

REDES CONCEPTUALES: BASE TEÓRICA E IMPLICACIONES PARA EL PROCESO DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

GALAGOVSKY, L.R.

Didáctica Especial, Secretaría Académica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, 1428. Buenos Aires. Argentina.

SUMMARY

A more precise set of recommendations concerning the known technique of constructing *conceptual maps* is presented. N. Chomsky's psycholinguistic theory brings the concept of *nuclear sentence*, which is the milestone for constructing –the now named– *conceptual nets*. Studies on neuropsychology and research done at different educational levels support the evolution of *maps* into *nets*, and explain their big help as an instrument for significant learning.

INTRODUCCIÓN

Como responsable de la asignatura Didáctica Especial para los profesores en Química, Física, Biología, Geología y Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, mi compromiso es la formación de docentes con amplia variedad de recursos metodológicos enmarcados en sólidos contextos teóricos.

El intento de utilizar en mis clases uno de estos novedosos recursos –los *mapas conceptuales*– me movilizó a optimizarlo como instrumento pedagógico, y a comprobar la efectividad de la nueva propuesta en diferentes ámbitos y niveles educativos (Galagovsky 1991, 1992).

En este artículo presento la ampliación del sustento teórico, que me permitió reconsiderar la técnica de confección de los mapas para organizarlos en *redes conceptuales*, incrementando así su riqueza didáctica y potenciando su aplicabilidad.

ANTECEDENTES DEL CONCEPTO DE MAPA CONCEPTUAL

La idea de mapa conceptual se desarrolló a partir de la década del setenta en el Departamento de Educación de

la Universidad de Cornell, EEUU, y es una de las perspectivas de trabajo dominantes del Programa de Educación en Ciencias y Matemáticas del mencionado departamento.

Los mapas conceptuales surgieron como recurso instruccional a partir del modelo ausubeliano de *aprendizaje significativo* (Ausubel 1978), según el cual cada ciencia está formada por conceptos, desde los más «abarcativos» (conceptos *supraordenados*) hasta los más específicos (conceptos *poco inclusivos*), pasando por una o más jerarquías intermedias (conceptos *subordinados*). Un mapa conceptual es, consecuentemente, un diagrama jerárquico que procura reflejar la organización conceptual de una disciplina, o parte de ella (Novak y Gowin 1988).

Los mapas conceptuales tienen una distribución gráfica según la cual los conceptos supraordenados, que son más «abarcativos» e inclusores, se ubican en su parte superior y, a medida que se desciende verticalmente, se van ubicando los conceptos de jerarquía menor (Moreira 1987, 1988, Novak 1991). Los *nodos* del mapa se muestran enmarcados en círculos, rectángulos, etc., y se unen mediante trazos. Estas *conexiones* representan las relaciones que unen dichos conceptos, y pueden (o no) llevar una leyenda que aclare la relación.

En la figura 1 se muestran dos ejemplos de mapas conceptuales recientemente publicados (Valente 1992, Novak 1991).

Figura 1



El mapa semántico es una expresión análoga, preferentemente utilizado para el análisis conceptual de textos literarios (Mayer 1985), aunque a veces es utilizado para textos de ciencias (Heimlich 1991), como se muestra en la figura 2.

CONTRATIEMPOS SURGIDOS EN LA APLICACIÓN DIDÁCTICA

Si bien la confección de mapas conceptuales ha servido como instrumento para desarrollar trabajos de investigación (Novak y Gowin 1988), al querer utilizarlos como instrumento didáctico para favorecer el aprendizaje de conceptos, surgen algunos contratiempos que, a mi juicio, se derivan de una técnica muy permisiva acerca de su confección.

Básicamente, los puntos críticos son los siguientes: a) una misma oración puede abarcar varios nodos; b) los nodos se pueden repetir; c) los nodos no necesariamente son conceptos; d) el orden de jerarquías conceptuales no es único y es arbitrario, ya que puede variar según el enfoque con que se aborde el tema.

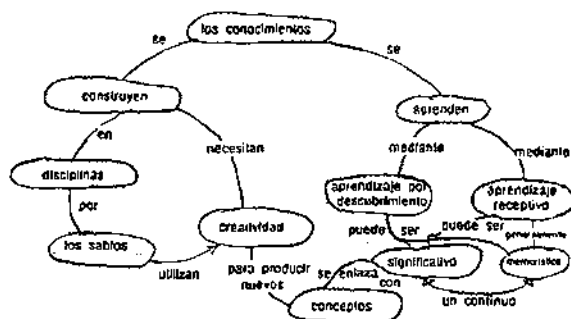
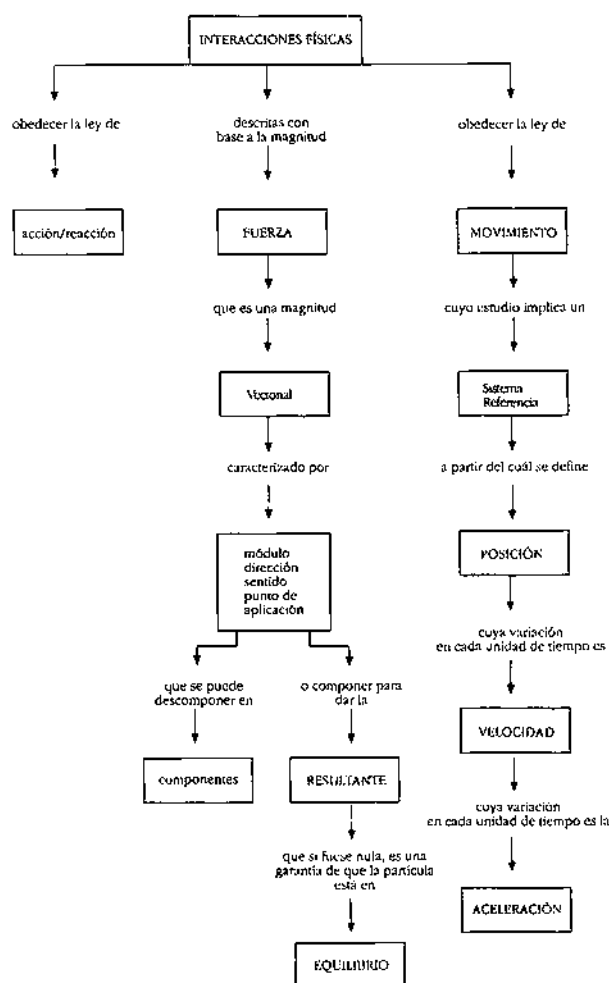
La ampliación del sustento teórico, en base a conceptos de psicolingüística, permite una mayor precisión para la confección de *redes conceptuales*, con el consiguiente enriquecimiento de su utilización como instrumento didáctico.

AMPLIACIÓN DEL SUSTENTO TEÓRICO PARA LA CONFECCIÓN DE REDES CONCEPTUALES

Información verbal y aprendizaje consciente

El modelo cognitivo del aprendizaje del lenguaje propuesto por N. Chomsky (1972, 1973) sostiene que todos

Figura 2



los seres humanos heredan una *capacidad de lenguaje* similar, que nos provee de una *gramática universal*. Por gramática universal se entienden aquellos principios básicos sobre los cuales se determinan las formas de las gramáticas particulares y reales utilizadas por los seres humanos en los distintos idiomas. Una persona que conoce un lenguaje específico controla una gramática que puede generar un conjunto infinito de *estructuras profundas*. La representación lingüística de la estructura profunda es una oración, llamada *oración nuclear*, que es la forma en que una idea o significado se almacenaría en la memoria. La oración nuclear es más abstracta y

precisa que la forma en que se habla o se piensa habitualmente.

Cada oración nuclear puede expresarse por medio de un gran número de estructuras superficiales: hay muchas formas de expresar la misma idea.

Chomsky sostiene que el receptor de una comunicación debe ejecutar toda una serie de *transformaciones mentales conscientes* para asignar a la información que recibe una estructura profunda acertada, es decir, una comprensión de lo que significa. Este concepto se entiende mejor si se piensa en la situación inversa: sería absurdo creer que guardamos en nuestra memoria letra por letra todo lo que oímos, leemos y aprendemos. Esencialmente se postula que la mente humana está programada de manera innata para operar en distintas gramáticas superficiales a partir de una gramática universal. Esta gramática universal consiste en un subsistema de reglas que proporcionan una estructura fundamental a todos los lenguajes humanos.

En resumen, la teoría psicolingüística supone la idea de que todos los humanos heredamos la *pauta específica de la especie* de una gramática universal que nos permite traducir, reelaborar y codificar en oraciones nucleares todos los significados de la información que recibimos bajo diferentes y ambiguas estructuras superficiales de lenguaje.

Información verbal y aprendizaje significativo

Haciendo una extrapolación analógica desde la teoría psicolingüística al campo del aprendizaje, se vislumbra que, de toda la información transmitida-recibida durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, los alumnos sólo acuñarán como aprendizaje duradero aquellos conceptos y relaciones que hubieran podido codificar en oraciones nucleares de significación profunda. Se puede concluir, entonces, la necesidad de que el docente arme una estructura explícita, concisa y coherente que «nucleee» los significados básicos y comprensibles del tema que desee enseñar.

Naturalmente, dada la complejidad de cada tema, dicha estructura tendría la forma de una intrincada «red tridimensional». Según nuestra nueva denominación, *la red conceptual representa un recorte de dicha estructura tridimensional y se corresponde con esa información conceptual que debería incorporarse a la estructura cognitiva de los sujetos que realizarán un aprendizaje significativo del tema en cuestión.*

PRECISIONES PARA LA CONFECCIÓN DE REDES CONCEPTUALES

En coherencia con los conceptos aportados por la teoría psicolingüística, se sugieren los siguientes requisitos para la confección de las redes conceptuales:

a) Los nodos de la red serán ocupados por signos lingüísticos que representen conceptos esenciales del tema en cuestión.

b) La totalidad de las uniones que relacionan conceptos deberán exhibir leyendas que incluyan un verbo preciso, de tal forma que generen una oración nuclear entre nodos. Estas oraciones se leerán con un sentido señalado por una flecha. Necesariamente, la flecha inversa generará otra oración nuclear.

c) 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. Dicha lectura podrá comenzarse a partir de cualquier concepto de la red, con la condición de respetar el sentido de las flechas.

d) Se considerarán como conceptos fundamentales aquéllos a los que llegan y de los que parten la mayor cantidad de relaciones (flechas). Estos conceptos relacionados pueden ser, o no, los conceptos de jerarquía más «abarcativa».

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

f) No se incluirán, en las leyendas sobre las flechas, conceptos que pertenezcan a la esencia del tema en cuestión y no hayan sido previamente desglosados como nodos.

Un ejemplo

Uno de nuestros estudios sobre la confección y utilización de redes conceptuales, según estos nuevos criterios arriba descritos, se centró en el tema de cinemática, de la asignatura Física.

En un principio, confeccionamos un *mapa conceptual* similar al publicado por Valente (1992), mostrado en la figura 1. A continuación, en nuestro intento de reestructurar al mapa en una *red conceptual* —desde sus oraciones nucleares pertinentes—, nos encontramos con graves problemas para dilucidarlas. Principalmente, las dificultades requirieron resolver preguntas como las siguientes:

a) La aceleración, la velocidad y la posición: ¿son o no son vectores?

b) ¿Unidad de tiempo es lo mismo que intervalo?

c) ¿Qué es un sistema de referencia?

d) ¿El tiempo no necesita de un sistema de referencia?

e) La posición, la velocidad y la aceleración: ¿son igualmente modificadas por la presencia de una fuerza resultante?

f) Equilibrio: ¿implica movimiento, reposo o bien otra cosa?

g) Movimiento: ¿es sinónimo de desplazamiento y/o de trayectoria?

El esfuerzo en organizar una *red conceptual* de oraciones nucleares sobre este tema —que ya sabíamos y que enseñábamos desde hace años!— nos resultó revelador de la *cantidad de complejos conceptos subyacentes* que *dábamos por supuestos*. La gran dificultad que tuvimos para *explicitar* estos supuestos en oraciones nucleares nos puso en evidencia sobre las penosas experiencias de los alumnos al tratar de penetrar en el conocimiento de estos temas. Encontramos un posible «porqué» al hecho de que la mayoría de los alumnos termina haciendo un aprendizaje memorístico del tema: la explicación sería que ellos no logran descubrir la existencia de estos conceptos subyacentes y sus conexiones con el nuevo tema estudiado.

El resultado de nuestro trabajo fue un desglose de los conceptos del mapa de la figura 1 en varias *redes conceptuales*, de las cuales una, titulada «Velocidad y Sistemas de Referencia», se muestra en la figura 3. Obsérvese que los conceptos de *velocidad* y *sistemas de referencia*, si bien son los más «abarcativos», son los menos relacionados. Esto coincide con nuestra concepción acerca de que:

a) El requerimiento de ubicar los conceptos en coherencia jerárquica y gráfica sólo complica el diseño de la red

y puede llegar a confundir respecto de cuáles son las relaciones más importantes.

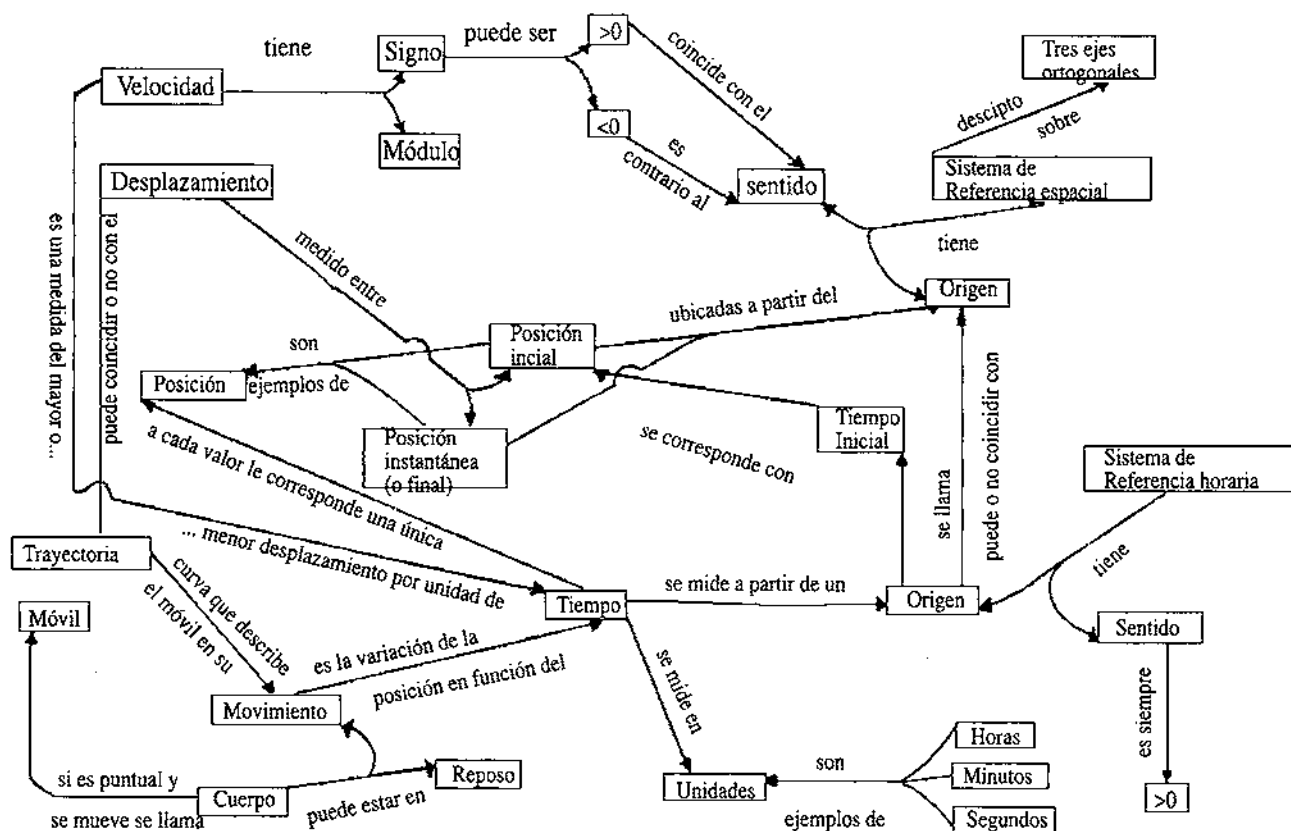
b) Los conceptos más «abarcativos» son, justamente, los que coronan una serie de conceptos y relaciones subyacentes; pero son dichos conceptos y relaciones subsumidas las que, si no han sido descubiertos y comprendidos, conforman un conjunto de saberes que impiden captar la verdadera significancia de los conceptos supraordenados.

El trabajo de enseñanza de estos temas, a *posteriori* de que hubiéramos confeccionado las respectivas redes conceptuales, presentó claros beneficios tanto en la planificación como en la eficiencia del aprendizaje logrado por los alumnos (Galagovsky y Ciliberti, en redacción). Resultados similares habían sido comprobados anteriormente con docentes de las áreas de química y biología (Galagovsky 1990, 1991, 1992).

TRASCENDENCIA DE LA UTILIZACIÓN DE REDES CONCEPTUALES

Redes conceptuales como análogos semánticos de la estructura cognitiva

Figura 3



El objetivo de todo docente debería ser favorecer un aprendizaje significativo (Ausubel 1978) y no uno meramente memorístico¹.

Una red conceptual, confeccionada según las normativas precedentes, representa el conjunto de oraciones nucleares que codifican exacta y precisamente los significados básicos que deberían ser aprendidos en cada tema.

El origen de la red conceptual será la estructura cognitiva del docente, quien, con su enfoque personal acerca del tema a enseñar, determinará el relieve jerárquico de los conceptos y sus relaciones. Al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, la red conceptual deberá quedar incorporada—construida— en la estructura cognitiva de los alumnos, produciendo el tan buscado cambio conceptual que evidencia un proceso de aprendizaje significativo.

Nuevamente, el razonamiento inverso permite una mejor comprensión de este punto: ¿cuánto puede entender un alumno de un tema nuevo—presentado verbalmente con la particular estructura semántica superficial que le ha dado el profesor— si tiene que descubrir las oraciones nucleares que codifican el significado de la información al mismo tiempo que entender su contenido específico? Es obvio que el esfuerzo es grande y el aprendizaje poco efectivo.

Durante nuestras investigaciones sobre el aprendizaje en alumnos, hemos podido utilizar la confección gradual de redes conceptuales como instrumento didáctico para garantizar cada uno de los *cuatro pasos* del aprendizaje significativo (Novak 1982).

Redes conceptuales como análogos semánticos de los modelos neurónicos

El cerebro tiene una cantidad de neuronas fijas desde su nacimiento, en cambio la calidad y la especialización de las mismas es lo que cada ser humano podrá ir adquiriendo en su crecimiento intelectual. La mayor calidad y especialización cerebral dependen de los estímulos y experiencias vividas. En pruebas de laboratorio se ha comprobado que una rata entrenada en un laberinto desarrolla una mayor red neuronal y aumenta el peso de su masa cerebral con respecto a otra que estuvo desde su nacimiento en una caja a oscuras. La complejidad y diversificación de estas conexiones hacen casi imposible su estudio o la localización minuciosa de sus recorridos.

La hipótesis de una memoria química, alojada en macromoléculas, ha quedado de lado. La memoria es una actividad cerebral. No es un depósito sino un proceso dinámico: no existe materialmente hasta que entra en actividad.

Los recuerdos no parecen estar codificados en neuronas particulares, sino codificados en pautas celulares. Las neuronas forman pautas por efecto de sus conexiones mediante sinapsis (Swenson 1987).

La *memoria a corto plazo* (MCP) consiste en activas

redes de células nerviosas que se excitan repetidamente entre sí. Estos *circuitos de reverberación* celulares mantienen en el cerebro una *huella* del estímulo que dura desde pocos segundos a muchos minutos² (Pribram 1971, 1975).

El proceso mediante el cual esta huella dinámica o circuito neuronal se consolida, constituiría el proceso por el cual se transforma en una *huella estructural*, formando las llamadas *pautas neuronales*³, bases de la *memoria a largo plazo* (MLP).

Según esta teoría, la memoria se encontraría almacenada en configuraciones neuronales llamadas *modelos neurónicos*, ampliamente representados en todas las regiones funcionales del cerebro. Los *modelos neurónicos* (Luria 1977) formarían complejos circuitos tridimensionales que, al ser estimulados permitirían evocar recuerdos complejos, como los aprendizajes. La índole asociativa de la memoria surgiría del hecho de que diferentes pautas neuronales compartirían algunas de las mismas conexiones.

Las redes conceptuales pueden visualizarse como los análogos semánticos de los modelos neurónicos; es decir, son circuitos de oraciones nucleares relacionadas que codifican significados fundamentales y aprendizajes, entretejidos según las conexiones que cada sujeto le supo dar.

Redes conceptuales y constructivismo

El aporte de las investigaciones en neurobiología de la memoria permite hacer una reinterpretación del enfoque constructivista del aprendizaje.

Debido a que los recuerdos se almacenan en pautas neuronales y las pautas se organizan en modelos neurónicos, una configuración sináptica determinada podrá formar parte de varias pautas, todas las cuales podrán compartir la misma zona general de la corteza cerebral. Así, *un mismo recuerdo puede formar parte de varias redes de pensamientos relacionados*. La capacidad de almacenamiento estaría, entonces, sólo limitada a la cantidad de combinaciones únicas que un enorme número de sinapsis puede crear.

La consecuencia inmediata de esta reinterpretación resulta ser que: aprender material nuevo dentro de un contexto asociado a éste será más fácil que tratar de asimilarlo fuera de todo contexto significativo. Esto se debe a que el sujeto podría utilizar parte de pautas neuronales y modelos neurónicos ya existentes en su cerebro—es decir, informaciones y comprensiones que ya formaban parte de su estructura cognitiva—, en vez de verse en la necesidad de crear—mediante esfuerzo mental— toda una serie de nuevas conexiones sinápticas.

Las redes conceptuales vistas como análogos semánticos de los modelos neurónicos presentan importantes implicancias didácticas:

a) Ayudan al docente que las ha construido previamente

a darle convergencia al tratamiento del tema que quiere enseñar.

b) Ayudan al docente a definir un criterio de selección de contenidos y a visualizar qué conceptos serán periféricos o centrales.

c) Ayudan a los alumnos a encontrar los conceptos «fundantes» y las relaciones relevantes de cada tema, más allá de los ejemplos aprendidos.

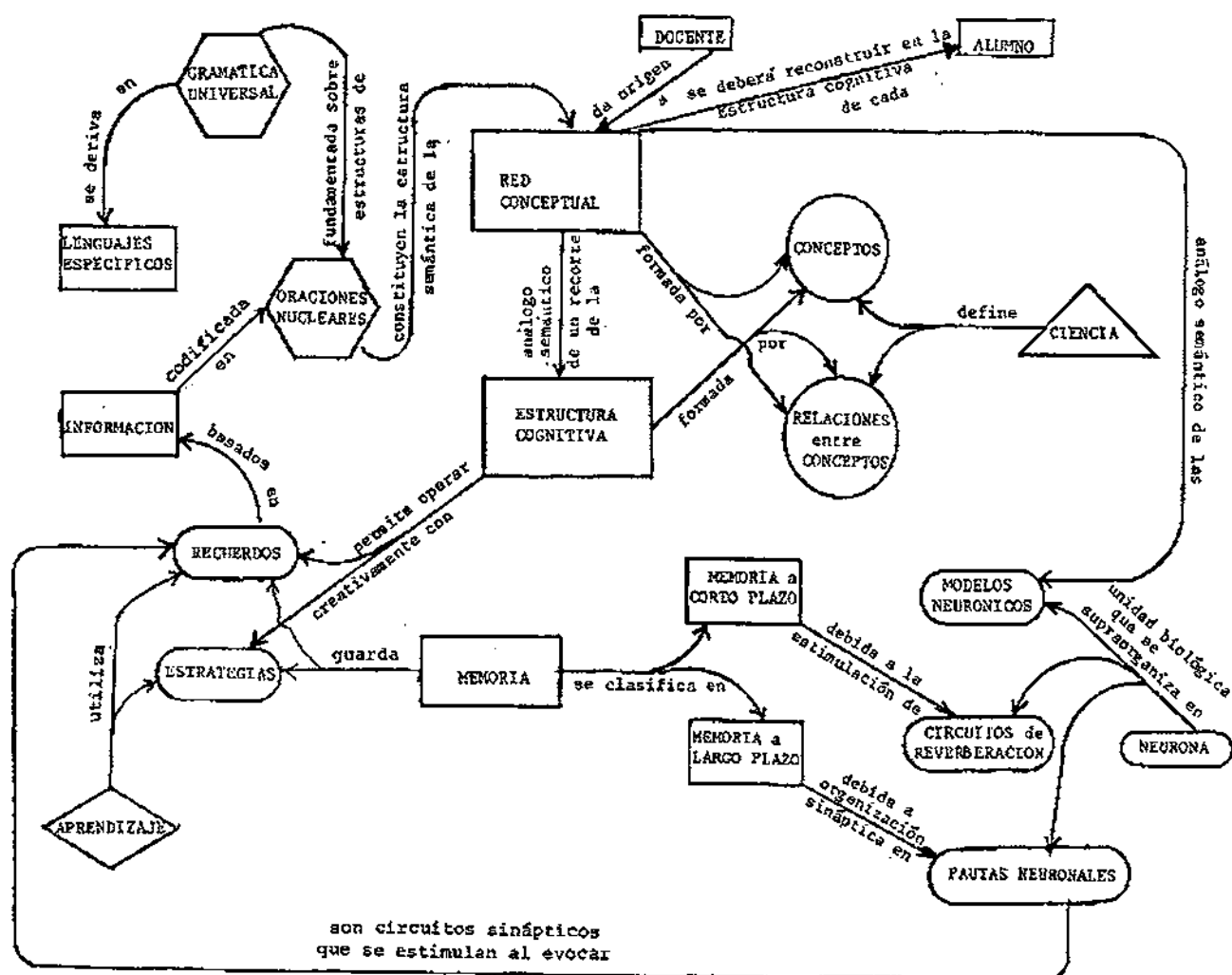
d) Ayudan a los alumnos a enlazar temas estudiados consecutivamente o no, ya que las respectivas redes conceptuales podrán compartir conceptos, de tal forma que la red del segundo bloque temático resulte un complemento o una ampliación de la red del bloque temático previo.

e) El análisis metacognitivo de las redes conceptuales trabajadas en clase facilita la detección y concientización de aprendizajes nucleares incorporados. Como consecuencia, se favorece la rápida *revisión* de la porción de estructura cognitiva construida sobre el tema en estudio y la *ubicación* consciente de conceptos inclusores donde se conectará la nueva información, mejorando así las posibilidades de aprendizaje significativo para los temas subsiguientes.

CONCLUSIONES

A partir de una ampliación de la base teórica que define los *mapas conceptuales*, hemos podido reformular su

Figura 4



confección dando origen al concepto de *redes conceptuales*.

Básicamente, las redes conceptuales pueden interpretarse, por un lado, como los análogos semánticos de un recorte de estructura cognitiva (la cual simboliza nuestros saberes) y, por otro lado, como los análogos semánticos de los modelos neurónicos (que representan corporalmente nuestros saberes).

Desde esta nueva concepción, las redes conceptuales son guías, tanto para los docentes en su enseñanza como para los alumnos en su aprendizaje.

En la figura 4 se muestra, a manera de ejemplo, la red conceptual que resume las ideas principales expuestas en este artículo.

NOTAS

¹ Aprendizaje memorístico es aquél que puede guardarse en la memoria como tal, pero que no se conectó mediante puentes cognitivos a la estructura cognitiva existente. Si este aprendizaje memorístico es lo suficientemente grande como para incluir numerosos conceptos y relaciones podríamos decir que se formó un «islot de comprensión», pero que está igualmente *desligado* de la *estructura cognitiva* preexistente.

² Lo que determinaría que las pautas de células adopten la configuración de circuitos es el hipotético hecho de que la primera célula que lleva la información sensorial a la corteza recibiera, a su vez, entradas provenientes de células ubicadas más adelante, cerrando, en definitiva, el circuito de la estimulación. Si dicha estimulación es débil, finalmente se extingue, el circuito se *interrumpe* y el cerebro pierde la información o bien *olvida*.

³ Dado que el proceso de consolidación de las pautas neuronales implica la formación de uniones sinápticas, mediatizadas por procesos bioquímicos y eléctricos, parte de esos circuitos pueden desintegrarse con el tiempo. *La facilidad de evocación dependerá de que amplias zonas de la pauta neuronal se encuentren intactas.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D., NOVAK, J. y HANESIAN, H., 1978. *Educational Psychology: A Cognitive View* (2ª. ed.). (Holt, Reinhart and Winston: Nueva York).
- CHOMSKY, N., 1972. *Language and Mind*. (Janovich: EEUU).
- CHOMSKY, N., 1973. *Psychology and Ideology*, Vol. 65 (Warner Publication: EEUU).
- GALAGOVSKY, L., VENDITTI, A., BIKEL, M., FLORES, M. y CHERNIZKY, M. et al., 1990. Redes conceptuales: un excelente instrumento de comunicación entre docentes. Comunicación al II Congreso de Educadores en la Química de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.
- GALAGOVSKY, L., ROMERO, L., MÉNDEZ, M. y JERABEK, C., 1991. Redes conceptuales: una herramienta útil para la enseñanza de Química. *Noticias Panamericanas en Educación Química*, Vol. 3 (4), pp. 2-4. (F.L. Asoc. Químicas: Argentina).
- GALAGOVSKY, L., 1992. *Hacia un nuevo rol docente. Una propuesta diferente para el trabajo en clase* (Troquel: Argentina).
- HEIMLICH, J. y PITTELMAN, S., 1991. *El mapa semántico*. (Aique: Argentina).
- LURIA, A.R. y MAJOVSKY, L.V., 1977. Basic Approaches used in American and Soviet Clinical Neuropsychology, *American Psychologist*, Vol. 32, pp. 959-968.
- MAYER, R., 1985. *El futuro de la Psicología Cognitiva*. (Alianza: España).
- MOREIRA, M.A. y BUCHWEITZ, B., 1987. *Mapas Concetuais*. (Moraes: Brasil).
- MOREIRA, M.A., 1988. Mapas concetuais e aprendizagem significativo, *O Ensino*, Vol. 23, pp. 28.
- NOVAK, J., 1982. *Teoría y Práctica de la Educación*. (Alianza España).
- NOVAK, J. y GOWIN, B., 1988. *Aprendiendo a aprender*. (Martínez Roca: España).
- NOVAK, J., 1992. Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender, *Enseñanza de las Ciencias*, pp. 215-228. (ICE: España).
- PRIBRAM, K.H., 1971. *Languages in the Brain: Experimental Paradoxes and Principles in Neuropsychology*. (Engelwood Cliffs, Prentice-Hall: Gran Bretaña).
- PRIBRAM, K.H. y MCGUINNESS, D., 1975. Arosal activation, and effort in the control of attention, *Psychological Review*, Vol. 82, pp. 116-149.
- SWENSON, L., 1987. *Teorías de Aprendizaje*. (Paidós: España).
- VALENTE, M. y NETO, A.J., 1992. El ordenador y su contribución a la superación de las dificultades de aprendizaje en mecánica, *Enseñanza de las Ciencias*, pp. 80-85. (ICE: España).