

Resultados o propuestas sobre el proceso de evaluación del aprendizaje, el diseño curricular o, en general, los objetivos de la educación química o alguna de sus facetas.

Mapas conceptuales en la enseñanza y la evaluación de la química

José Antonio Chamizo*

De todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enséñesele en consecuencia.

D. Ausubel

I. Introducción

Las teorías mediacionales del aprendizaje conciben a éste como un proceso de conocimiento, de comprensión de relaciones, donde las estructuras externas se encuentran mediadas por las estructuras internas. En estas teorías mediacionales aparece como problema prioritario comprender cómo se aprende (Chamizo, 1993).

Aquí las aportaciones de Piaget y posteriormente de Ausubel son fundamentales. Este último introdujo el término de aprendizaje significativo, como aquél que se relaciona de modo no arbitrario, sino sustancial con lo que el alumno ya sabe (Ausubel, 1968):

La enorme eficacia del aprendizaje significativo como medio de procesamiento y almacenamiento de la información, puede atribuirse en gran parte a sus dos características distintivas: la intencionalidad y la sustancialidad de las relaciones de la tarea de aprendizaje con la estructura cognitiva. En primer lugar, al relacionar intencionalmente el material potencialmente significativo con las ideas establecidas y pertinentes de su estructura cognitiva, el alumno es capaz de explotar con plena eficacia los conocimientos que posee a manera de una matriz ideativa y organizadora para incorporar, entender y fijar nuevas ideas. Es la misma intencionalidad de este proceso lo que le capacita para emplear su conocimiento previo como auténtica piedra de toque para internalizar y hacer inteligibles grandes cantidades de nuevos significados de palabras, conceptos, y proposiciones con relativamente pocos esfuerzos y repeticiones. Por ese factor de intencionalidad, el significado potencial de ideas nuevas, en conjunto puede relacionarse con los significados

establecidos (conceptos, hechos, principios), también en su conjunto, para producir nuevos significados. En otras palabras, la única manera en que es posible emplear las ideas previamente aprendidas en el procesamiento de ideas nuevas consiste en relacionarlas intencionadamente con las primeras. Las ideas nuevas, que se convierten en significativas, expanden también la base de la matriz de aprendizaje.

Aprender significativamente es aprender sobre algo ya establecido previamente. Por ello este aprendizaje es difícil de olvidar, ya que no está aislado sino entramado en un determinado espacio temático. Así el docente debe conocer las ideas que los niños y jóvenes tienen sobre los procesos científicos para ayudarles a que en realidad aprendan (Driver, 1988):

Si los alumnos han de dar sentido a las cosas por sí mismos, deben estar activamente implicados en la reflexión sobre su propio pensamiento. Uno de los factores que socava este proceso es el síndrome de la 'respuesta correcta'.

A menudo y en muchas clases, alumnos y profesores conspiran juntos inconscientemente para destruir la comprensión científica de los niños; ambas partes adoptan la perspectiva de que se intenta lograr la 'respuesta correcta' y los alumnos utilizarán diversas claves irrelevantes de las preguntas rutinarias del profesor... para obtener ese objetivo.

Como quedó demostrado en el reciente Foro Internacional sobre el Proyecto 2000+ convocado por la UNESCO, uno de los seis aspectos más relevantes del mismo con el fin de promover una adecuada educación científico-tecnológica en el contexto de educación para todos en el próximo siglo consiste en reconocer que (UNESCO, 1994):

la evaluación es esencial para tomar las decisiones pedagógicas que corrijan el proceso educativo, de manera que la población pueda alcanzar los niveles de conocimiento adecuados en ciencia y tecnología.

* Colegio Madrid, A.C.

Recibido: 23 de junio de 1994; **Aceptado:** 12 de febrero de 1995.

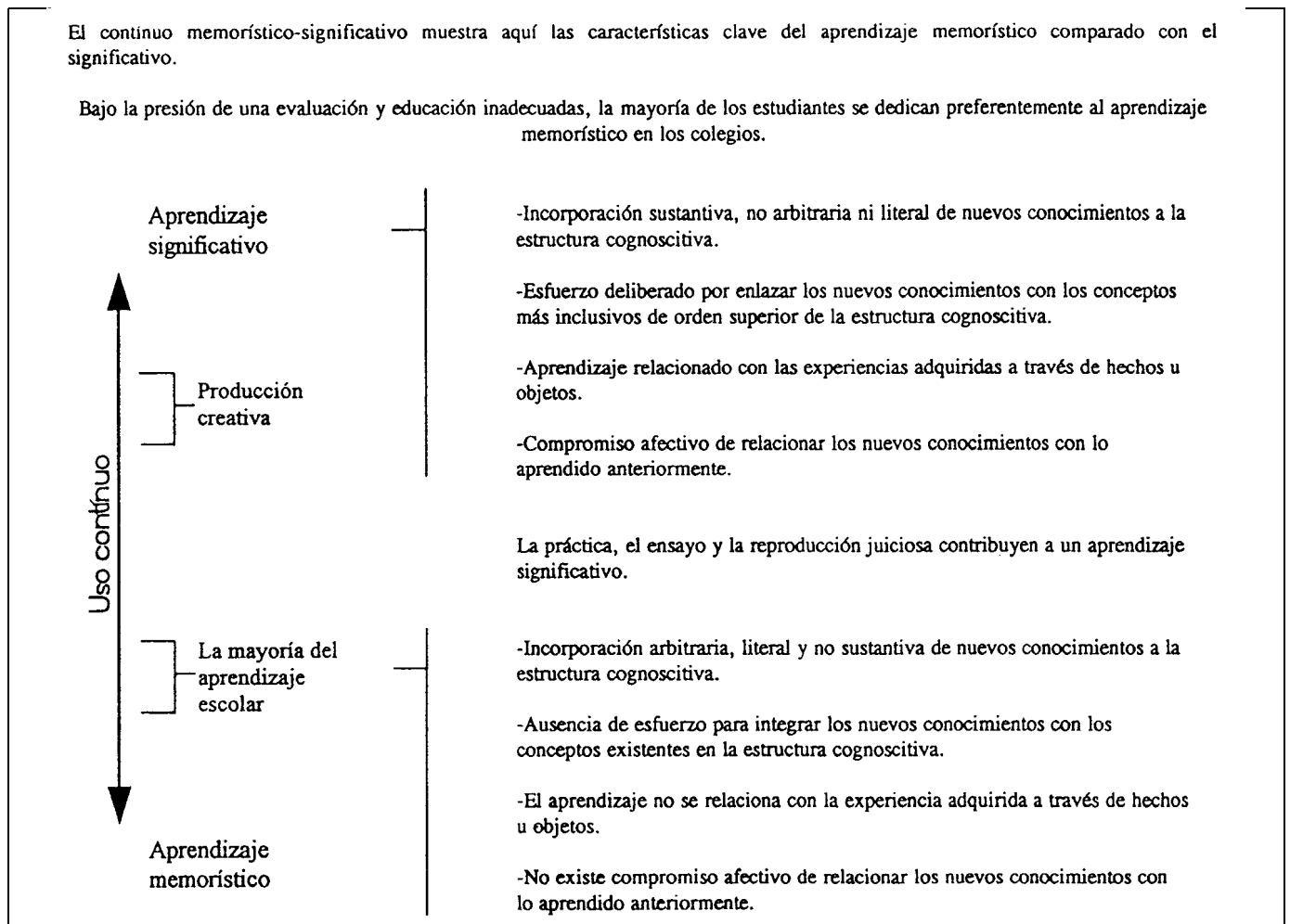


Figura 1. Continuo memorístico-significativo.

Cuando se evalúa, como generalmente evaluamos empleando un examen de opción múltiple, o de respuestas a problemas específicos, no sabemos en realidad qué es lo que los alumnos saben, ni ellos tampoco. Generalmente lo aprendido para el examen se olvida poco tiempo después, ya que muchas veces se piden respuestas específicas con escasa referencia al significado del conocimiento o a su aplicación.

Más aún, la evaluación ordena el currículo, ya que éste está en función de la primera, (Uba Adamu, 1991):

Por ejemplo, se ha observado en Nigeria que los exámenes finales ejercen una gran presión sobre la interpretación del currículo por parte del profesor. No importa qué tan innovador éste sea, la evaluación define la modalidad del curso.

Así, por un lado se tiene el problema de saber cómo aprenden los alumnos y por el otro de establecer estrategias de evaluación que ponderen las relaciones entre los conceptos, que identifiquen el aprendizaje significativo y lo ponderen sobre el aprendizaje memorístico, Figura 1 (Novak, 1991).

Contrariamente a la costumbre, la evaluación aparece entonces como un medio para aprender, no como un fin en sí mismo (Hart, 1994). DEBE ser parte integral del proceso educativo, formativa y no sumativa (UNESCO, 1994).

Una respuesta a esta problemática ha sido la desarrollada por Novak con sus "mapas conceptuales", (Novak, 1988) empleados ya en la enseñanza y evaluación de diversas disciplinas científicas (Pendley, 1994), (Chamizo, 1994b), (Contreras, 1993), (Moreira, 1988), (Stewart, 1979) y que se incorporan a la corriente de trabajo

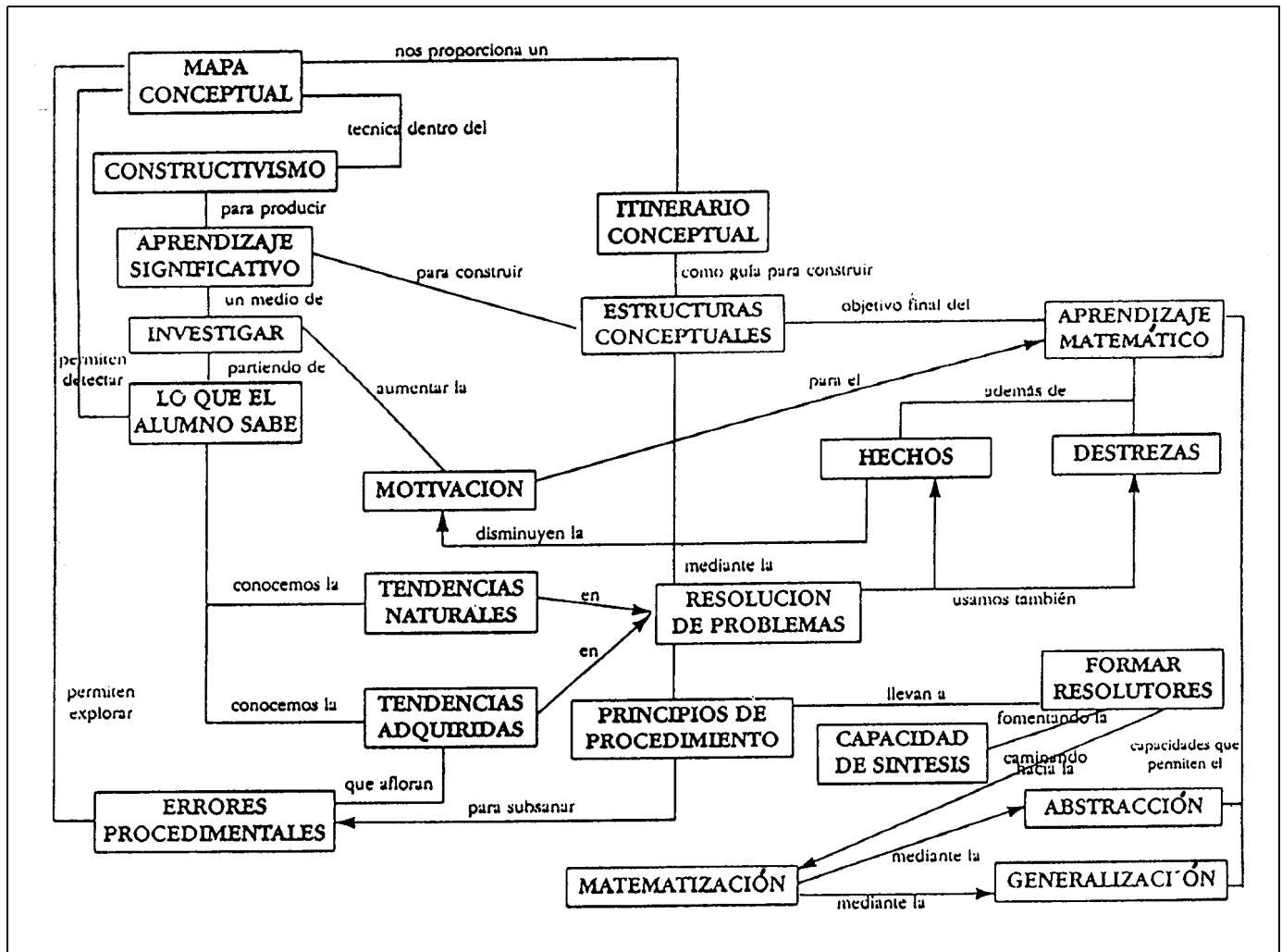


Figura 2. Mapa conceptual sobre los conceptos.

que aboga por desarrollar nuevos métodos de evaluación en la escuela (UNESCO, 1994).

II. Mapas conceptuales como instrumentos de aprendizaje

Un mapa conceptual es una herramienta o un método a través del cual los diferentes conceptos y sus relaciones pueden ser fácilmente representados. Los conceptos guardan entre sí un orden jerárquico y están unidos por líneas identificadas por palabras que establecen la relación que hay entre ellos. Si nuevas experiencias suministran una base para el aprendizaje significativo, se añadirán nuevos conceptos al mapa conceptual de un individuo y/o se harán evidentes nuevas relaciones entre conceptos previos (Beasley 1992).

Es importante además, hacer notar que:

- Cada mapa conceptual es único.
- Un mapa conceptual no debe ser simétrico.
- Un mapa conceptual representa información, por lo tanto es lo único que debe contener.
- Los errores que aparecen en los mapas conceptuales identifican errores en la relación entre los conceptos.

Construcción de un mapa conceptual

1. Identificar los conceptos que se incorporarán en el mapa.
2. Reconocer cuál es el concepto más general, éste es el que debe ir en la parte superior. Colocar los otros

conceptos del más general al menos general, (como lo son, por ejemplo, los ejemplos) de arriba hacia abajo.

- Unir los conceptos con líneas caracterizadas por palabras que no son conceptos. Encerrar los conceptos con una línea.

Para ilustrar la construcción y el uso de los mapas conceptuales se presenta uno de ellos construido a partir del siguiente texto sobre el hielo, empleado a nivel de bachillerato (Garriz 1994):

Todos sabemos que el hielo es menos denso que el agua. Cuando lo vemos flotar en ella percibimos indirectamente los enlaces por puentes de hidrógeno que hay en este compuesto.

En la molécula de agua, un átomo de oxígeno con seis electrones se enlaza con dos átomos de hidrógeno. Gracias a los dos enlaces covalentes polares, el oxígeno tiene ahora la configuración electrónica del neón. La molécula no es lineal, sino angular. El puente de hidrógeno se establece entre los pares solitarios de electrones del oxígeno y los átomos de hidrógeno de otra molécula. La estructura del hielo, ordenada hexagonalmente a través de estos enlaces, tiene canales vacíos en su interior. Cuando el hielo se calienta y funde, los espacios intermoleculares se reducen y en consecuencia el volumen, por lo que la densidad del líquido resulta mayor que la del sólido.

Siguiendo los pasos anteriormente descritos tenemos:

- Identificar los conceptos que se incorporarán en el mapa.

En este caso reconocemos los siguientes:

hielo, sólido, líquido, moléculas de agua, átomos, oxígeno, hidrógeno, densidad, covalente, puente de hidrógeno, angular, estructura hexagonal

- Reconocer cuál es el concepto más general, éste es el que debe ir en la parte superior. Colocar los otros conceptos del más general al menos, (generalmente son los ejemplos) de arriba hacia abajo.

Esta selección depende del tema (en este caso el texto en cuestión) y del conocimiento del alumno. Puede ser particularmente complicada en la parte central; sin embargo como ya se dijo, el orden no implica error, éste

se encuentra en las relaciones que se establecen entre los conceptos.

Más general	hielo átomos, moléculas de agua, sólido, líquido, densidad oxígeno, hidrógeno covalente, puente de hidrógeno
Menos general	angular, estructura hexagonal

- Unir los conceptos con líneas caracterizadas por palabras que no son conceptos. Encerrar los conceptos con una línea.

Las conexiones entre los conceptos son establecidas. El mapa conceptual resultante, uno de entre muchos, se muestra en la Figura 3.

III. Mapas conceptuales como instrumentos de evaluación

Los mapas conceptuales son a la vez instrumentos de aprendizaje por el alumno e instrumentos de evaluación por el profesor. Una vez que los alumnos dominan el procedimiento, (tal vez después de tres o cuatro clases con lecturas sencillas) se pueden considerar instrumentos de evaluación en cualquiera de las siguientes tres categorías:

- Para completarlos, por ejemplo el de la Figura 4. Esta opción debe emplearse, de preferencia, mientras los alumnos aprenden a construir los mapas.
- Para evidenciar el grado de avance a lo largo del tiempo, como se muestra en la Figura 5.
- Para identificar el tipo de relaciones que los alumnos establecen entre los conceptos. Es la manera más compleja de utilizar este instrumento Tabla 1.

En cualquiera de las formas anteriormente caracterizadas, los mapas conceptuales permiten, en el momento de la evaluación, que el alumno integre sus conocimientos, haciendo de la evaluación también un acto de aprendizaje... como debe de ser.

IV. Conclusiones

Nos encontramos inmersos en una revolución de la enseñanza de las ciencias (Chamizo, 1994a) marcada por el creciente interés en saber cómo aprenden los niños y los jóvenes. En ella, la evaluación resulta ser extraordinariamente importante, ya que como nos recuerda el mismo Novak (Pendley, 1994):

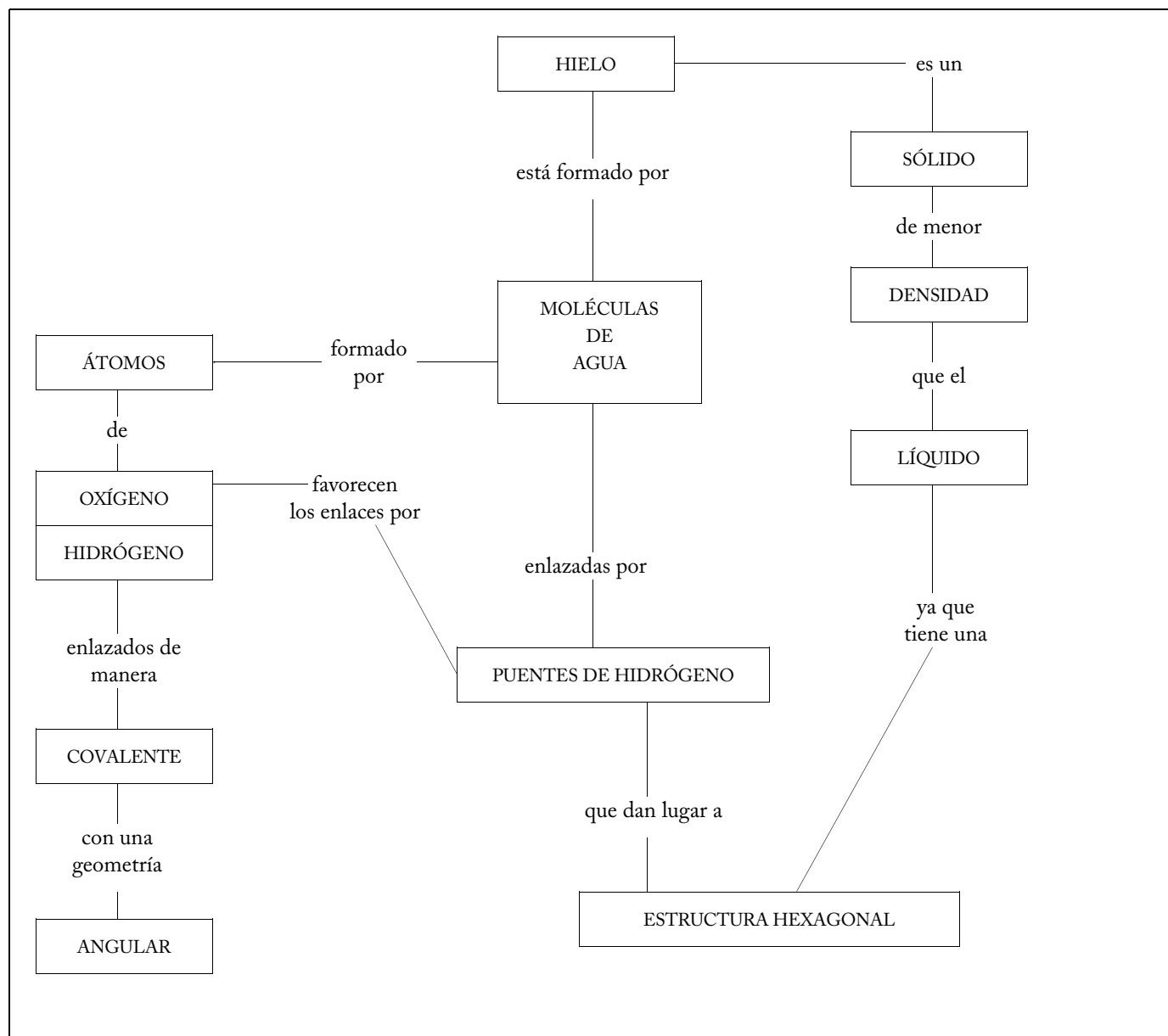


Figura 3. Mapa conceptual sobre el hielo.

...muchos alumnos de cuarto curso de la Universidad de Cornell siguen aprendiendo principalmente de un modo mecánico, memorizando las respuestas a los exámenes del año anterior y haciendo del éxito en los exámenes de su profesor el único criterio gratificante. Este juego tiene algo de sutil inmoralidad y tanto el profesor como sus alumnos se implican en una especie de fraude intelectual. No es ésta la clase de experiencia que convenga a los

alumnos de que tienen la responsabilidad de ayudar a hacer de este mundo un lugar mejor para las generaciones venideras.

Así, los mapas conceptuales, innegables fuentes de reflexión sobre el proceso de aprendizaje y de evaluación del mismo, son, con una preparación adecuada por parte del profesor, una herramienta útil para identificar y ayudar a "corregir" los errores conceptuales de los alum-

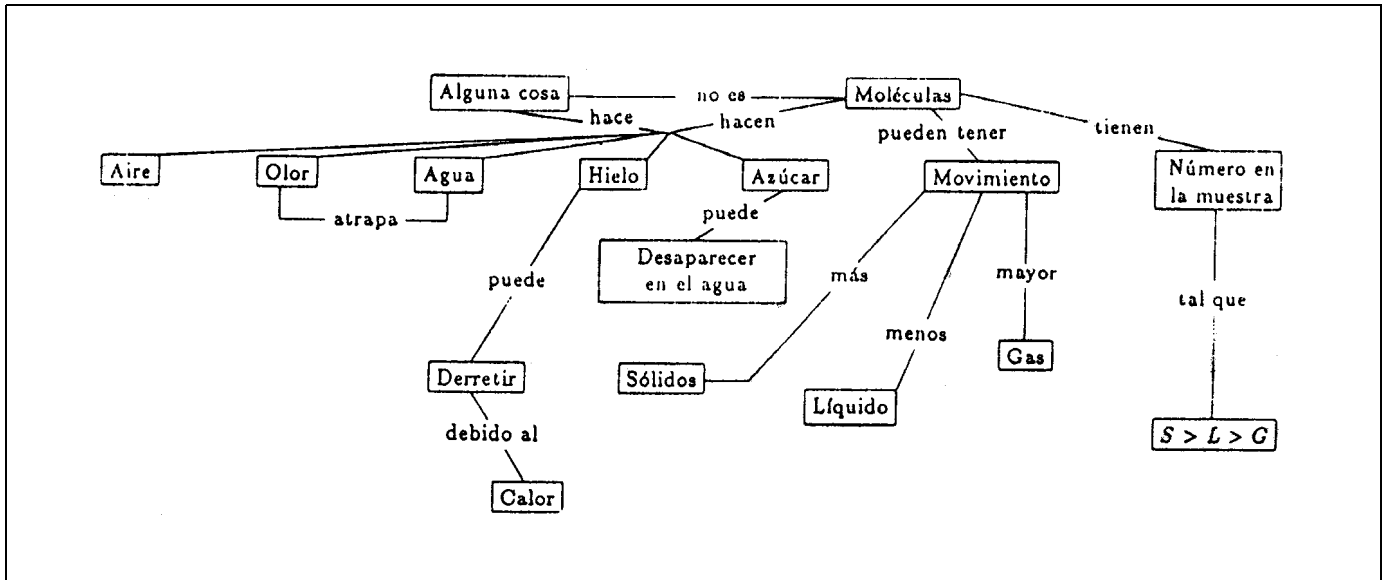


Figura 4. Mapa conceptual sobre la naturaleza "particular" de la materia. Autor: alumno de quinto año de primaria.

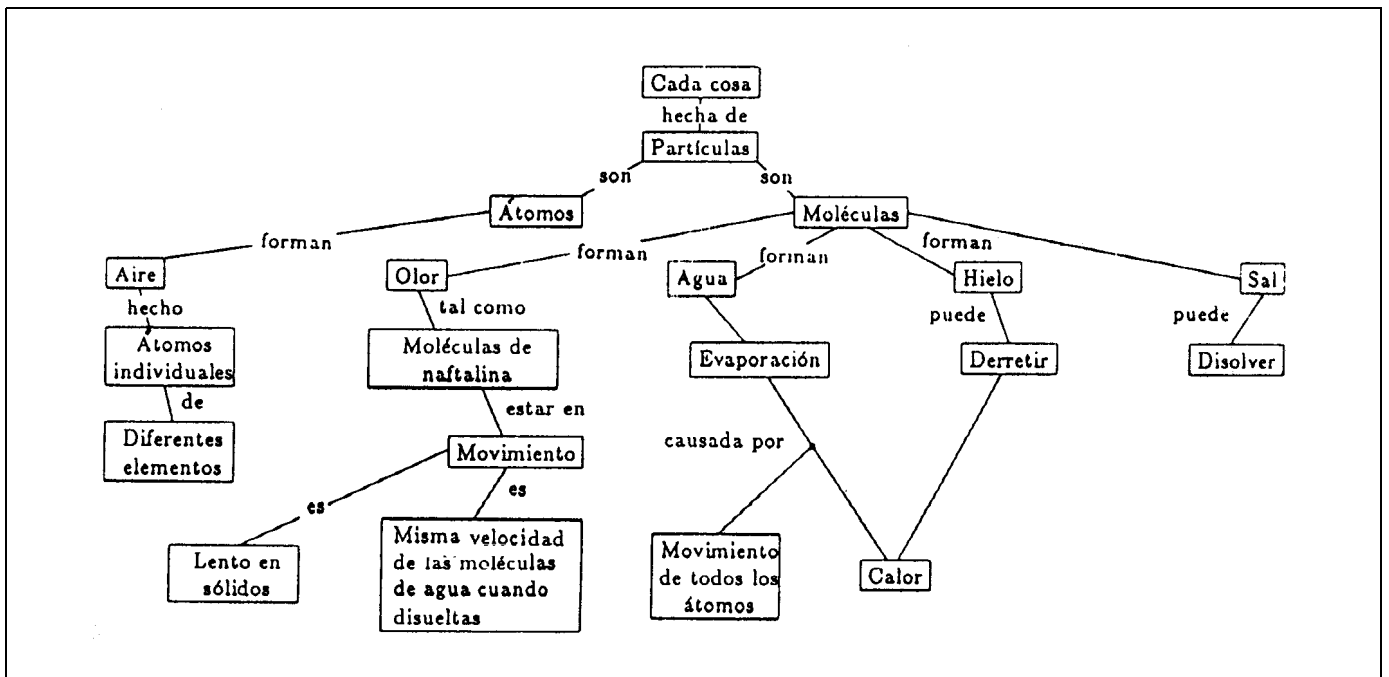


Figura 5. Mapa conceptual realizado por el mismo alumno que el de la figura 4, pero tres años después.

Tabla 1. Características de un mapa conceptual adecuado (Akinsola, 1988; Heath, 1993)

A pesar de que no hay mapas conceptuales "correctos" hay criterios generales que son útiles para calificarlos:

- Los conceptos son generalmente nombres que representan objetos o eventos. Cada concepto debe aparecer una sola ocasión en el mapa.
- Las relaciones entre los conceptos se muestran por palabras que los enlazan, generalmente verbos, adverbios o preposiciones. Todos los conceptos deben estar enlazados.
- Los entrecruzamientos se emplean para conectar diferentes partes de los mapas. Generalmente cuanto mayor es su número indica una mayor profundidad en la comprensión del tema.

Así reconociendo que en cada mapa hay dos niveles diferentes, uno referido a su organización y el otro a su contenido tenemos:

Organización	
<i>Característica</i>	<i>Puntos</i>
— General a específica	2
— Número de niveles de jerarquía	uno por cada uno
— Número de ramificaciones	uno por cada uno
— Distinción clara entre conceptos y enlaces	1
— Enlaces para todos los conceptos	1
— Número de entrecruzamientos	uno por cada uno
Contenido	
<i>Característica</i>	<i>Puntos</i>
— Relación lógica entre los conceptos	2
— Palabras empleadas correctamente como enlaces entre los conceptos y los entrecruzamientos	2

nos. Para que ellos mismos le den sentido propio a lo aprendido. ■

V. Referencias

- Akinsola, P., Jegede O., "Cognitive Preferences and Learning Mode as Determinants of Meaningful Learning through Concept Mapping", *Science Education*, 1988, 72, 489.
- Beasley, W.F. "Assesment" en: Twelfth International Conference on Chemical Education, Bangkok, 1992.
- Chamizo, J.A., *Entre la teoría y la práctica. Nuevas corrientes pedagógicas*, antología. Memorias del Sexto Encuentro Pedagógico Carmen Meda, Colegio Madrid, 1993.
- Chamizo, J.A., "Hacia una revolución en la enseñanza de las ciencias", *Ciencia*, 1994a, 45, 67.
- Chamizo, J.A., Petrich, M., Vilar, R., *Química. Secundaria. Libro para el maestro*, SEP, 1994b.
- Contreras, L.C. "Mapas conceptuales y resolución de problemas", *Investigación en la Escuela*, 1993, 19, 79.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Ministerio de Educación y Ciencia-Ediciones Morata, Madrid, 1989.
- Garriz, A., Chamizo, J.A., *Química*, Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington, 1994.
- Hart, D., *Authentic Assessment. A Handbook for Educators* Addison Wesley, Menlo Park, 1994.
- Heath, *Chemistry. Alternative Assessment Booklet*, D.C. Heath, Lexington, 1993.
- Moreira, M.A., "Mapas conceptuales en la enseñanza de la física", *Contactos*, 1988, 3, 38.
- Novak, J.D., "Constructivismo humano: un consenso emergente", *Enseñanza de las ciencias*, 1988, 6, 213.
- Novak, J.D., "Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador", *Enseñanza de las ciencias*, 1991, 9, 215.
- Pendley, B.D., Bretz, R.L. y Novak, J.D. "Concept maps as a tool to assess learning in chemistry", *J. Chem. Ed.*, 1994, 71, 9.
- Stewart, J., Van Kirk, J. and Rowell, R. "Concept Maps: A tool for use in biology teaching", *The American Biology Teacher*, 1979, 41, 171.
- Uba Adamu, A., *Science Education International*, 1991, 2, 6.
- UNESCO, *International Forum on Scientific and Technological Literacy for All. Final Report*, UNESCO, Paris, 1994.