría no ser el caso en otra situación. También podría ocurrir que el texto proviniera de la toma de apuntes de un alumno; en este caso, el análisis se realizaría sobre un discurso escolar interpretado y filtrado por el alumno antes de ser documentado por el mismo.

De todas maneras, el análisis no tiene por qué generar conclusiones acerca de los conocimientos del docente o del aprendizaje real de los alumnos², sino que puede trabajarse específicamente en lo que atañe al análisis del discurso y no en lo que finalmente el alumno aprendió o potencialmente pudo aprender a partir de lo escrito. La información del texto es discurso, pero no significa que sea idéntica a aprendizaje; por lo tanto, las conclusiones que se derivarán del análisis del EPC deberán ajustarse a las limitaciones de cada situación.

NOTAS

¹ Una oración nuclear es una oración de máximo significado conceptual. Es una oración que no es ambigua, sino que explicita precisamente su contenido conceptual. El término está tomado de la teoría psicolingüística de Noam Chomsky (1992). La idea es que una oración nuclear es el análogo semántico de las relaciones entre nodos que representan en la figura 1 las unidades de la estructura cognitiva de un sujeto.

² Los mapas conceptuales (Novak, 1998) han sido señalados como posibles indicadores del nivel de aprendizaje significativo de un sujeto, a condición de que el investigador complete su evaluación con una entrevista clínica.

Las redes conceptuales (Galagovsky, 1994, 1999b) pueden ser utilizadas por el docente como recurso de evaluación del nivel de aprendizaje conceptual de los alumnos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDER-EGG, E. (1980). *Técnicas de investigación social*, 14a. ed. Buenos Aires: El Cid Editor.
- ARMBRUSTER, B. (1994). Tramas: una técnica para aprender mejor de los libros de texto de ciencias, en Minnick Santa, C., Alvermann, D. *Una didáctica de las ciencias naturales: procesos y aplicaciones*, 3a. ed. Argentina: Aique.
- AUSUBEL D., NOVAK, J. y HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology: a cognitive view*, 2a. ed. Nueva York: Holt, Reinhart and Winston.
- BARDIN, L. (1997). *El análisis de contenido*, 2a. ed. Madrid: Akal.
- BERTIN, J. (1988). *La gráfica y el tratamiento gráfico de la información*. Madrid: Taurus Comunicación.
- COLÁS BRAVO, M. y EISMAN L. (1994). *Investigación educativa*, 2a. ed. Sevilla: Alfar.
- CHOMSKY, N. (1992). *El lenguaje y el entendimiento humano*. Buenos Aires: Planeta-Agostini.
- GALAGOVSKY, L., BONÁN, L. y ADÚRIZ BRAVO, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en el aula. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 315-321.
- GALAGOVSKY, L. (1993b). Redes conceptuales: su base teórica e implicancias para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 307-311.
- GALAGOVSKY, L. y CILIBERTI, N. (1994). Redes conceptuales: aplicación a un tema de física de nivel medio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 338-339.
- GALAGOVSKY, L. (1999a). *Redes conceptuales, aprendizaje, comunicación y memoria*, 2a. ed. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- GALAGOVSKY, L. y CILIBERTI, N., (1999b). Las redes conceptuales como instrumento para evaluar el nivel de aprendizaje conceptual de los alumnos. Un ejemplo para el tema dinámica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 17-29.
- GALAGOVSKY, L. y ADURIZ BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 231-242.
- GÓMEZ, I., IZQUIERDO, M., MAURI, T. y SANMARTÍ, N. (1989). La selección de contenidos en las ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 168, pp. 38-43.
- LEJTER DE BASCONES, J. (1982). *Perspectiva ausubeliana de un currículo de física*. Caracas: Cenamec.
- LEMKE, J. (1996) *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Madrid: Paidós.
- MICHINEL-MACHADO, J. y D'ALESSANDRO-MARTÍNEZ, A. (1993). Concepciones no formales de la energía en textos de física para la escuela básica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 6(2), pp. 37-53.

- MINNICK SANTA, C. y ALVERMANN, D. (1994). *Una didáctica de las ciencias naturales: procesos y aplicaciones*, 3a. ed. Argentina, Aique.
- MUÑOZ, J.C. (2000). «El entramado de palabras-concepto: un instrumento para el análisis de contenido». Tesis de licenciatura. Argentina: Universidad de Gral. San Martín.
- NOVAK, J. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza.
- NOVAK, J. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Editorial.
- PÉREZ-LANDEZÁBAL, M., FAVIERES, A., MANRIQUE, M. y VARELA, P. (1993). La energía como núcleo en el diseño curricular de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 55-56.
- POZO, I., MARÍN, M. et al. (1999). Debates: Constructivismo y educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 477-520.
- SEARS, F., SEMANSKY, M. y YOUNG, H. (1998). *Física universitaria*, 6a. ed. Wilmington, Addison-Wesley Iberoamericana.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). Interacciones ciencia-tecnología-sociedad. Un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), pp. 14-20.
- VYGOTSKY, L. (1993). *Obras escogidas*, Vol. II, «Estudio del desarrollo de los conceptos científicos en la edad infantil». España, Aprendizaje-Visor.

[Artículo recibido en marzo de 2000 y aceptado en mayo de 2001.]

ANEXO

A continuación se transcribe el texto complejo de la carpeta del alumno de 3r. año sobre el tema «energía» para permitir una mayor legibilidad.

Energía

Es todo aquel agente físico que puede ser transformado en trabajo. Existen diversos tipos de energía: 1) Térmica, luminosa, eléctrica, de deformación, de movimiento, de posición, etc. Nos ocuparemos de las energías de movimiento y de posición.

Energía cinética: Se dice que un cuerpo posee energía cinética cuando está en movimiento. La energía cinética de un cuerpo se calcula multiplicando su masa por el cuadrado de su velocidad dividido por 2.

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Las unidades de E_c son idénticas a las de L.

$$[E_c] = [m] \cdot [v]^2$$

$$m \cdot K \cdot s : [E_c] = kg \left(\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{kg \cdot m^2}{s^2} = N \cdot m = \text{joule}$$

$$c \cdot g \cdot s : [E_c] = g \left(\frac{cm}{s}\right)^2 = \frac{g \cdot cm^2}{s^2} = \text{dina} \cdot cm = \text{erg}$$

$$S. T. [E_c] = \text{kg} \cdot m \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{kg \cdot m^3}{s^2} = \frac{kg \cdot m^2}{s^2} \cdot m = \frac{kg \cdot m^2}{s^2} \cdot m = kg \cdot m^3 \cdot s^{-2}$$

Energía potencial gravitatoria: Un cuerpo posee energía potencial gravitatoria cuando está a cierta altura por encima o por debajo de un plano horizontal cualquiera tomado como referencia. La energía potencial gravitatoria de un cuerpo se calcula multiplicando su masa x la g x la h con respecto al plano de referencia.

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

Fuerzas: El caso más accesible y común de fuerza conservativa es el P, y otros ejemplos son las F elásticas (resortes) y las F electrostáticas. La fuerza disipativa por excelencia es la F de rozamiento y como ejemplo de las F productivas son las F motrices.

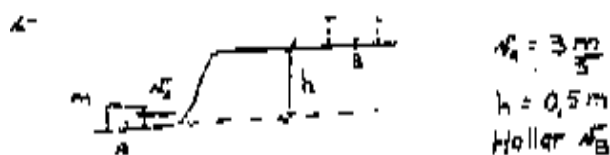
Conservación de la Energía Mecánica

Cuando sobre un cuerpo no realiza trabajo fuerza alguna o bien cuando las fricciones que lo hacen son conservativas (para nosotros el P), la energía mecánica del cuerpo permanece constante.

Los casos más comunes en los que puede aplicarse este enunciado son péndulo ideal, plano inclinado sin rozamiento, plano horizontal sin rozamiento, caída libre y tiro vertical en el vacío, caminos de cuevas y pendientes sin rozamientos.

Ejercicios

1. Calcular la h máxima que adquiere un cuerpo arrojado verticalmente hacia arriba con una velocidad de 30 m/s
 $v_0 = 30 \text{ m/s}$
 $H = ?$



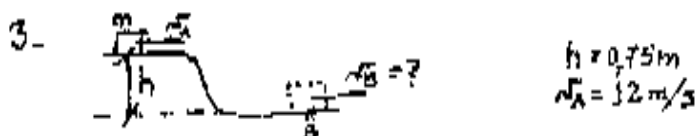
$$E_{M_B} = E_{M_A}$$

$$E_{c_B} + E_{p_B} = E_{c_A} + E_{p_A}$$

$$\frac{m \cdot v_B^2}{2} + m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v_A^2}{2} \Rightarrow \frac{m \cdot v_B^2}{2} = \frac{m \cdot v_A^2}{2} - m \cdot g \cdot h$$

$$v_B = \sqrt{\frac{m}{m} \left(\frac{v_A^2}{2} - g \cdot h \right) \cdot 2} = \sqrt{2 \cdot \left(4,5 \frac{m^2}{s^2} - 5 \frac{m^2}{s^2} \right)} = \sqrt{-1 \frac{m^2}{s^2}}$$

$v_B = \square$ La velocidad no es suficiente para subir la pendiente



$$E_{M_B} = E_{M_A}$$

$$E_{c_B} + E_{p_B} = E_{c_A} + E_{p_A}$$

$$\frac{m \cdot v_B^2}{2} = \frac{m \cdot v_A^2}{2} + m \cdot g \cdot h$$

$$v_B = \sqrt{\frac{m}{m} \left(\frac{v_A^2}{2} + g \cdot h \right) \cdot 2} = \sqrt{2 \left[\frac{(12 m/s)^2}{2} + 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,75 m \right]} = \boxed{13 \frac{m}{s}}$$

Potencia. Dada una Fuerza que realice trabajo mecánico L en un tiempo T, se define la potencia W como el cociente entre el trabajo L, y el Tiempo T,

$$W = \frac{L}{T}$$

Unidades

$$[W] = \frac{[L]}{[T]}$$

m.k.s: $[W] = \frac{\text{Joule}}{s} = \text{Watt} = w$

c.g.s: $[W] = \frac{\text{erg}}{s}$

S. T: $[W] = \frac{\text{kgcm}}{s} \rightarrow 1 \text{ HP} = 75 \frac{\text{kgcm}}{s}$