

MAPAS CONCEPTUALES EN LA INVESTIGACION DE LAS ESTRUCTURAS CONCEPTUALES DE CONOCIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES DE FÍSICA *

(Concept mapping in the investigation of student's conceptual knowledge structures in physics)

MARCO ANTONIO MOREIRA

Instituto de Física - UFRGS
90049 Porto Alegre, RS - Brasil

WALDO AHUMADA GUERRA

Universidad del Norte
Departamento de Física
Antofagasta - Chile

* Parcialmente financiado por FINEP - Brasil.

RESUMEN: Es descrito un estudio en el cual el mapeo conceptual fue usado como técnica para obtener informaciones sobre cambios en las estructuras conceptuales de conocimiento del alumno en Física. Los resultados sugieren que esta técnica es útil para esa finalidad y permitieron a los investigadores distinguir entre dos grandes clases de estudiantes según sus habilidades para construir sus propias organizaciones conceptuales. Ejemplos de mapas conceptuales de cada una de esas clases son presentados. Los resultados sugieren también que el mapeo conceptual puede ser una herramienta útil para obtener evidencia del aprendizaje significativo.

ABSTRACT: *A study in which concept mapping was used as a technique to gather information about changes in the learner's conceptual knowledge structures in physics is described. Research findings suggest that this technique is useful for such a purpose and enabled the researchers to distinguish between two broad classes of students according to their abilities to build their own conceptual organizations. Sample concept maps from each of these classes are presented. Research findings also suggest that concept mapping might be a useful tool to gather evidence of meaningful learning.*

Introducción

De acuerdo con Ausubel (1978), el conocimiento previo del estudiante es el más importante factor aislado que influye en el aprendizaje. Al decir eso, Ausubel se está refiriendo al papel crucial de la estructura cognoscitiva preexistente en el aprendizaje subsiguiente. Estructura cognoscitiva, a su vez, significa un complejo de conceptos jerárquicamente organizado.

El sigue sugiriendo que para una enseñanza bien sucedida uno tiene que descubrir lo que el alumno ya sabe y enseñarlo de acuerdo. Entretanto, a pesar de la simplicidad de esa afir-

mación, la tarea es muy difícil de ser ejecutada porque significa identificar aquellos elementos en el conocimiento previo del estudiante que son específicamente relevantes para lo que se quiere enseñar.

Por tanto, en un referencial ausubeliano, la determinación de la estructura cognoscitiva, es decir, la identificación de los conceptos relevantes que el aprendiz posee y en qué medida están diferenciados es una tarea fundamental y compleja.

Sin embargo, este énfasis en el papel del conocimiento previo en el aprendizaje subsiguiente no es exclusiva de la teoría del aprendizaje de Ausubel. Un creciente número de investigadores en enseñanza de las ciencias, muchos de ellos usando un referencial piagetiano, están dedicando sus esfuerzos hacia la investigación de los conceptos intuitivos tenidos por los estudiantes, o sea, ideas que no están de acuerdo con aquellas aceptadas por los científicos. Hay los que prefieren términos como conceptos alternativos o ideas pre-instruccionales, pero en general están hablando del conocimiento previo del aprendiz.

Esta tendencia no se observa solamente en la literatura sino también en los congresos internacionales sobre enseñanza de las ciencias. Por ejemplo, en el Taller Internacional de Verano sobre Investigación en la Enseñanza de la Física, realizado en La Londe Les Maures - Francia, en junio/julio de 1983 (Ed. CNRS, 1984), una gran cantidad de tiempo y atención fue destinada a conferencias, talleres e investigaciones sobre conceptos intuitivos. Otro encuentro internacional (Helm y Novak, 1983) enteramente dedicado a la cuestión de los conceptos intuitivos en ciencias y en la matemática ocurrió en la Universidad de Cornell,

en los Estados Unidos, un poco antes del taller en Francia.

Todo eso sugiere que el conocimiento previo del alumno es sin duda una variable fundamental a ser tenida en cuenta en el proceso enseñanza-aprendizaje. En este caso, el estudio de instrumentos y técnicas de acceso a la estructura conceptual de conocimiento del estudiante —la estructura de ideas del alumno, la estructura cognoscitiva, o cualquier otro nombre que se use— tórnase de gran importancia.

Muchas técnicas e instrumentos han sido utilizados con ese objetivo. Sutton (1980), por ejemplo, menciona entrevistas clínicas, tareas de asociación de palabras, escribir o seleccionar una definición e identificar y usar dimensiones bipolares en un "espacio semántico". Posner (1977), además de entrevistas clínicas, asociación de palabras y generación de proposiciones también discute técnicas como tareas de resolución de problemas y construcción de mapas conceptuales.

El estudio relatado en este trabajo es concerniente al uso de mapas conceptuales como herramientas para la investigación de la estructura cognoscitiva del estudiante en un curso básico universitario de Física. El da continuidad a un conjunto de estudios (e. g., Moreira y Santos, 1981; Moreira y Costa, 1983) en la misma área en la cual tests de asociación de palabras (Shavelson, 1974) fueron usados para investigar la estructura conceptual del conocimiento del aprendiz y precede otros estudios utilizando entrevistas clínicas (Domínguez, 1985; Domínguez y Moreira, 1986) con el mismo objetivo. Por tanto, él puede ser visto como parte de un proyecto más amplio en el cual diferentes instrumentos y técnicas están siendo usados para obtener información sobre la estructura cognoscitiva del aprendiz.

Mapeo cognoscitivo

En un sentido amplio, mapas conceptuales son apenas diagramas indicando relaciones entre conceptos, los cuales pueden ser usados como recursos de enseñanza, de evaluación y de análisis del currículum (Moreira, 1979; Stewart et al., 1979). Más específicamente, ellos son generalmente vistos como diagramas jerárquicos que intentan reflejar la organización conceptual de una disciplina o de un segmento de ella; es decir, ellos derivan su existencia de la estructura conceptual de una disciplina. Sin embargo, desde el punto de vista de la eva-

luación, la definición más general y flexible, dada en el comienzo, quizás sea más útil, pues cuando los alumnos trazan un mapa conceptual pueden estar apenas intentando representar sus propias organizaciones conceptuales para un cierto contenido.

Considerando que el uso de los mapas conceptuales como herramienta para investigar las estructuras conceptuales de conocimiento del estudiante está mucho más relacionado con su utilización como instrumento de evaluación del aprendizaje, los aspectos curriculares e instruccionales del uso de mapas conceptuales no serán discutidos aquí.

El mapeo conceptual es una técnica no tradicional de evaluación, esencialmente cualitativa. En general, el profesor que usa mapas conceptuales como instrumento de evaluación del aprendizaje no está interesado en atribuir un puntaje al conocimiento que tiene el alumno sobre un principio o una ley, ni a su habilidad para resolver un problema. En lugar de eso, él o ella tiene interés en obtener información sobre cómo el estudiante organiza, diferencia, integra, relaciona los conceptos-clave de una cierta unidad de estudio, de un cierto asunto o de una disciplina. El o ella está también interesado en aprender sobre los conceptos intuitivos de los alumnos y sobre los significados que ellos atribuyen a ciertos conceptos.

Según Novak y Gowin (1984), mapas conceptuales proveen una herramienta para "negociar" significados, pues como son una representación abierta de la organización conceptual cognoscitiva que una persona tiene, profesores y alumnos pueden dialogar, trocando y compartiendo significados diferentes para conceptos y relaciones entre conceptos.

Por tanto, el mapeo conceptual puede ser visto como una técnica para exteriorizar la organización conceptual cognoscitiva que uno tiene para un cierto conocimiento y, por consiguiente, puede ser utilizada como instrumento de acceso a la estructura cognoscitiva del aprendiz con objetivo de investigación.

Mapas conceptuales presentados en el resto de este trabajo por cierto proveerán significados adicionales para el concepto de mapa conceptual usado aquí.

Descripción del estudio

El objetivo del estudio fue investigar la evolución de la estructura conceptual de conocimiento del alumno en el área de electricidad y magnetismo, usando mapas conceptuales y entrevistas como instrumentos de investigación.

Su realización ocurrió en 1983, en la Universidad Federal del Río Grande del Sur (UFRGS) - Brasil, con estudiantes de segundo año de ingeniería en la asignatura de Física General II. Este curso fue enseñado en un formato autoinstructivo que permitió la realización de pruebas y entrevistas individuales sin interferir con los procedimientos usuales de evaluación de la asignatura.

El contenido del curso fue dividido en 20 unidades de estudio; sin embargo, para fines de investigación solamente tres partes fueron distinguidas: 1) electrostática (hasta la unidad 7), 2) electrodinámica (hasta la unidad 10), y 3) inducción electromagnética (hasta la última unidad), cada una de ellas incluyendo las anteriores.

Como las técnicas del mapeo conceptual y de la entrevista consumen mucho tiempo, se trabajó con una muestra relativamente pequeña: de un grupo de 44 estudiantes, 22 fueron escogidos de manera aleatoria para participar en el estudio.

Después de cada una de las tres partes del curso mencionadas antes, a cada uno de esos estudiantes se le solicitaba que trazase un mapa conceptual incluyendo, por lo menos, un conjunto de conceptos dado por los investigadores y considerados como conceptos-clave del contenido de la parte correspondiente. Con base en ese mapa, y teniéndolo a su frente, el estudiante era entonces entrevistado por el profesor (investigador). En esa entrevista, la cual en general tenía una duración de 30 a 40 minutos, el alumno explicaba su mapa al entrevistador, justificando la organización dada a los conceptos en el mapa, aclarando las relaciones que veía entre ellos, y cosas por el estilo. Durante la entrevista el investigador proponía cuestiones para empezar y mantener las explicaciones del estudiante y hacía registros escritos de esas explicaciones. Las entrevistas no eran grabadas en cintas magnéticas.

Intencionalmente, los estudiantes no fueron entrenados para trazar mapas conceptuales; ellos tuvieron solamente breves instrucciones sobre lo que significaba un mapa conceptual cuando por la primera vez fueron solicitados a trazar un mapa. A fin de evitar cualquiera influencia sobre los mapas de los alumnos, mapas conceptuales no fueron utilizados en los materiales instruccionales.

Los siguientes conceptos fueron seleccionados por los investigadores como conceptos-clave de cada parte del contenido del curso:

1) Electroestática - carga eléctrica, potencial eléctrico, flujo eléctrico, líneas de fuerza, campo eléctrico, fuerza eléctrica, capacidad eléctrica.

2) Electrodinámica-carga eléctrica, potencial eléctrico, flujo eléctrico, resistencia eléctrica, campo eléctrico, fuerza eléctrica, líneas de fuerza, fuerza electromotriz, capacidad eléctrica, corriente eléctrica, diferencia de potencial, energía.

3) Inducción electromagnética - potencial eléctrico, flujo eléctrico, campo magnético, carga eléctrica, capacidad eléctrica, fuerza magnética, líneas de fuerza, campo eléctrico, inductancia, líneas de inducción, corriente eléctrica, fuerza electromotriz, corriente de desplazamiento, fuerza eléctrica, flujo magnético, energía, resistencia eléctrica, diferencia de potencial.

En cada caso, después de completar la parte correspondiente del curso, los estudiantes recibían, al acaso, la lista de conceptos que deberían ser incluidos en el mapa. No obstante, ellos tenían libertad para incluir cualquiera otro concepto que quisiesen. Ellos tenían también la posibilidad de usar el libro de texto (Hallyday & Resnick, 1963) cuando trazaban sus mapas.

Por tanto, cada estudiante fue solicitado a trazar tres mapas conceptuales durante el curso - el último correspondiendo a todo el contenido del curso. Esos mapas juntamente con las informaciones obtenidas en las entrevistas fueron usados para investigar cambios en la estructura conceptual de conocimiento del alumno durante el curso en el área de electricidad y magnetismo.

Resultados

Todos los sesenta y seis mapas trazados por los estudiantes fueron analizados cualitativamente bajo la luz de los datos de las entrevistas. De una manera muy general fue posible distinguir entre dos grandes clases de mapas: 1) aquellos reflejando una fuerte influencia del material instruccional (principalmente el libro de texto en ese caso), y 2) aquellos mostrando poca influencia del material instruccional y sugiriendo una organización conceptual propia del alumno. Naturalmente, hubieron algunos casos intermedios.

Fue también observado que, en general, en la primera clase, la mayor diferencia del primer para el tercer mapa fue el número de conceptos. Es decir, el segundo y el tercer mapa, a

pesar de incluir más conceptos, en general tenían la misma estructura del primero, reflejando fuertemente el orden en el cual los conceptos son introducidos en el libro de texto.

En la segunda clase, a su vez, había solamente una pequeña influencia del libro en el primer mapa que tendía a desaparecer en los mapas siguientes.

Ejemplos de mapas son presentados en las figuras 1 a 6. Naturalmente, para mejor interpretar esos mapas uno necesita los datos de las entrevistas. Sin embargo, un análisis cualitativo de ellos puede ser suficiente para ilustrar la distinción hecha entre las dos clases mencionadas.

Los mapas trazados por el estudiante número 8 sugieren una organización conceptual lineal (vertical desde arriba hacia abajo) que corresponde exactamente al orden en que los conceptos son introducidos en el libro. Tal como fue dicho antes, los tres mapas tienen casi la misma estructura. Los datos de las entrevistas confirman que este estudiante tendió a estudiar el contenido del libro casi mecánicamente.

Los mapas trazados por el estudiante número 16, con todo, no presentan el mismo tipo de linealidad. A pesar de que en el comienzo ellos puedan reflejar una influencia de la organización conceptual del libro, después ellos sugieren una organización conceptual característica de la estructura cognoscitiva del aprendiz. Por ejemplo, la proximidad de los conceptos q (carga), i (corriente), E (campo eléctrico) y B (campo magnético en el tercer mapa sugiere un "núcleo conceptual" del contenido sin énfasis en el libro. Datos de las entrevistas confirman que ese núcleo refleja la percepción del alumno de la importancia y de la interrelación de esos conceptos en el estudio de electricidad y magnetismo.

Discusión

Los mapas conceptuales fueron fáciles de usar en el estudio y mostraron ser instrumentos útiles para ayudar a los investigadores a descubrir dónde estaba el aprendiz en términos de organización conceptual. En general, juntamente con las entrevistas, los mapas fueron útiles en proveer informaciones sobre las estructuras conceptuales de conocimiento del alumno en la área de electricidad y magnetismo en nivel introductorio universitario. Más específicamente, ellos dieron informaciones que permitieron a los investigadores distinguir entre estudiantes que parecen simplemente

aceptar la ordenación de los conceptos presentada en el libro de texto y cuya estructura cognoscitiva aparentemente presenta poco cambio durante el curso, y estudiantes que parecen organizar los conceptos a su propia manera y cuya estructura cognoscitiva parece cambiar de modo apreciable desde el comienzo hacia el fin del curso. Usando la distinción hecha por Ausubel entre aprendizaje significativo y mecánico y suponiendo que existe un *continuum* entre ellos, uno podría sugerir que el tipo de aprendizaje que ocurrió en el primer caso está más cerca del aprendizaje mecánico, mientras que en el segundo está más relacionado con el aprendizaje significativo. Si esto es verdad, los resultados de este estudio sugieren que el mapeo conceptual es una técnica que puede ser usada para obtener evidencia sobre el aprendizaje significativo.

Considerando el tipo de información provista por los mapas trazados por los estudiantes en este estudio, uno puede también decir que ellos dieron evidencia adicional de que la construcción de mapas conceptuales es, por cierto, una técnica que puede ser usada para tener acceso a la organización del conocimiento previo del aprendiz como propuso Posner (1977).

Naturalmente, se podría argumentar que el mapeo conceptual, tal como fue usado en este estudio, consume tanto tiempo que no puede ser útil para otra cosa que no sea la investigación. En verdad, las entrevistas consumieron mucho tiempo pero su necesidad puede ser disminuida de tal modo que los mapas conceptuales puedan ser utilizados en la instrucción. El punto es que cuando los mapas son trazados como fueron los de las figuras 1 a 6, hay una seria dificultad para interpretarlos: ¿cuál es el significado de las relaciones entre los conceptos que están simbolizados por las líneas conectándolos en el mapa? Esos significados son aclarados en las entrevistas. Sin embargo, dependiendo de la finalidad para la cual los mapas son solicitados, las entrevistas pueden no ser necesarias. Por ejemplo, si los estudiantes reciben instrucciones para 1) escribir una o dos palabras-clave por encima de las líneas conectando los conceptos de tal manera que los conceptos y esas palabras formen una proposición, y 2) para trazar mapas jerárquicos (es decir, conceptos más inclusivos en el tope y menos inclusivos en la base), entrevistas no son necesarias si los mapas están siendo usados simplemente como un instrumento de evaluación formativa. Cuando esas palabras conectando conceptos son utilizadas,

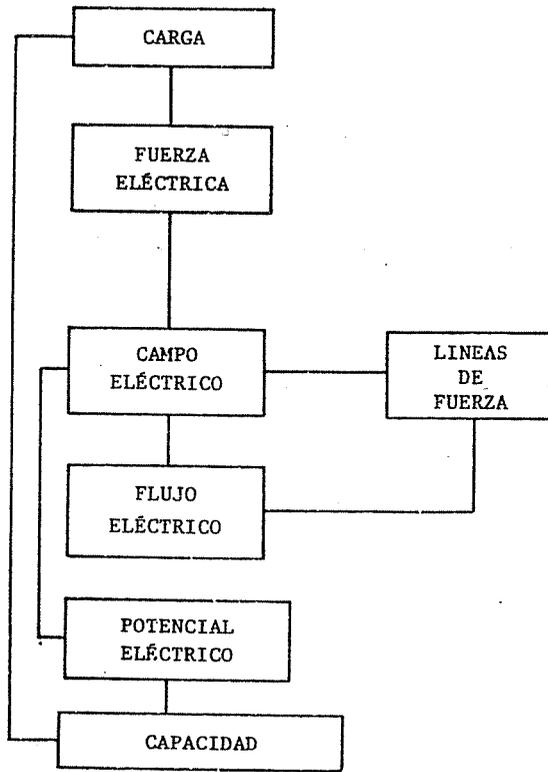


Figura 1

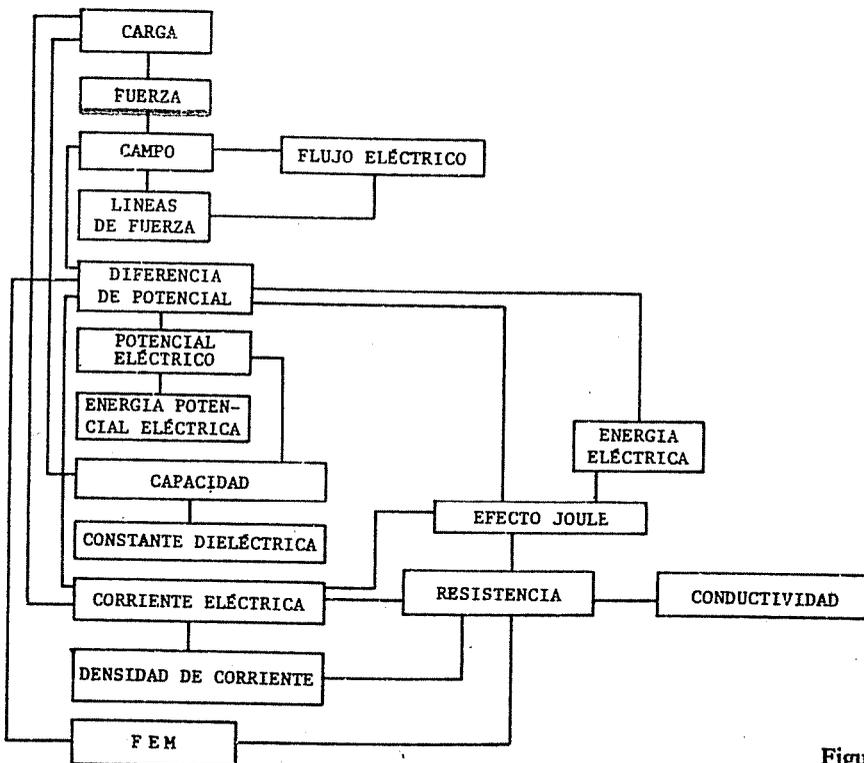


Figura 2

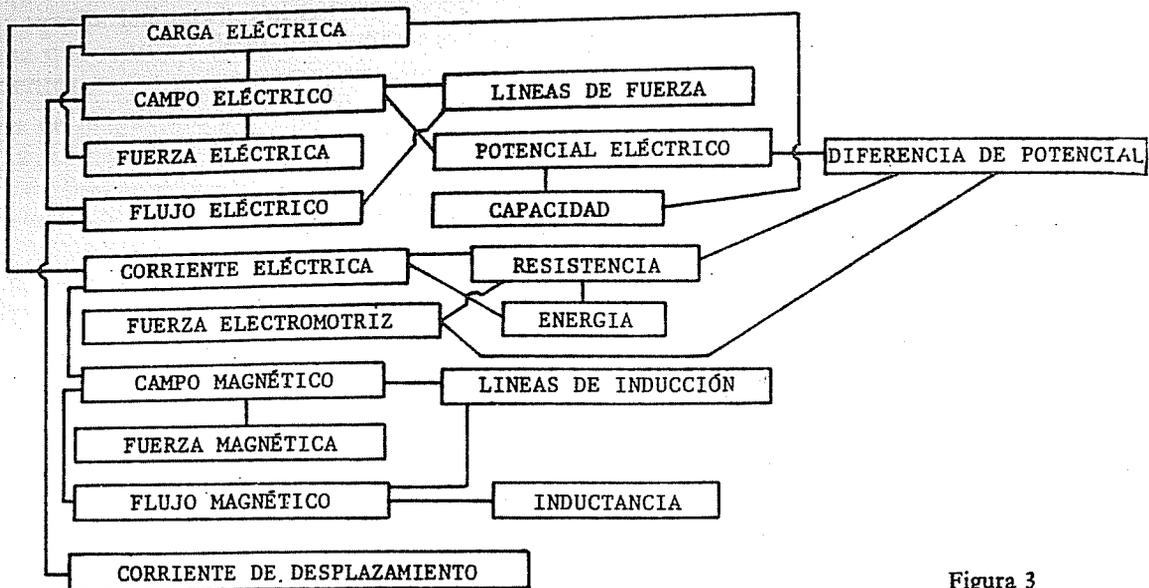


Figura 3

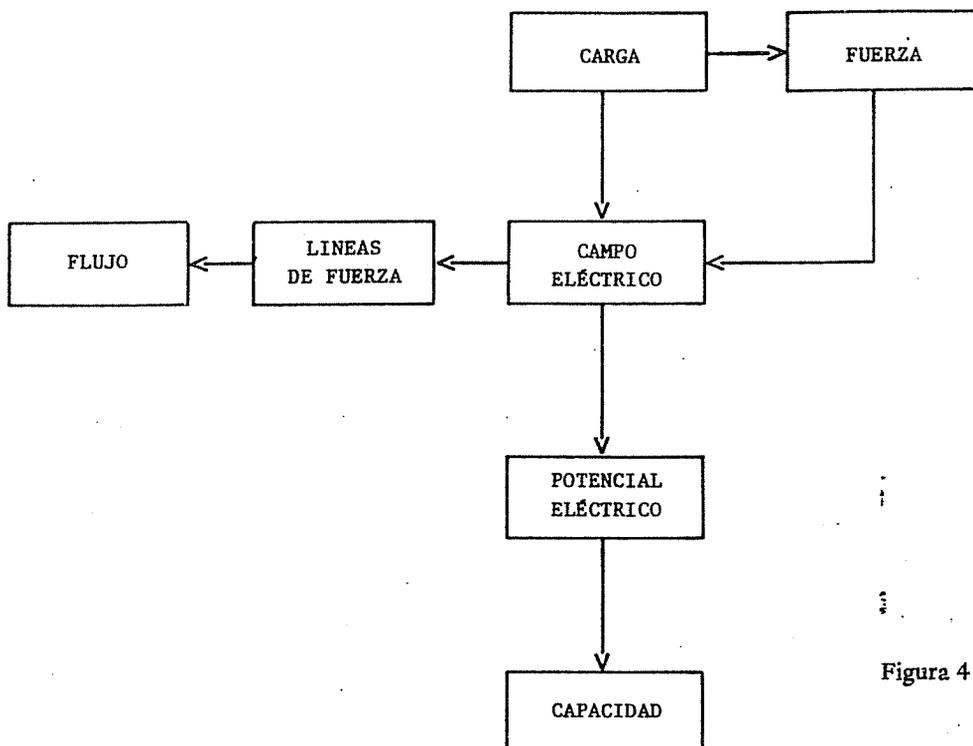


Figura 4

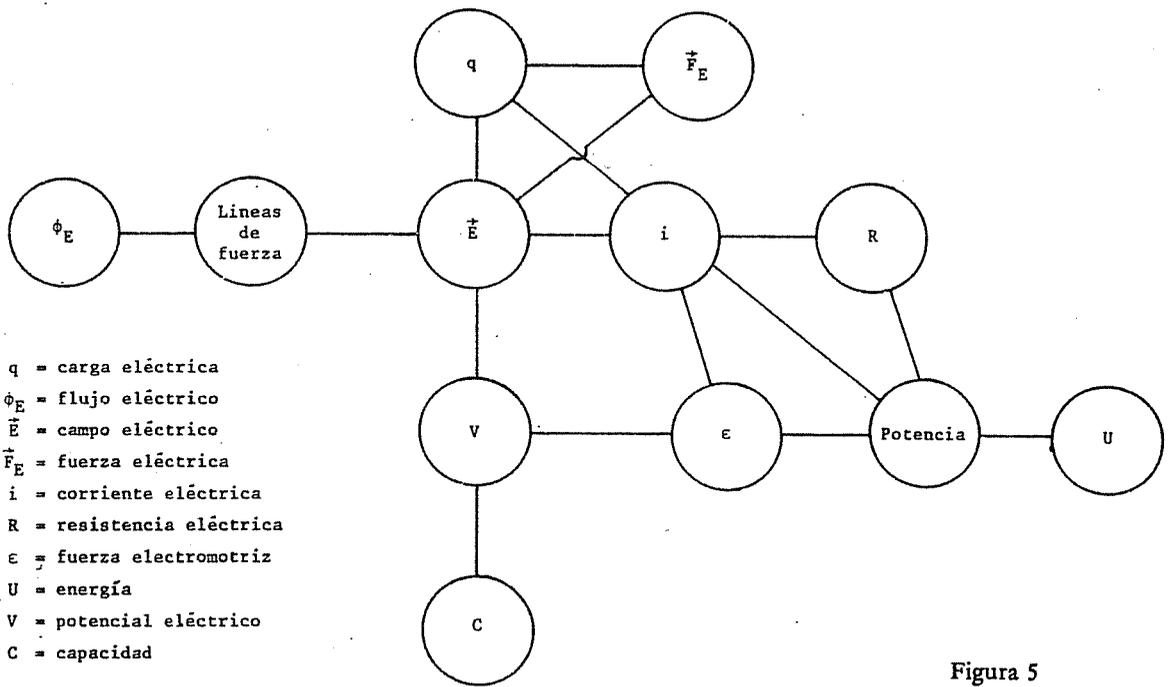
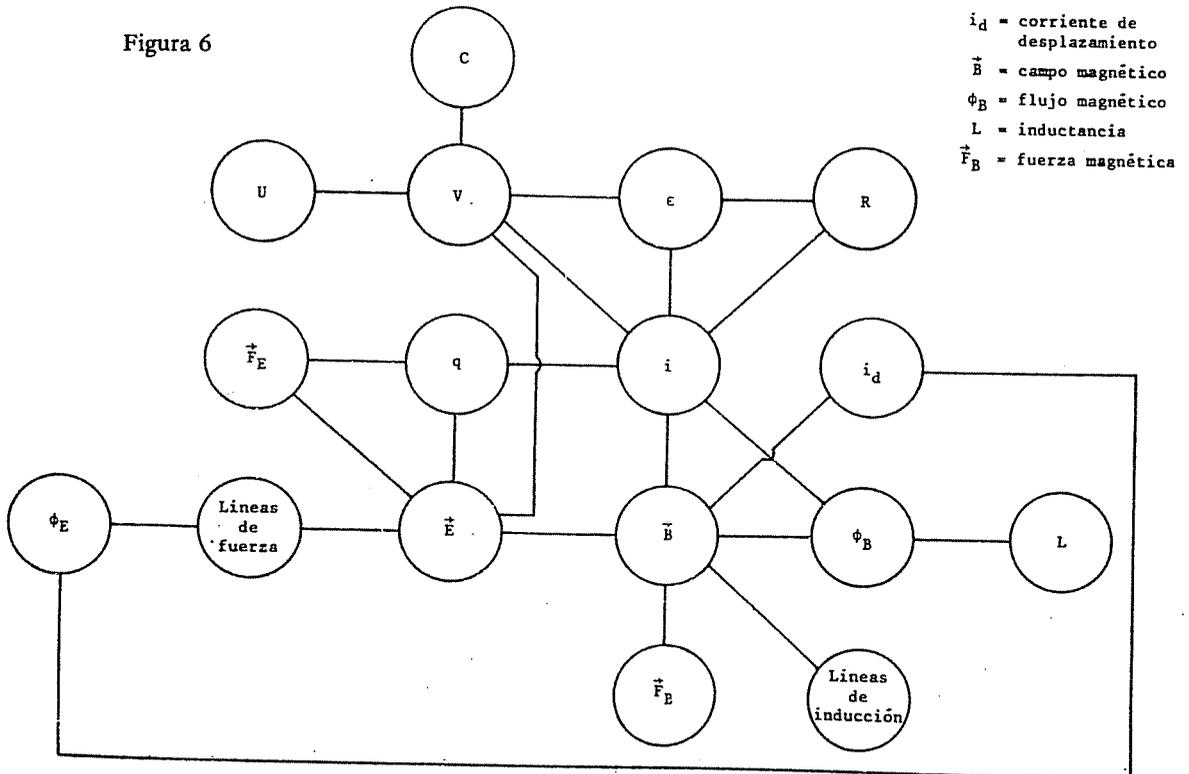


Figura 5

Figura 6



los mapas pueden ser pensados como teniendo la finalidad de representar relaciones significativas entre conceptos en la forma de proposiciones; en este caso, el mapeo conceptual puede ser pensado como una técnica para exteriorizar conceptos y proposiciones, tal como han propuesto Novak y Gowin (1984).

REFERENCIAS

- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. AND HANESIAN, H. *Educational psychology: a cognitive view*. (2nd. ed). New York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- DOMINGUEZ, M. E.: *Detecção de alguns conceitos intuitivos em electricidade através de entrevistas clínicas*. Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS, dissertação de maestrado, 1985.
- DOMINGUEZ, M. E. y MOREIRA, M. A.: *Detección de conceptos intuitivos en electricidad a través de entrevistas clínicas*. Aceptado para publicación en la *Revista Enseñanza de la Física*, 1986.
- Editions du CNRS. *Recherche en didactique de la physique: les actes du premier atelier international*. Paris, 1984.
- HALLIDAY, D. AND RESNICK, R.: *Physics, Part II*, (2nd. ed.) New York, John Wiley and Sons, 1963.
- HELM, H. AND NOVAK, J. D.: (Eds.) *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, NY, USA, June 20-22, 1983.
- MOREIRA, M. A.: *Concept maps as tools for teaching*. *Journal of College Science Teaching*, 8 (5): 283-7, 1979.
- MOREIRA, M. A. AND COSTA, R. C.: *Assessment of content and cognitive structures in physics at college level*. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 8 (3): 224-245, 1983.
- MOREIRA, M. A. AND SANTOS, C. A.: *The influence of content organization on student's cognitive structure in thermodynamics*. *Journal of Research in Science Teaching*, 18 (6): 525-531, 1981.
- NOVAK, J. D. AND GOWIN, D. B.: *Learning how to learn*. New York, Cambridge University Press, 1984.
- PINES, A. L., NOVAK, J. D., POSNER, G. J. AND VAN KIRK, J.: *The clinical interview: a method for evaluating cognitive structure*. Research Report N° 6, Department of Education, Cornell University, Ithaca, NY, USA, 1978.
- POSNER, G.: *The assessment of cognitive structure*. Curriculum Series Research Report, N° 5, Department of Education, Cornell University, Ithaca, NY, USA, 1977.
- SHAVELSON, R. J.: *Methods for examining representations of a subject-matter structure in a student's memory*. *Journal of Research in Science Teaching*, 11 (3): 213-49, 1974.
- SUTTON, C. R.: *The learner's prior knowledge: a critical review of techniques for probing its organization*. *European Journal of Science Education*, 2 (2): 107-20, 1980.
- STEWART, J., VAN KIRK, J. AND ROWELL, R.: *Concept maps: a tool for use in Biology teaching*. *The American Biology Teacher*, 41 (3): 171-5, 1979.