

TRATAMIENTO DE LOS ERRORES CONCEPTUALES

El aprendizaje significativo: factor básico para el cambio conceptual

Profesor Dr. Joseph D. Novak

Departamento de Educación. Universidad de Cornell (Ithaca, NY, EE UU)

Índice

1. La construcción de significados
 2. El problema de los esquemas conceptuales erróneos (ECE)
 3. Por qué el aprendizaje significativo es esencial para corregir las LIPH
 4. Cómo ayudar a los estudiantes a aprender de manera significativa
 4. Las promesas de la nueva tecnología
 5. Referencias bibliográficas
-

1. LA CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS

Los estudiosos del *aprendizaje humano* aceptan hoy, de manera prácticamente unánime, que los hombres comenzamos a construir significados desde el momento mismo de nacer y que el proceso se acelera rápidamente al adquirir la capacidad de utilizar la lengua para codificar el significado de los hechos y objetos que nos rodean. Igualmente, es casi unánime el acuerdo en que algunos de los significados contruidos son erróneos o parciales, y que esto puede desviar o impedir la construcción de nuevos significados. En cambio, no hay acuerdo sobre las razones de por qué surgen esas construcciones erróneas y cómo podemos facilitar la *construcción de significados* certeros y la corrección de los erróneos. En la Cornell University (Ithaca, NY, EE UU) se han celebrado cuatro seminarios internacionales en los que se han presentado los resultados de la investigación sobre concepciones erróneas de los estudiantes, los *métodos de enseñanza* que fracasan, y otros métodos con virtualidad para corregir esas concepciones equivocadas. Las actas de estos seminarios están a disposición de todos los interesados por vía electrónica (www.mlrg.org).

Nuestra primera pregunta es: ¿A qué llamamos *significados*? Desde 1964, mis estudiantes graduados y yo, y otros muchos investigadores en todo el mundo que han acogido nuestra labor, hemos seguido y desarrollado las ideas del profesor David Ausubel. En sus libros *The psychology of meaningful verbal learning* (1963) y los que siguieron a éste: *Educational psychology: A cognitive view* (1968), y *The acquisition and retention of knowledge* (Kluwer, 2000), Ausubel ha distinguido claramente entre el aprendizaje como repetición mecánica en la que se reciben nuevos conocimientos de manera casual, y cuyo contenido no se incorpora en la estructura cognoscitiva o esquema mental (ahora diríamos en la *memoria a largo plazo*, o MLP) del individuo, y el aprendizaje significativo, donde el *discente* integra de manera refleja el nuevo conocimiento adquirido en los que posee de antemano. Los niños pequeños (en edad *pre-escolar*) están maravillosamente dotados para el aprendizaje significativo, pero al entrar en la formación escolar, donde se cultiva más la *memorización mecánica* y la reproducción al pie de la letra para contestar a las preguntas de los *exámenes*, la mayoría de los estudiantes acaba en formas de aprendizaje memorístico y rutinario. Un elevado número de estudiantes de la Universidad de Cornell logra su alta nota media con este tipo de aprendizaje, y lo hacen muy bien (Edmondson, 1989). Desgraciadamente, la mayor parte de estos aparentes “*conocimientos*” se esfuman pronto y no es posible recuperarlos del archivo que llamamos memoria de largo plazo; incluso, aunque se recuerden, raramente podrá el estudiante utilizarlos en nuevos contextos, es decir, para *resolver nuevos problemas*. Así, el alto “*rendimiento*” de estos estudiante es en gran medida fraudulento e inauténtico (Edmondson y Novak 1992).

2. EL PROBLEMA DE LOS ESQUEMAS CONCEPTUALES ERRÓNEOS (ECE)

Incluso cuando las *experiencias de aprendizaje en un aula* realizan actividades prácticas para ilustrar *conceptos* y *principios*, muchos estudiantes no llegan a construir esquemas conceptuales y proposicionales correspondientes a lo que hoy consideran aceptable los científicos o matemáticos. La figura 1 presenta un ejemplo de esto en la ciencia.

Quizá pueda decirse que el fracaso en la adquisición de un conocimiento correcto dependa de falta de madurez, de baja inteligencia congénita, o de la calidad del *programa de enseñanza*. Nuestra investigación y las de otros indican que, si bien estos factores pueden tener una influencia importante en el aprovechamiento de los estudiantes, probablemente no sean los más decisivos. Por ejemplo, en un estudio con estudiantes de doctorado en química de la Universidad de Cornell, el número y la variedad de conceptos erróneos después de asistir a unas conferencias cuidadosamente diseñadas sobre la *cromatografía de gases* era semejante al que se había comprobado antes de las conferencias (Pendley, Bretz y Novak, 1994). Un estudio con estudiantes de física de *escuela secundaria* no mostró diferencias apreciables que correspondieran a la diferencia de nota en el *test de matrices progresivas de Raven (Raven's Progressive Matrices Test)*, que mide la *capacidad congénita*. En cambio demostró diferencias muy notables (ANOVA $F = 480$) entre los estudiantes que utilizan los mapas conceptuales y los que siguen planteando los problemas de manera tradicional (Bascones y Novak, 1985). Tras unas lecciones de ciencias del curso octavo, cuidadosamente diseñadas y ejecutadas, sobre la naturaleza corpuscular de la materia, los estudiantes mostraron más conceptos erróneos que correctos según lo que hoy se considera científicamente correcto; y no solo más errores en número, sino también en más aspectos del problema (Bartow, 1981).

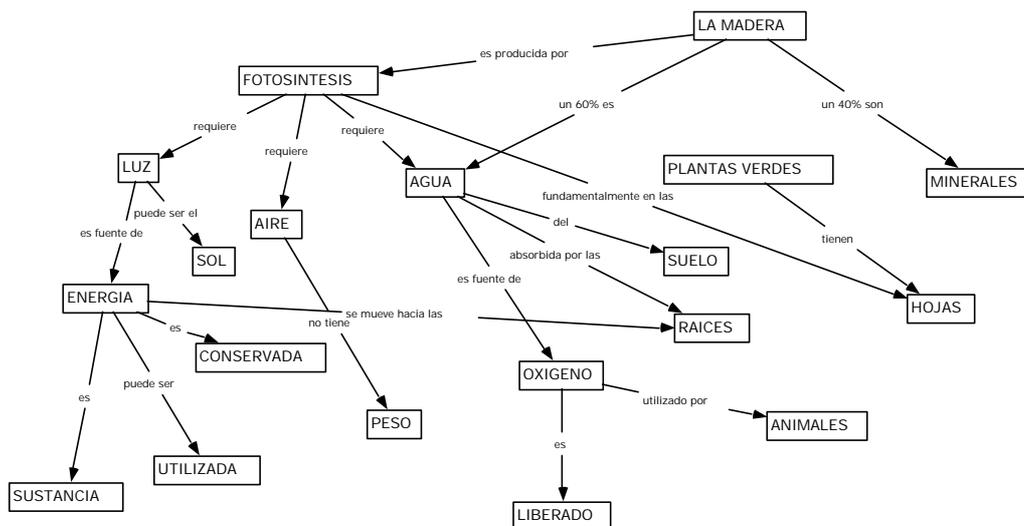


FIGURA 1. MAPA CONCEPTUAL ELABORADO A PARTIR DE UNA ENTREVISTA CON JON, DESPUES DE INSTRUCCION SOBRE FOTOSINTESIS EN EL CURSO DE 8º DE CIENCIAS.

De los estudios citados y de centenares más, como los que se han presentado en nuestros Seminarios Internacionales sobre conceptos erróneos aparece claro que no es sencillo facilitarle al estudiante la adquisición de esquemas mentales poderosos y certeros. Hay innumerables maneras posibles de errar, y no existe estrategia alguna de enseñanza que lo pueda impedir por completo. Desde luego, no es de extrañar, pues sabemos que la *construcción de significados* es un hecho puramente individual, que implica no sólo los *esquemas personales* del estudiante en el plano conceptual, sino también la manera personal de acercarse al estudio y la *disposición emocional* de cada uno. El reto está en cómo ayudar a los maestros, de manera directa o indirecta, para que sus estudiantes construyan y reconstruyan sus esquemas personales en el plano conceptual, y sus *actitudes* hacia las ciencias y matemáticas de manera que fomente su competencia cognoscitiva.

En el Seminario Internacional de 1983 se discutió mucho sobre el nombre apropiado para lo que los investigadores de epistemología han llamado conceptos erróneos, concepciones alternativas, nociones ingenuas, nociones pre-científicas, etc. Cada uno de estos nombres ofrece ventajas, pero todos presentan también limitaciones a la hora de describir el origen del problema, los *antecedentes históricos de la concepción*, y el papel que estas concepciones han tenido en el pensamiento del individuo o de la sociedad que las sustenta. Yo propuse en aquella reunión (Novak, 1983) que adoptásemos la sigla LIPH como la etiqueta más apropiada para esas concepciones erróneas. La sigla expresa la idea de que los problemas surgen de las "jerarquías proposicionales parciales o incorrectas" (*Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies*) que tiene el individuo. Ahora, 17 años después y respaldado por cientos de estudios de investigación sobre el tema, estoy más convencido que nunca de que la etiqueta LIPH es apropiada y precisa. Reconoce que no podemos simplemente pedirles a los estudiantes que descarten los conceptos erróneos y los sustituyan por la etiqueta y definición actualmente admitidas en la ciencia. Reconoce que el aprendizaje mecánico no es eficaz para reestructurar esquemas cognoscitivos preexistentes, reestructuración que conduciría a suprimir los conceptos erróneos y sustituirlos con conceptos válidos. También reconoce que sólo el estudiante puede decidirse a aprender de manera significativa y a reestructurar consciente y deliberadamente sus esquemas mentales. Lo que se necesita en muchos casos es la reestructura-

ción por parte del estudiante de un segmento importante de su *universo conceptual y proposicional*, y podemos ver en algunas de las figuras anteriores que no es fácil lograr ese cambio, incluso con un esfuerzo instruccional meticuloso.

El aprender mecánico tiene una posible ventaja: como la información nuevamente adquirida no se integra en los conceptos y proposiciones existentes en el previo esquema mental del estudiante, los conceptos erróneos que el estudiante posee no tergiversan lo nuevamente aprendido. De ahí que el estudiante pueda dar respuestas correctas, de palabra y por escrito, al menos durante los pocos días o semanas que retenga en su mente la información recién adquirida. Esto puede satisfacer a maestros y a estudiantes. Sin embargo, por este medio no se consigue ninguna modificación constructiva de las LIPH. Este aprendizaje no tiene valor duradero.

3. POR QUÉ EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO ES ESENCIAL PARA CORREGIR LAS LIPH

Como ya he indicado antes, la construcción de nuevos significados nos exige integrar el nuevo conocimiento en el cuerpo de conceptos y proposiciones relacionados, existentes de antemano en nuestro esquema mental o estructura cognoscitiva. Sólo el estudiante puede decidirse a hacer ese esfuerzo; por eso uno de los obstáculos para superar los conceptos erróneos o LIPH es que los estudiantes empeñados en el aprendizaje memorístico no modificarán sus esquemas mentales preexistentes a pesar de los esfuerzos del profesor y del libro de texto. De ahí que la decisión del alumno de cultivar el aprendizaje significativo, al menos en cierta medida, sea condición indispensable para corregir las jerarquías proposicionales parciales o erróneas (LIPH). Hay, por supuesto, una línea continua desde la decisión de aprender de manera estrictamente mecánica hasta la búsqueda en distintos grados de alguna integración de los nuevos conocimientos en otros preexistentes. Esta línea se presenta en la figura 2. Es más, los niveles altos de aprendizaje significativo exigen que el estudiante posea de antemano un cuerpo (esquema, estructura) bastante amplio de conocimientos relacionados. Si se da esta condición, en la mayoría de los casos la corrección de las LIPH será un proceso progresivo, donde el estudiante irá construyendo paso a paso esquemas relevantes de conocimiento, y los irá reelaborando y precisando con el tiempo.

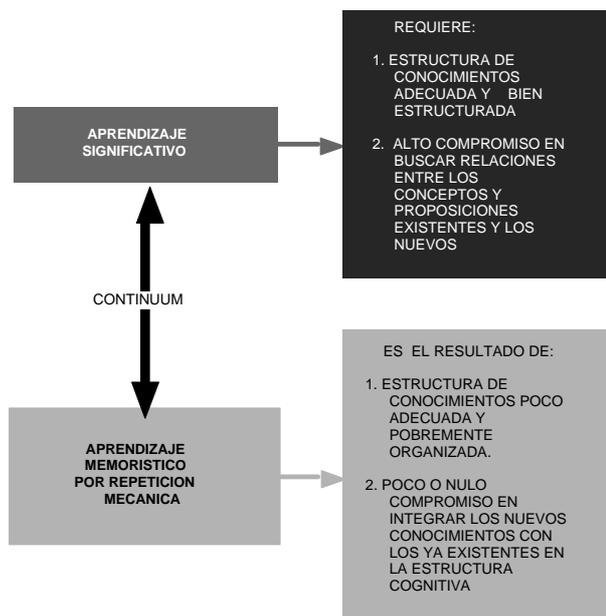


FIGURA 2. El aprendizaje significativo se produce en un continuum, en función de la cantidad y calidad de los conocimientos relevantes poseídos por el alumno/a y el grado de su esfuerzo para integrar los nuevos conocimientos con los conocimientos relevantes ya existentes.

En el proceso de corrección de las LIPH, pueden darse cuatro tipos de actividad de la mente. Primero, *la diferenciación progresiva* de los significados conceptuales y proposicionales preexistentes puede tener lugar por *subsunción*. En la subsunción se incorporan nuevos ejemplos de conceptos o proposiciones a conceptos y proposiciones preexistentes, contribuyendo así a precisar y aquilatar el significado de éstos. Por ejemplo, a la hora de entender el concepto de pez se pueden aportar otras variedades de este concepto, incluso trayendo a colación ejemplos de algo marino que no es pez, como los tiburones. Segundo, otra actividad, aunque mucho menos frecuente, consiste en asociar varios conceptos como *subconceptos* de un concepto o proposición más universales. Esta operación recibe el nombre de *aprendizaje supraordenado*. Por ejemplo, los peces, los pájaros y los mamíferos pueden verse todos como

subordinados del concepto de *vertebrado*. Los *conceptos supraordenados* son relativamente escasos en número en cualquier campo de conocimiento; por consiguiente, el aprendizaje se produce de manera predominante por subsunción. El aprendizaje superordenado suele contribuir de manera importante al desarrollo de esquemas mentales, nivel ya propio del conocimiento del experto (Chi, Feltovich y Glaser, 1981; Pendley, Bretz y Novak, 1994; Novak y Juli, 1995). Finalmente, puede hacerse necesaria la *reconciliación integradora*, es decir, la forma de aprendizaje significativo en la que los conceptos o proposiciones de dos campos de conocimiento diferentes se ven como claramente similares y relacionados, o como claramente diversos y sin relación alguna. En la línea de los ejemplos anteriores, cuando reconocemos que

las ballenas y las focas como semejantes entre sí y relacionadas con otros animales en cuanto *mamíferos*, y en cambio se diferencian de los peces, y solo tienen una relación lejana con ellos, se da una forma de reconciliación integradora. Otro ejemplo que suele causar problemas en la física es la confusión del significado de *trabajo* en su uso cotidiano con el significado del mismo término en física. ¡Según la física, un hombre que sostiene una viga pesada del techo no está haciendo trabajo alguno. En cambio, al lego en física le parece que está trabajando muy duramente!

Como el significado de todo concepto está determinado por la serie de proposiciones en las que está inserto y por la estabilidad y las connotaciones afectivas de esa serie, todo concepto o proposición nuevamente asimilados contribuyen a reorganizar de alguna forma el esquema mental o estructura cognoscitiva preexistente que se relaciona con ellos. Esto puede exigir la repetición de alguna o de todas las actividades del aprendizaje significativo que acabamos de describir. No es extraño, por tanto, que los conceptos erróneos o LIPH sean tan difíciles de corregir con la enseñanza convencional, ni que algunos de esos errores persistan durante toda la vida de una persona.

4. CÓMO AYUDAR A LOS ESTUDIANTES A APRENDER DE MANERA SIGNIFICATIVA

Durante casi dos décadas hemos estado desarrollando maneras de aplicar la técnica de los mapas conceptuales para que los maestros puedan ayudar a sus estudiantes a que *“aprendan a aprender”*. Durante 16 años hemos empleado también la *V heurística de Gowin* para ayudar a estudiantes y maestros a entender mejor cómo *“desempaquetar”* el conocimiento en temas de biología (Waterman y Rissler, 1986) y matemáticas (Fuata'i, 1998), y para construir el conocimiento (Novak, 1979; Novak y Gowin, 1984). Nuestra investigación y las de otros han mostrado que estas técnicas pueden ser útiles para facilitar el aprendizaje significativo (Novak, 1990; Novak y Wandersee, 1990; González y Novak, 1993, 1996; Mintzes, Wandersee, y Novak, 1998; Mintzes, Wandersee, y Novak, 2000; González, Ibáñez, Casali, López y Novak, 2000). Estos estudios han mostrado que no es fácil cambiar los planteamientos tradicionales de la enseñanza de las ciencias y las matemáticas, con su énfasis en la memorización mecánica, en favor de modelos en los que predomine el aprendizaje significativo. Las técnicas no son una panacea ni un *“ábrete Sésamo”*, pero sí pueden ser eficaces. Tanto los mapas conceptuales como el *diagrama V* están apareciendo ya en muchos libros de ciencias. La enseñanza de las matemáticas se ha abierto mucho más despacio al uso de técnicas de aprendizaje significativo, pero también estas técnicas pueden ayudar en el campo matemático (Fuata'i, 1985; 1998). La figura 3 presenta un mapa conceptual construido por un estudiante de escuela secundaria en Samoa Occidental.

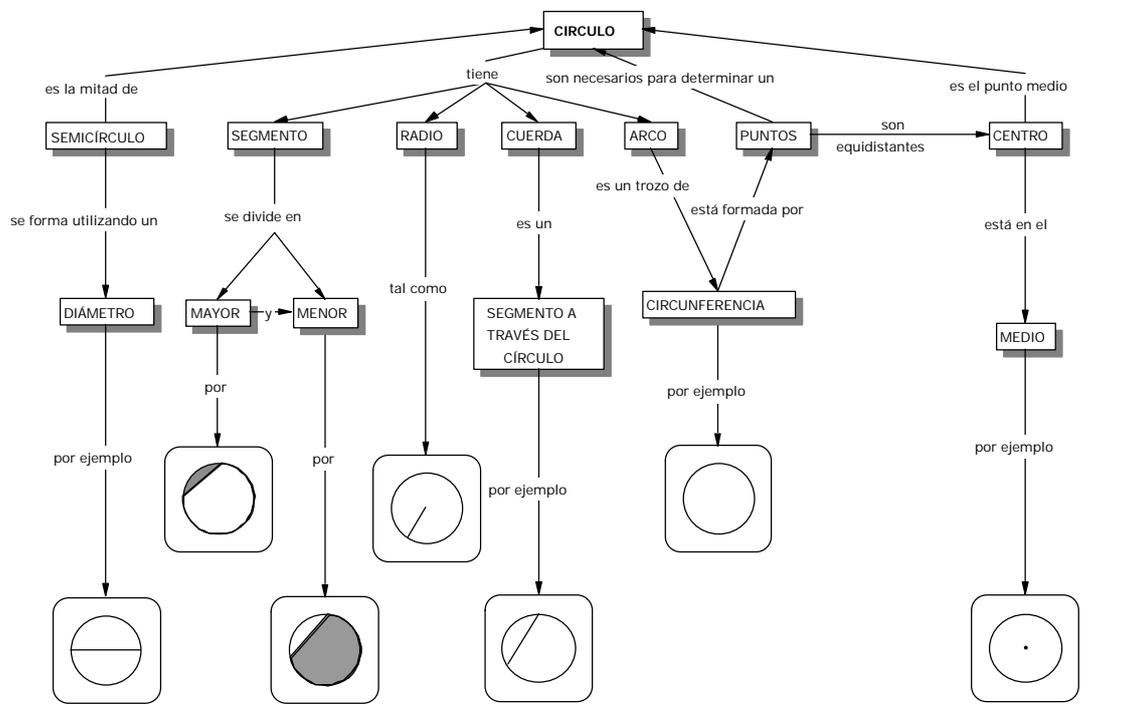


FIGURA 3 . Uno de los mejores mapas conceptuales preparado por un alumno a partir de una sección del libro de texto que trataba de los círculos (Fuata'i, 1998, p.68)

La prueba definitiva de la virtualidad de estas técnicas exigiría contextos escolares donde las técnicas se empleasen en distintas disciplinas y durante varios años; pero hasta la fecha no conozco ninguna escuela o universidad donde esto se practique. De hecho, son pocas las escuelas en las que maestros y administradores estén seria y explícitamente empeñados en promover el aprendizaje significativo. La

10. EDMONDSON, K., Y NOVAK, J.D. (1992). Toward an Authentic of Science in Science Education. vol. 1 (253-263) Kingston, Canada: Queen's U. Faculty of Education & The Mathematics, Science, Technology & Teacher Education Group.
11. FUATA'I, K.A. (1985). Use of Vee Maps and Concept Maps in Learning Form Five Mathematics. Unpublished M.S. Thesis, Cornell University.
12. FUATA'I, K.A. (1998). Learning to Solve Mathematics Problems Through Concept Mapping and Vee Mapping. Apia, Samoa: The National University.
13. GONZÁLEZ, F.M. Y JOSEPH D. NOVAK. (1993). Aprendizaje Significativo Técnicas y Aplicaciones Madrid: Editorial Cincel(2ª edición, 1996, Madrid: Ediciones Pedagógicas)
14. GONZÁLEZ, F.M; IBÁÑEZ, F.; CASALÍ, J.; LÓPEZ, J. Y NOVAK J.D. (2000). Una aportación a la mejora de la calidad de la docencia universitaria: Los mapas conceptuales. Pamplona: Servicio de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra.
15. Mintzes, J., Wandersee, J. y Novak, J.D. (2000). Assessing Science Understanding. San Diego, CA: Academic Press
16. MINTZES, J., WANDERSEE, J. Y NOVAK, J.D. (1998) Teaching Science for Understanding. San Diego, CA: Academic Press
17. Novak, J.D. y Richard I.Iuli. (1995). Meaningful learning as the foundation for constructivist epistemology. In F. Finley, D. Allchin, D. Rhees, & S. Fifield (eds.), Proceedings of the Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference Vol. 2 (pp. 873-896). Minneapolis: U. Of Minnesota.
18. Novak, J.D. (1979). Applying Psychology and Philosophy to the Improvement of Laboratory Teaching. *The American Biology Teacher* 41(8):466-474.
19. Novak, J.D. (1983). Overview of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics. In Hugh Helm and Joseph D. Novak (eds.), Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics (pp. 1-4
20. NOVAK, J.D. (1990). Concept Maps and Vee Diagrams: Two Metacognitive Tools for Science and Mathematics Education. *Instructional Science* 19:29-52.
21. NOVAK, J.D. Y GOWIN, D.B. (1984). Learning How to Learn. New York: Cambridge University Press.
22. NOVAK, J.D. Y WANDERSEE, J.H. (eds.). (1990). Special Issue: Concept Mapping. *Journal of Research in Science Teaching* 27(10):921-1075.
23. PENDLEY, B., BRETZ, R.L. Y NOVAK. J.D. (1994) Concept maps as a tool to assess instruction in chemistry. *Journal of Chemical Education* 70(1):9-15.
24. WATERMAN, M.A. Y RISSLER, J.F. (1982). Use of Scientific Research Reports to Develop Higher-Level Cognitive Skills. *Journal of College Science Teaching* pp.336-340.