

# PRESENTACIÓN DO COÑECEMENTO

Aplicación das redes semánticas ó proceso de ensino - aprendizaxe da electricidade na E S O<sup>1</sup>

José Manuel Gargallo  
CEFOCOP (Ourense)

## RESUMO

Este traballo ocupase da descrición das diferentes formas de representación do coñecemento, así como da aplicación das redes semánticas ó proceso de ensino-aprendizaxe da electricidade, con alumnos entre 12 e 14 anos, en particular no que se refire á avaliación dos coñecementos iniciais do alumnado.

## 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A finais dos anos 50 a Psicoloxía estaba influenciada por tres fontes: os ordenadores e a analoxía mente-ordenador (Newel, Shaw e Simon, 1958); no eido da lingüística, a análise de estruturas subxacentes á comprensión e produción de emisións (Chomsky, 1957), e por último, o desenvolvemento de estruturas e procesos internos que subxacen ós cambios evolutivos da conducta humana (Piaget, 1954).

A concepción do ser humano como procesador de información baséase na aceptación da analoxía entre a mente humana e o funcionamento dun computador. Adóptanse os programas de computador

como *metáfora* do funcionamento da mente humana.

Alan M. Turing desenvolveu un procedemento experimental para comprobar en que grao un programa de ordenador pode chamarse ou non intelixente. O "Test de Turing" consiste en probar se un ordenador pode actuar de tal modo que un experto sexa incapaz de diferenciarla actuación do ordenador da dun ser humano provisto de certa facultade cognitiva. O obxectivo consiste en deseñar programas que simulen de tal maneira a cognición humana, que logren supera-lo "Test de Turing".

Existen investigadores que levan esta analoxía a extremos de dicir que tales programas non serían modelos da mente, serían unha intelixencia no mesmo senso que o é a humana. Esta é a "versión forte" da metáfora computacional. Nembargantes, existen outros que son máis cautelosos e consideran que os modelos informáticos resultan útiles para estudia-la mente, do mesmo xeito que son útiles para estudar outros eidos do saber. Esta é a "versión débil" (de Vega, 1982).

1. Educación Secundaria Obrigatoria

A “versión forte” da metáfora, adoptada pola IA (Intelixencia Artificial) e pola Ciencia Cognitiva, especifica os seus presupostos e adopta un modelo, mentres que a versión débil resulta ambigua e non especifica os límites da aceptación da devandita metáfora. Algúns autores rexeitan a versión forte da metáfora obxectando que un ordenador pode manexar sintaxe pero xamais semántica, que non é o mesmo simulación ca duplicación, que os procesos mentais son procesos cerebrais, etc. (Searle, 1990).

Outros autores non son tan remisos á “versión forte” e opinan que a investigación debe inclinar-se cara á como acada cognición o cerebro humano. Os argumentos que empregan baséanse en que os sistemas nerviosos son máquinas que funcionan en paralelo e que a resposta ós sinais que ingresan no sistema non é dixital, senón analóxica.

Na Psicoloxía Cognitiva moitos autores sinalan que o Procesamento da Información carece dunha teoría da aprendizaxe suficiente para explicala adquisición de estruturas complexas. Pola contra, outros pensan que o Procesamento da Información non debía emprender a investigación dos procesos de aprendizaxe ata que acadara unha comprensión da natureza do sistema. En tódolos casos amósase a diferenza entre procedementos sintácticos e semánticos, que é a diferenza entre mecanicismo e organicismo (Pozo, 1989).

Cando a Psicoloxía Cognitiva se interesou máis polo significado, recuperouse a psicoloxía europea de entreguerras - Piaget, Vygotsky, a Gestalt- e foise autochamando “constructivista”. Mais esta recuperación foi lenta posto que non era doado integrar a estes autores na corrente

do Procesamento da Información. A posición constructivista -organicista- asume que o suxeito posúe organización propia, mais non sempre ben definida e onde o suxeito interpreta a realidade, proxectando sobre ela os significados que vai construindo. Na concepción mecanicista o cambio debe provir sempre do exterior, namentres que na organicista é o propio sistema -organismo- o que cambia e induce os cambios. Estas dúas concepcións deben integrarse, posto que, por separado non resolveron de xeito global o problema de aprendizaxe.

A Psicoloxía Cognitiva baseada nun enfoque computacional está cada vez máis interesada no estudio do significado como a base de todo o edificio cognitivo.

## 1.1 Instrumentos da psicoloxía cognitiva

A psicoloxía cognitiva dispón dalgúns instrumentos axeitados de análise entre os que cabe salientar (Mayer, 1985):

- a) Análise do sistema de procesamento de información.
- b) Análise de procesos cognitivos.
- c) Análise de estruturas cognitivas.
- d) Análise de estratexias.

### a) *Análise do sistema de procesamento da información*

Tamén se pode chamar “modelo de procesamento de información”. Este modelo alude ás diferentes operacións -ou procesos- que fai emprego unha persoa nunha determinada situación, baseándose nunha analoxía parcial mente-ordenador -versión

débil- e a súa aportación fundamental dáse no eido das aptitudes. As aptitudes pódense medir mediante test axeitados -enfoque psicométrico- sobre rasgos do comportamento humano. Dende o punto de vista cognitivo, emprégase o modelo xeral do procesamento da información, que ten como eixe vertebrador a idea de que tódolos humanos non posúen o mesmo sistema de procesamento de información (SPI). Os compoñentes principais do sistema de procesamento, así como as súas características son as seguintes:

- . Almacén sensorial e curto prazo (ASCP), cunha capacidade grande, modo de almacenamento exacto e sensorial, onde a información permanece pouco tempo e a perda de información realízase mediante desvanecemento temporal.

- . Memoria a curto prazo (MCP) e memoria en funcionamento (MF), cunha capacidade limitada, un modo de almacenamento baseado na repetición e repaso do material e cunha duración relativa, onde a perda de información se produce por falla de repaso ou desprazamento por nova información.

- . Memoria a longo prazo (MLP), que posúe unha capacidade ilimitada, dispón dun xeito de almacenamento organizado e significativo, cunha permanencia ilimitada e onde a perda de información se produce por fallos na recuperación ou interferencia doutra información.

Os humanos diferéncianse entre sí respecto ó tamaño e ás características de cada almacén de memoria e respecto ós procesos de control.

As aptitudes pódense analizar entón en termos dos compoñentes do sistema de procesamento de información -caracte-

rísticas dos almacéns de memoria e os procesos que interveñen na execución dunha tarefa determinada-. O problema será determinar qué procesos cognitivos interveñen en cada tarefa.

#### b) *Análise de procesos cognitivos*

A psicoloxía cognitiva dispón de técnicas que permiten analizar minuciosamente un coñecemento específico. En xeral esta técnica consiste en elixir unha tarefa intelectual, observar a unha persoa como o fai e preguntarlle sobre o que fai, analiza-la resposta en pequenas partes consistentes en procesos -manipulación de cousas- e decisións -comprobacións de algo-; e despois confronta-lo modelo de proceso que se construíu coa conducta humana real. O modelo procesal da tarefa estudiaada poderá escribirse na forma dun programa de ordenador, ou dun diagrama de fluxo, ou doutras maneiras. Segundo enfoque cognitivo, os humanos non aprenden conductas directamente senón que adquiren procedementos de orde superior ou sistemas de regras que se empregan para xerar conductas en múltiples situacións.

#### c) *Análise de estruturas cognitivas*

Estas técnicas analíticas consisten en elixir algún anaco informativo, presentarllo a un suxeito en forma de parágrafo que debe ler ou escoitar, e despois propoñerlle cuestións sobre a información presente nese fragmento. A información analízase en función de grandes apartados e das relacións entre eles. O paso seguinte é confrontar este modelo estrutural coa actuación real do suxeito. O modelo estrutural creado pódese representar mediante un diagrama arborescente, mediante redes ou dalgunha outra maneira. Neste sentdo,

Schank e Abelson (1977) suxiren que as persoas empregan estruturas de sucesos para comprender información verbal.

#### d) *Análise de estratexias*

Este instrumento de psicoloxía cognitiva está relacionado coa investigación das técnicas que empregan as persoas para controla-los distintos anacos de información que posúen. Estas técnicas coñécense como estratexias cognitivas. Os psicólogos cognitivos intentaron descubrir as estratexias que empregan as persoas presentándolles problemas complicados, pedíndolles que os resolvan en voz alta, intentando facer unha descrición meticulosa da estratexia -heurística- que empregan e, por último, contrastando o modelo da estratexia coa actuación real.

## 2 REPRESENTACIÓN COMPUTACIONAL DO COÑECEMENTO: REDES SEMÁNTICAS

---

Imos abordar agora o problema da representación formal do coñecemento, o cal foi obxecto, e aínda é, da Psicoloxía e da IA.

### 2.1 Xeneralidades

---

O coñecemento pode ser específico dun problema, xeral para un dominio profundo, superficial, exacto, incerto, impreciso, incompleto, etc. O problema da representación do coñecemento é o da súa transcripción baixo unha forma simbólica que poida ser explotada por un sistema de razoamento.

Un modo de representación asocia así dous aspectos imbricados, e incluso confundidos: a estrutura de datos para representa-la información e o método asociado de explotación desta información ou razoamento (Haton e Haton, 1989).

É conveniente saber que tipo de coñecemento se quere representar, posto que é diferente o tratamento segundo sexa un coñecemento científico -máis estruturado, exacto e moi preto da lóxica formal- que só necesitaría dun traductor lóxico-matemático e un traductor sintáctico de alto nivel, ca un coñecemento doutro tipo -humanístico, técnico ou de senso común- para o cal faría falla un traductor semántico cognitivo e a continuación un traductor sintáctico.

### 2.2 Esquemas máis empregados en representación computacional

---

A continuación faremos un repaso, de forma xeral, ós máis importantes esquemas de formalización en representación computacional do coñecemento, segundo o seu achegamento ós extremos sintácticos ou semánticos das linguaxes ou esquemas empregados.

#### 2.2.1 As representacións lóxicas

Xurdiron dos desenvolvementos teóricos en lóxica formal. Relaciónanse coa lóxica matemática -lóxica de proposicións e lóxica de predicados-, aínda que se empreguen outras non convencionais -lóxica borrosa-.

En canto á *lóxica de proposicións*, resaltamos que as proposicións -asercións formuladas segundo unha certa sintaxe-

son susceptibles de adquirir nun número dado o valor de “verdadeiro ou falso”. As expresións poden estar unidas polos conectores “y”, “o”, “implica  $\Rightarrow$ ” e “equivalente  $\equiv$ ” para organizar fórmulas lóxicas compostas. A única semántica que empregan é a de verdade o falsidade. Existen, a súa vez, algunhas regras de inferencia para propaga-la veracidade o falsidade, como, por exemplo: se X é verdadeiro e  $X \Rightarrow Y$ , entón Y é verdadeiro. Tamén existen regras segundo os conectivos empregados, por exemplo: se X é verdadeira e Y é falsa, a expresión composta X e Y é falsa, a expresión X o Y é verdadeira.

O *cálculo de predicados* é unha extensión da anterior. A unidade fundamental na lóxica de predicados é un obxecto. As expresións que fan referencia ó obxecto chámanse predicados. Provisto das propiedades de base da lóxica de proposicións, admite ademais introducir elementos xerais chamados “variables” que poden cuantificarse por medio do cuantificador universal “ $\forall$ ” -para todo- ou do cuantificador existencial “ $\exists$ ” -existe algún-.

As fórmulas ven formadas da lóxica de predicados toman os valores verdadeiro ou falso para unha interpretación dada. Razoar no formalismo da lóxica implica demostrar novas fórmulas sobre a base dun conxunto de fórmulas xa existentes. Dispónse dun conxunto de regras entre as que cabe citar:

- A regra do “modus ponens”, que aplicando as fórmulas P e  $P \Rightarrow Q$ , permite derivar Q.
- A regra do “modus tollens”, que empregando  $P \Rightarrow Q$  e non Q, permite derivar non P.

A lóxica formal fúndase en sólidas bases teóricas e parece, en moitas ocasións, a maneira natural de expresar feitos e relacións deductivas entre os feitos. Está adaptada ó razoamento exacto que dispón de datos completos -demostración de teoremas, resolución de adiviñas, etc.

Por outra banda, o rigor deste formalismo non permite expresar apreciacións matizadas, nin decidirse en caso de informacións incompletas, como ocorre cons humanos. Para paliar estas limitacións incorporáronse outra lóxicas, de xeito especial as lóxicas non monótonas, as lóxicas multiavaliadas e as lóxicas modais (Haton e Haton, 1989). As lóxicas multiavaliadas constitúen unha expresión da lóxica de predicados, cunha cantidade n de valores de verdade superior a dous. Isto permite dar conta da incerteza nunha expresión. Se se fai que non tendan cara ó infinito reatópase a noción de coeficiente de verosimilitude. As lóxicas modais, destinadas a expresar mellor a noción intuitiva de aplicación, introducen varias modalidades como: posible, necesario, continxente e imposible; que serven para precisar unha fórmula lóxica. As lóxicas non monótonas, nas cales unha aseveración verdadeira, nun intre dado, pode pasar a ser falsa.

Entre as aplicacións da lóxica podemos citar algúns sistemas ou linguaxes que integran o razoamento lóxico, como: STRIPS -xerador de plans de acción-, PROLOG -linguaxe de programación en lóxica-, bases de datos deductivas, PLANNER -linguaxe baseada na lóxica non monótona- destinada á xeración de plans, etc.

### 2.2.2 Regras de Producción

Constitúen un procedemento de notación moi empregado en psicoloxía,

creado por Newell en 1966. Newell e Simon empregaríano no seu GPS<sup>2</sup> (Newell e Simon, 1972) e, máis adiante, en numerosos sistema informáticos.

Unha regra de produción é unha pequena porción de coñecemento da forma: se condicións entón conclusións, significando que se as premisas ou condicións se cumpren, pódense extraer conclusións. A regra acompáñase cun coeficiente que traduce a confianza que se lle asigna ou a súa veracidade. Os coeficientes asignados ás regras permiten realizar un razoamento incerto (Castillo e Alvarez, 1989).

A introducción de coeficientes permite pondera-los xuízos que se expresan nas regras, tomar en conta datos imprecisos e tratar problemas que non dependan da lóxica binaria pura. Esta notación permite unha grande modularidade dos coñecementos e, polo tanto, fácil de modificar ou completar, necesitando dun control e unha coherencia do conxunto. En suma, unha regra de produción admite a forma: MI  $\longrightarrow$  MD, onde o membro da esquerda -MI- describe unha situación e o membro dereito -MD- describe unha lista de accións a emprender cando se detecta a situación.

Nembargantes, as regras non poden dar conta do coñecemento sobre os conceptos profundos e só sobre coñecemento heurístico superficial.

O interese desta notación foi discutido, en psicoloxía, polo seu parentesco coa teoría asociacionista de estímulo-resposta.

### 2.2.3 Esquemas (Marcos, guións, plans,...)

Os humanos organizamos o noso coñecemento en termos de “prototipos” (Mira, 1991) que describen os aspectos xerais e comúns a moitas situacións, de xeito que a percepción interprétase como un proceso de activación de prototipos por identificación dalgunhas das súas propiedades.

A noción de marco -“frame”- foi proposta por Minsky (1975) e consta dunha estrutura de datos que representa un modelo de coñecemento asociado a unha estrutura conceptual ou física relativamente estereotipada.

Basicamente este tipo de estrutura é moi similar ás redes semánticas, constituídas por nós e relacións xerárquicas entre os nós. Pero, no caso dos marcos, cada nó é definido a partir dun conxunto de nomes de atributos chamados “ranuras” ou “terminais” -en inglés “slots”-, acompañados dos seus valores correspondentes.

Algúns “slots” dun marco poden ser á súa vez outros marcos, dando lugar á rede tipo semántica, sendo entón o marco un nodo complexo ou un anaco de rede, onde as relacións con outros nodos se chaman terminais e posúe un mecanismo para calcular ou estima-lo seu valor cando non dispoñemos del.

A noción de marco foi ampliada por Aikins (1983), ata convertela na noción de prototipo. Ademais dos atributos, Aikins asocia a cada marco procedementos que se activan, en determinadas circunstancias. Tamén asocia direccións de marcos máis xerais, máis específicos ou alternativos.

2. GPS significa Solucionador Xeral de Problemas (General Problem Solving).

As nocións de “Script” -guión- de Schank (Schank e Abelson, 1977) e de “schemata” -esquema- de Rumelhart (1984), están moi próximas á de marco. Os guiños foron empregados para o procesamento da linguaxe, máis especificamente na representación de feitos ou guiños de sucesos.

Os esquemas de Rumelhart (Rumelhart, 1984) son “paquetes de información” sobre conceptos xenéricos almacenados na memoria. Todo o procesamento da información depende da activación de esquemas. Inicialmente empregouse o concepto de esquema na comprensión de textos -marcos-, representación de feitos -guiños ou plans- ou no recoñecemento de patróns visuais -marcos-. O seu emprego espallouse tamén á psicoloxía social, estudos sobre razoamento lóxico, á comprensión da ciencia ou á autoinstrucción.

Como xa expuxemos anteriormente, os esquemas empregáronse tanto na IA coma en psicolingüística, no primeiro caso para representar coñecementos e, no segundo, para estudia-la comprensión de textos.

Os esquemas adáptanse en especial á representación de coñecementos axeitadamente estruturados, como os coñecementos matemáticos, é dicir, saberes relacionais non dependentes do contido. Tamén explicitan os coñecementos e a súa modalidade de activación. Non se describen como unidades independentes, senón como formas de por en relación coñecementos de carácter máis elemental.

#### 2.2.4 Redes Semánticas

Centrarémonos agora, con máis profundidade, no estudio das redes semánticas, os diferentes modelos das mesmas, nas súas aplicacións e o emprego que delas se fai no eido do ensino-aprendizaxe.

A semántica estudia o significado dos conceptos individuais empregados na linguaxe. Unha rede semántica -rede de palabras-, é unha rede ou gráfico onde existen nodos unidos por enlaces. Estes nodos poden representar (Mira, 1991) conceptos, palabras, situacións, accións, propiedades ou casos particulares das catro primeiras. Ademais os nodos admiten unha clasificación en tipos e unha ordenación en nivéis, o que permite as xerarquías conceptuais onde é posible herdar as propiedades dos antecesores na devandita xerarquía. Os enlaces ou arcos entre nodos representan relacións entre os mesmos, que poden ser: de pertenza, de inclusión, de crenza ou hipótese, de casualidade, de elementos lingüísticos -como obxecto, axente, perceptor, propietario, etc.- ou de conexión (Mira, 1991).

A orixe das redes semánticas está no Asociacionismo Aristotélico -é dicir, a conducta é controlada totalmente por asociacións de significados entre conceptos- e no Reduccionismo -conceptos construídos de máis conceptos elementais-. Ó redor de 1869, James Mills amosou o emprego do concepto terminal como caso dun concepto principal, pero non solucionou o problema de distinción entre concepto principal e os casos individuais do concepto. Thomas Brown (1820) contribuíu etiquetando os enlaces con información semántica, dándolles forza asociativa. Otto Selz, en 1926, suxeriu que os camiños en-

tre nodos da rede poderían ser empregados para razoamento.

### 3. REDES SEMÁNTICAS NO EIDO DO ENSINO-APRENDIZAXE

---

A representación do coñecemento non só preocupa ós que estudia a IA, senón que numerosos psicólogos e pedagogos interesáronse nese campo. Trataremos de amosar algunhas aplicacións das redes semánticas no campo da Didáctica, así como os diferentes modelos de representación do coñecemento no marco epístemico-educativo.

Según Stewart (1980), salientáanse dúas maneiras de representación do coñecemento: as redes semánticas e os mapas conceptuais, pola súa firmeza á hora de representar linguaxe natural. Este autor agrupa as técnicas de representación do coñecemento en dúas categorías:

- . As que a cotío se empregan para representación do coñecemento conceptual, entre as que se inclúen os mapas conceptuais e as redes estruturais activas.

- . As que poden ser empregadas para representar coñecemento de procedemento, entre as que resaltan os diagramas de fluxo.

En ámbolos dous casos, a súa aplicación no eido da Didáctica pode ser en varios sentidos (Perales, 1990):

- . Axuda na planificación do currículo, en canto á selección do contido curricular e a súa secuenciación.

- . Para exame do coñecemento da disciplina.

- . Como medio de coadxuva ó coñecemento da estrutura conceptual do alumnado en canto a un dominio concreto.

- . Como unha ferramenta alternativa para a avaliación do alumnado (Moreira, 1985).

A continuación examinamos os principais modelos de redes utilizadas no eido da ensinanza-aprendizaxe, comentando as súas aplicacións dentro de campo educativo.

#### A) Redes semánticas

---

Pódense salientar aquí as *redes estruturais activas*, desenvolvidas por Rumelhart e Norman (1975). Están formadas por sistemas que presentan un número finito de relacións entre liñas, con denominacións e dirixidas, conectando nos correspondentes ós conceptos nomeados. Neste tipo de redes poden existir nodos operacionais representando conceptos xenéricos (ex.: Acción, Cambio, Causa...) e outros nodos conceptuais. Ámbolos dous tipos de nodos relaciónanse mediante liñas que inclúen proposicións de enlace.

As redes estruturais activas poden aplicarse para representar o coñecemento dos estudantes nun dominio específico da ciencia.

Outro modelo empregado por Stewart (Stewart e Van Kirk, 1981), é o das *redes semánticas proposicionais*, que gardan unha gran similitude coas estruturais, diferenciándose en que os nodos poden representar conceptos, nomes ou feitos e nos enlaces, os cales representan camiños específicos para relacionar os nodos.



Este tipo de redes pódense empregar como modelos á hora de explicar como a información se almacena na memoria a longo prazo (MLP).

Poderíanse citar outros modelos como o das *redes semánticas xerarquizadas*, onde se establece unha estrutura xerarquica e os enlaces son de dous tipos: un enlace entre un concepto e os seus atributos ou un enlace entre un concepto dunha xerarquía superior con outro dunha xerarquía inferior (subconcepto).

## B) Diagramas Conceptuais

Englóbanse baixo este epígrafe diferentes modelos de rede caracterizados por utilizarse en Didáctica.

Un diagrama conceptual é unha representación gráfica da estrutura cognitiva que un dominio de coñecementos admite ó incorporarse á memoria. Teñen o seu fundamento, por tanto, nos modelos psicolóxicos da memoria dentro do marco do sistema de procesamento de información (Mayer, 1981) (Pozo, 1989). Ofrecen de forma gráfica a estrutura psicolóxica do coñecemento, que non se debe confundir coa estrutura lóxica.

Estes diagramas presentan relacións entre conceptos por medio de proposicións. Os nós do diagrama estarían formados por conceptos e os enlaces levarían palabras explicativas do contido semántico.

Os diagramas conceptuais diferéncianse doutras formas de representación do coñecemento, as cales non debemos confundir con eles. Por iso citamos outras indicando en cada caso as diferencias cos mesmos:

. *Esquemas de contidos*: diagramas que presenta a orde lóxica na que se vai desenvolver unha materia de estudio. A diferenza cos diagramas conceptuais é que estes establecen relacións e encadeamentos entre conceptos, incluso entre outros anteriores que se supoñen na estrutura cognitiva do alumnado, plasmando a estrutura psicolóxica dos mesmos e non pretenden ser un programa da materia.

. *Xerarquías de Gagné*: (Gagné, 1977). Son un método de programación das operacións que o alumnado debe ser capaz de desenvolver para acadar un obxectivo operacional. Os bloques de información están formados por instrucións namentres que nos diagramas os bloques son conceptos. Outra diferenza entre as xerarquías e os diagramas é que, namentres os primeiros se constrúen de abaixo arriba, os diagrama fano á inversa (de arriba abaixo). Por último, hai que considerar que os enlaces nas xerarquías teñen a cotío o mesmo significado, sendo éste que cando se domina un nivel pódese pasar ó superior.

. *Diagrama de fluxo*: Foron empregados en investigación guiada (Dutton, 1978). Teñen un carácter algorítmico e constan dunha serie de operacións realizadas en determinada orde, permitindo resolver un problema obtendo uns resultados. As diferencias cos diagramas conceptuais son que, no caso de diagramas de fluxo, presenta unha lectura na que non cabe ambigüidade e que os enlaces teñen sempre o mesmo significado.

Cinguíndonos ós diagramas conceptuais salientámo-lo labor de Novak (Novak, 1977, 1984, 1988) no emprego dos mesmos. Novak chama "mapas concep-

tuais" a aqueles diagramas que representan relacións significativas entre conceptos en forma de proposicións (Novak, 1984). As ditas proposicións constan de dous ou máis termos conceptuais unidos por palabras para formar unha unidade semántica. A diferenza coas redes semánticas é que as relacións poden ser menos formais e semánticamente máis ricas. Neste senso, os mapas conceptuais empréganse para representar coñecemento humano, pero non se poden implemenar nunha máquina debido á falta de formalización dos mesmos.

Os mapas conceptuais teñen o seu fundamento na teoría de Ausubel (Ausubel et al., 1976) sobre a aprendizaxe significativa e o papel que xogan os coñecementos previos do alumnado na adquisición de novos coñecementos. Estes intégranse na estrutura cognitiva de forma estruturada, polo que se algún concepto está colocado de forma indebida e sobre el se desexan construír novos coñecementos, estes a súa vez veranse afectados polo dito erro inicial. Sobre esta idea recaeu toda a teoría constructivista da aprendizaxe. O papel dos mapas conceptuais dentro desta corrente psicolóxica estriba en no ser unha ferramenta máis para representa-las estruturas conceptuais/proposicionais obtidas mediante entrevistas clínicas ou construídas polo alumnado (Novak, 1988).

Os mapas conceptuais constitúen unha técnica esencialmente cualitativa de avaliación (Moreira, 1985). Existen diferentes técnicas para chegar a construír estes mapas conceptuais.

Tamén se empregan dentro do ámbito educativo, (Novak, 1984) para:

- Trazado de rutas de aprendizaxe. Pódese construír un mapa conceptual

global, onde aparezan as ideas máis importantes que se van desenvolver nun período de tempo e nunha asignatura determinada. Logo, pódense realizar mapas conceptuais máis específicos. Acadarase, dese xeito, relacionar mellor os conceptos clave da asignatura e, en consecuencia, formular axeitadamente o currículo.

- Extracción do significado nos libros de texto, traballos de laboratorio, etc. Cun bo mapa conceptual de poucos conceptos e/ou proposicións clave, chégase a extrae-las ideas clave aclarando o significado do traballo realizado. Serve como axuda para avaliar críticamente un escrito ou ben para coadxuvar á comprensión de conceptos relevantes e á súa función nun contexto.

- Preparación de traballos escritos ou de exposicións orais. Neste senso empréganse mapas conceptuais para organizar ideas que se queren plasmar, con respecto a un tema específico. A partir do mapa pódese escribir sobre ditas ideas e saber en cada momento cal é o fío condutor das mesmas, ou como están relacionadas.

De tódalas aplicacións que atopan os mapas conceptuais no campo da Didáctica posiblemente a máis importante sexa a determinación da estrutura cognitiva do alumnado (Mathews et al., 1984), empregada como técnica de avaliación do que sabe (Moreira, 1985), na detección de dificultades de aprendizaxe das ciencias (Kempa, 1991) ou en investigacións das ideas previas dos estudantes (Ruíz et al., 1991).

Na figura 1 vese un mapa conceptual construído por un estudante de 8º de E.X.B. sobre corrente eléctrica.

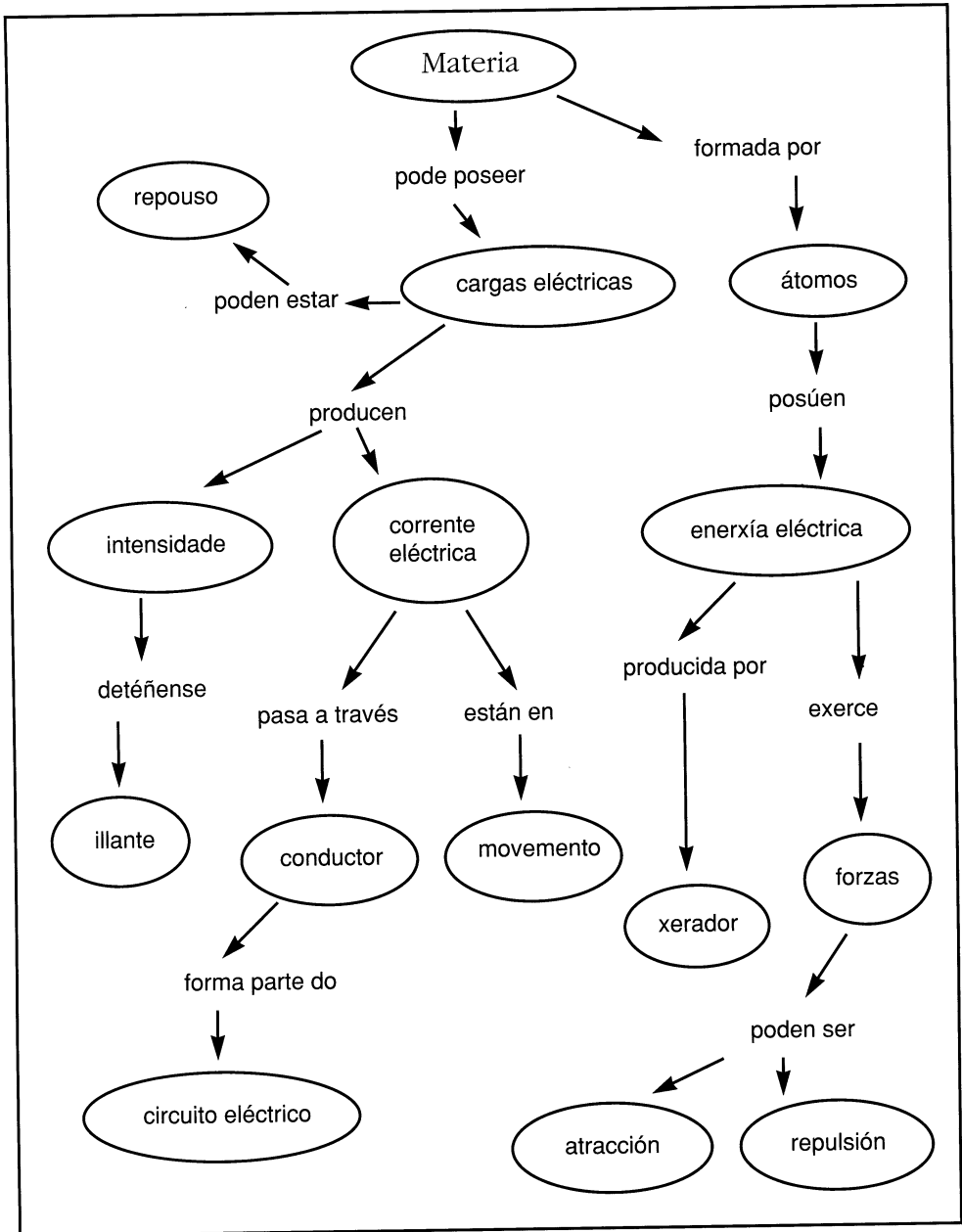


Figura 1. Mapa conceptual elaborado por un alumno de 8º de E.X.B. sobre o tema de Corrente Eléctrica.

#### 4. ELECTRICIDADE NO SISTEMA EDUCATIVO

A reforma, en canto se refire a desenvolvemento do currículo, pretende englobar ou ter en conta criterios de tipo epistemolóxico (evolución científica e lóxica interna da disciplina), de tipo pedagóxico (práctica educativa, tipo de suxeito e finalidade da educación), de tipo sociocultural (organización social, desenvolvemento tecnolóxico, valores sociais) e de tipo psicolóxico (proceso de aprendizaxe, características dos suxeitos). Por iso se marcan tres niveis de concreción do devandito currículo (DCB 1989):

- . Primeiro Nivel: Chamado Deseño Curricular Base (DCB), que ven prescrito dende as administracións educativas (Ministerio e Comunidades Autónomas con competencias educativas).

- . Segundo Nivel: Proxecto Curricular de Centro, que é competencia do propio centro educativo; de forma específica, dos diferentes Departamentos ou Seminarios correspondentes. Trátase de adapta-los diferentes DCB ás situacións particulares de cada centro.

- . Terceiro Nivel: Programacións de aula, que son competencia do profesor, como un conxunto de unidades didácticas desenvolvidas de forma total, que teñen a súa base nos Proxectos Curriculares de Centro.

Unha vez vistas as liñas básicas da Reforma que se está escomenzando a implantar no noso país, conven salientar que nos deseños curriculares base, tanto do MEC coma das Comunidades Autónomas, aparecen no desenvolvemento

do currículo numerosos mapas conceptuais como sintetizadores e orientadores para a devandita análise.

No Deseño Curricular Base de Galicia, dentro da área de Ciencias da Natureza (Rodríguez Rogina et al., 1989), propónse o bloque 10 sobre electricidade e magnetismo. Parece importante subliña-los contidos propostos no mesmo:

- . Electricidade.

- . Interacción entre corpos cargados en repouso: lei de Coulomb.

- . Interacción entre corpos cargados en movemento:

- Desprazamento de electróns a través de corpos conductores.

- Corrente continua.

- Lei de Ohm.

- . Magnetismo.

- . Producción de campos magnéticos a partir de corrente eléctrica (experiencia de Oersted).

- . Obtención de corrente eléctrica a partir de campos magnéticos: Inducción electromagnética (experiencia de Faraday).

- . Enerxía eléctrica.

- . Xeradores de corrente: dinamos.

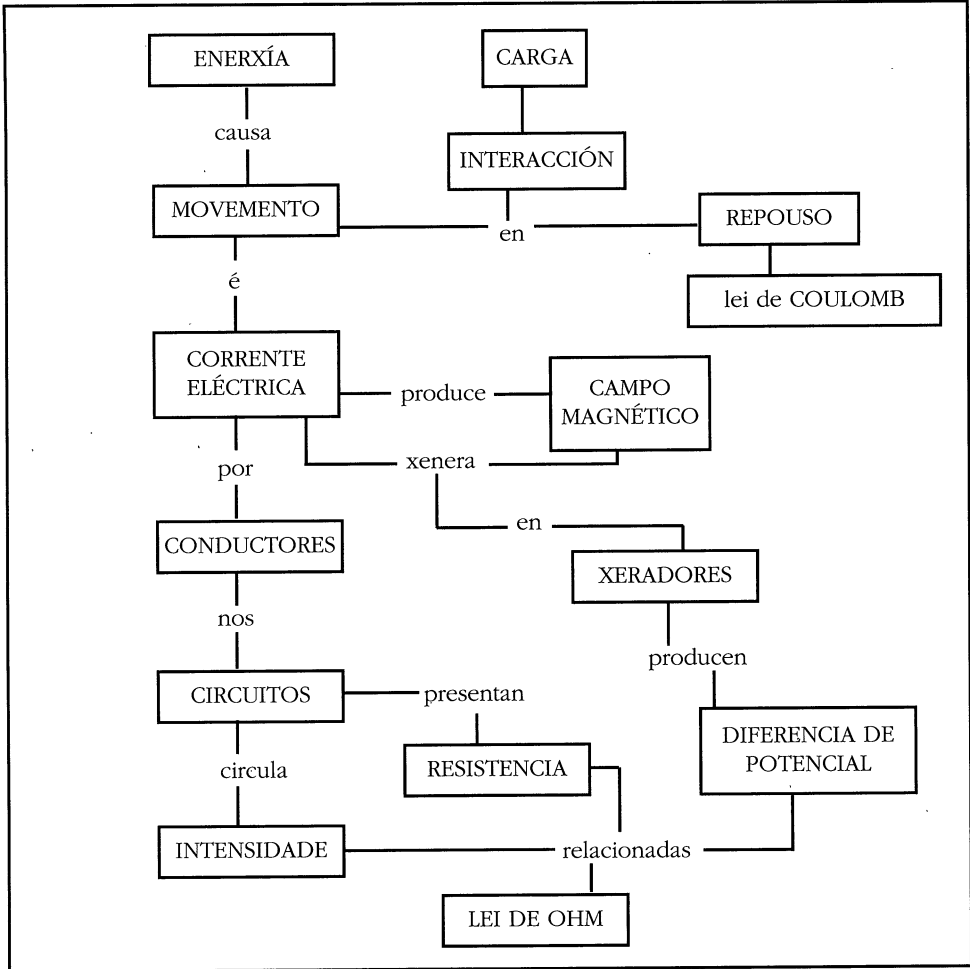


Figura 2. Mapa conceptual sobre o desenvolvemento curricular da electricidade no D.C.B. de Galicia.

Como se pode comprobar na figura 2, tanto a electricidade coma o magnetismo preséntanse ó alumno como unha interacción das cargas eléctricas no espazo. Trata de diferenciar a interacción entre cargas en repouso da interacción con cargas en movemento, causa de forzas de atracción ou repulsión no primeiro caso, e

de corrente eléctrica no segundo. Sinálase o efecto magnético da corrente eléctrica, así como a produción de corrente eléctrica por medio de campos magnéticos.

## 5. AVALIACIÓN DO NIVEL DE COÑECEMENTOS DO ALUMNADO

A continuación vemos como se empregan as redes e os mapas de conceptos para a avaliación do que o alumnado coñece sobre o tema.

Entre os instrumentos de avaliación salientamos:

- As *entrevistas clínicas*, empregadas por Piaget (Inhelder e Piaget, 1955) e Novak (Novak e Gowin, 1984).

Novak emprega a técnica da entrevista como instrumento de avaliación, coa que determina-las ideas previas dos estudantes con respecto a unha temática determinada. Este autor diferencia as súas entrevistas, que usan preguntas e tarefas flexibles, das empregadas por Piaget, as cales usan tarefas e preguntas estandarizadas.

Para avalia-las entrevistas débense establecer categorías de coñecemento, a base de clasifica-las respostas duns cantos alumnos entre as concepcións erróneas e verdadeiras que existan. O sistema de categorías mellorase entrevistando a estudantes que se diferencien, con amplitude, en idade e/ou capacidade. Poden establecerse categorías evolutivas ou de razoamento. Tamén se poden empregar mapas conceptuais cos que avalialas. Se as entrevistas foron deseñadas segundo o mapa conceptual patrón preparado polo entrevistador, pódense preparar mapas cognitivos dos estudantes e comparar. Isto presenta problemas de subxectividade á hora de avaliar e ignóranse maneiras imprevistas de considera-lo mesmo tema. Outro método reflectido por Novak (Novak e Gowin 1984) é o que chama "análise proposicio-

nal de conceptos", baseado na noción psicolóxica de que o significado que ten calquera concepto para un alumno pódese manifestar mediante o conxunto de proposicións que elabore o estudante incorporando o devandito concepto. Para iso habería que identificar, a partir da entrevista, os enunciados proposicionais que formula cada estudante.

- *Técnicas de avaliación de lápiz e papel*, as cales requiren dos estudantes o escribir unha serie de proposicións ou contestar unha serie de cuestións, etc.

Existen ademáis outras técnicas, non tan clásicas, de avaliación de coñecementos, como son o etiquetado de liñas nos mapas conceptuais (Stewart, 1980) que consiste en entregar ó alumnado unhas etiquetas con nomes de conceptos e estes deben colocalos e relacionalos mediante liñas, ou a elaboración de mapas conceptuais.

Centraremos-la nosa atención na avaliación da estrutura cognitiva de grupos de alumnos nun dominio da física. Existen numerosas técnicas para explicita-la estrutura cognitiva dos alumnos, ademáis da entrevista tipo Novak xa citada, entre as que destacan a elaboración de mapas conceptuais e as árbores ou diagramas conceptuais.

Existen diferentes estratexias de elaboración de mapas conceptuais empregando técnicas como a da entrevista clínica (Novak e Gowin, 1984), técnicas de asociación de palabras (Kempa e Nichols, 1983), construción de árbores conceptuais (Mattews et al., 1984) (Novak e Gowin).

Outros autores empregaron algunha destas técnicas na investigación das

ideas previas dos estudantes no eido da electricidade (Ruiz et al., 1991), mediante cuestionarios de preguntas de resposta aberta, test de elección de palabras e árbores conceptuais.

Outra forma de obter árbores ou diagramas conceptuais é o empregado por Matthews (Matthews et al., 1984). consiste en darlles ós alumnos unha lista de conceptos que eles teñen que relacionar dous a dous. En primeiro lugar atoparán a parella de conceptos que crean máis similares, ou máis relacionados, uníndoos cun enlace e numerando o mesmo cun "1". Repetirán este proceso con outros dous pero agora colocánlle un "2". Así sucesivamente cos que quedan, aumentando cada vez o número nunha unidade. O final aparecerán emparellados tódolos conceptos da lista cada un cunha etiqueta numérica.

Os diagramas así construídos son tratados en forma de semimatriz chamada "semimatriz de proximidade", onde cada elemento se representa cun número que é a distancia numérica do concepto que representa na fila ó concepto que representa na columna. Cando o concepto fila e o concepto columna non están enlazados directamente, súmanse os números dos enlaces intermedios que os unen. Os elementos da semimatriz son recalculados restando o maior de todos o elemento en cuestión e dividindo tódolos elementos polo maior, quedando tódolos elementos da semimatriz cun valor que se atopa entre 0 e 1. A proximidade ó 1 enténdese como unha relación maior. Isto faise con tódolos diagramas construídos polos estudantes e acadase a semimatriz do grupo sumando as individuais e dividindo os seus elementos polo número de matrices. Ó final represéntase a árbore debuxando liñas de enlace de diferente textura, segundo o valor da relación entre os conceptos na semimatriz.

Pódese empregar outra técnica de representación usada por varios autores (Matthew et al., 1984) (Ruiz et al., 1991) a cal consiste na construción de diagramas bidimensionais a partir da "semimatriz de aproximación" descrita antes. Representáanse os datos nun diagrama bidimensional mediante un conveniente tratamento estatístico, con axuda do ordenador.

### 5.1 Test de asociación de palabras

En primeiro lugar fíxose un test de asociación de palabras, que se lle pasou a 54 alumnos de 8º de EXB do C.P. "Virxe da Saleta" en San Cristovo de Cea (Ourense). Preséntaselle ó alumnado unha lista de conceptos sobre electricidade. Pídeselles ós alumnos que asocien ou relacionen cada concepto con outros tres desa lista, dándolles opción a que deixen algún en branco se non atopan ningunha relación. Nunha liña, a dereita de cada elección, propónselles que aclaren o tipo de relación ou ben que expliquen a elección feita. Con isto preténdese que a relación non sexa froito da casualidade. Rexéitanse as asociacións que non explican a relación.

Efectúase unha mostraxe destinada a sabe-lo número de veces que cada concepto é asociado co resto, representándose en forma de matriz con tantas filas e columnas como conceptos se presenta. Cada concepto relaciónase con outro, e viceversa, de tal xeito que se aparece na matriz o concepto A relacionado co B, tamén existirá o concepto B relacionado co A. O número de relacións recíprocas non ten por que ser igual. Súmanse as relacións recíprocas, co cal se obtén unha semimatriz representativa das asociacións atopadas nos test de asociación. Co fin de normaliza-los valores obtidos, para debuxa-lo ma-

pa conceptual do grupo sacado deses resultados, divídense tódolos valores entre o maior, quedando a semimatriz resultante con valores entre 0 e 1. A semimatriz normalizada do grupo experimental represéntase na táboa I.

Ó chegar a este punto, só resta representa-la rede ou mapas de conceptos do grupo de alumnos, a base de tomar aquelas relacións que posúan unha intensidade de relación que supere un valor umbral determinado. Considéranse varios niveis de intensidades de relación, elixidos

en función da mostra estatística. Representáanse os niveis con enlaces entre conceptos de diferentes grosos, segundo o grao de relación.

Este método é bastante subxectivo, debido a que se poden fixa-los niveis das intensidades de relación e a que non existe un só mapa grupal, posto que se poden situa-los conceptos no espacio de diferentes maneiras. Nembargantes hai que salienta que se trata dun método de aproximación á estrutura conceptual dun grupo de alumnos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	*	0.29	0.09	0.22	0.56	0.43	0.13	0.75	0.11	0.13	0.15	0.54	0.20	0.27
B		*	0.75	0.36	0.47	0.11	0.13	0.25	0.36	0.36	0.15	0.11	0.15	0.18
C			*	0.11	0.11	0.11	0.04	0.13	0.29	0.63	0.34	0.25	0.09	0.11
D				*	0.52	0.13	0.72	0.29	1.00	0.25	0.09	0.88	0.13	0.06
E					*	0.63	0.27	0.95	0.56	0.18	0.25	0.36	0.20	0.06
F						*	0.04	0.31	0.06	0.04	0.15	0.11	0.04	0.15
G							*	0.13	0.40	0.06	0.04	0.13	0.13	0.38
H								*	0.27	0.13	0.06	0.84	0.13	0.15
I									*	0.22	0.06	0.75	0.34	0.29
J										*	0.22	0.20	0.18	0.04
K											*	0.15	0.20	0.13
L												*	0.25	0.04
M													*	0.47
N														*

Táboa I. Semimatriz normalizada (matriz de proximidade) de resultados do test de asociación.



Na figura 3 represétase un dos posibles mapas do grupo obtidos da análise dos 54 test de asociación de palabras, realizados polos alumnos, onde aparecen explicitadas

as relacións entre conceptos por medio de enlaces de diferentes grosores segundo a escala que aparece na mesma figura.

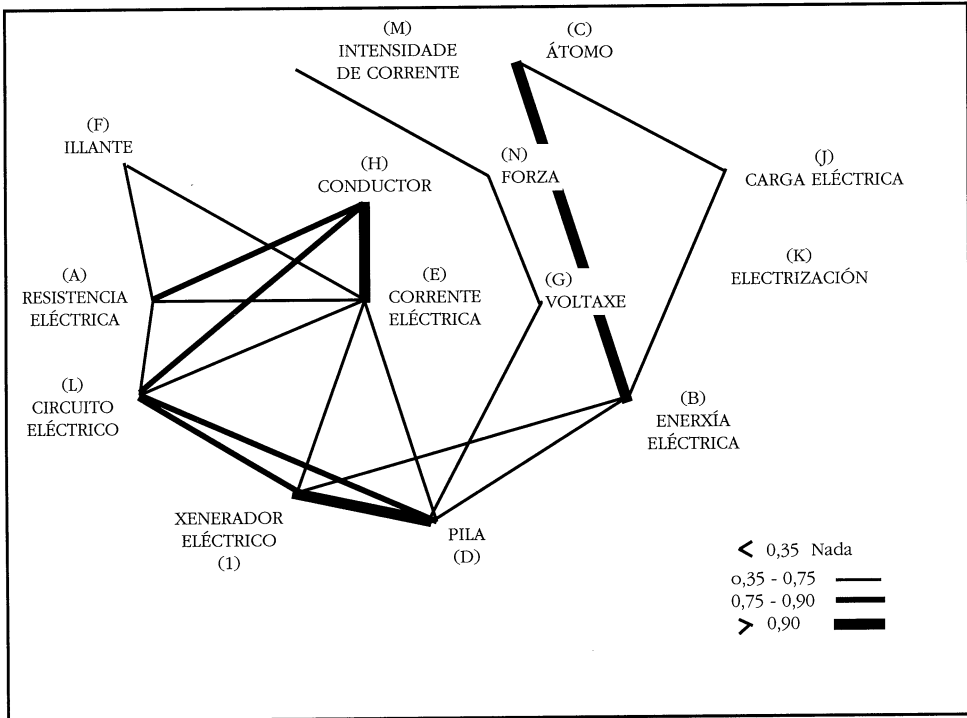


Figura 3. Mapa conceptual obtido a a partir da semimatriz de aproximación.

Pola figura, poden comprobarse carencias conceptuais graves no grupo. Podemos salientar algunhas das máis importantes:

- Non existe relación ningunha entre carga eléctrica e corrente eléctrica.

- Non existe relación entre corrente e intensidade, nin entre intensidade e resistencia.

- A única relación da intensidade é coa forza, co que se pon de manifesto a confusión entre estes dous conceptos.

- Existe unha relación máis intensa entre enerxía eléctrica e átomo ca entre enerxía eléctrica e xerador ou pila.

- Asocian circuito eléctrico con xerador e, nembargantes, existe unha pobre relación entre circuito e corrente eléctrica.

En xeral pódese afirmar, que a pesar da subxectividade do esquema conceptual, que os alumnos non relacionan a estrutura da materia coa corrente eléctrica, así como que existe unha dificultade conceptual á hora de diferenciar magnitudes eléctricas como voltaxe ou intensidade. De todo isto conclúese que non existe, no grupo analizado, un modelo de corrente eléctrica xeneralizado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aikins, J.S. (1983): "Prototypical Knowledge for Expert-Systems", *Artificial Intelligence*, 20, pp. 163-210.
- Ausubel, D., Novak, J.D. e Hanesian, H. (1976): *Psicología educativa: Un punto de vista cognitivo*, Trillas, Méjico.
- Castillo, E. e Alvarez, E. (1989): *Sistemas expertos: Aprendizaje e incertidumbre*, Paraninfo, Madrid.
- Chomsky, N. (1957): *Syntactic Structures*, La Haya, Mouton (trad. ó castelán, 1984, *Estructuras Sintácticas*, Siglo XX, Madrid).
- De Vega, M. (1982): "La metáfora del ordenador: implicaciones y límites". (En Delclaux, I. e Seoane, J. Eds.: *Psicología cognitiva y procesamiento de la información*, Pirámide, Madrid).
- Dutton, P.E. (1977): "Design opportunities in School Science", *School Science Review*. 89, nº 207, pp. 251-257.
- Gagne, R.M. (1977): *The conditions of learning*, Hott, Rinehart and Winston, New York, 3ª Edición.
- Haton, J.P. e Haton, M.Ch. (1989): *L'intelligence artificielle*, Presses Universitaires de France, París. (Trad. Ucha, I.P., 1991, *La inteligencia artificial. Una aproximación*, Paidós, Barcelona).
- Inhelder, B. e Piaget, J. (1955): *De la logique de l'enfant á la logique de l'adolescent. Essai sur la construction des structures opératoires formelles*, París, Puf. (Trad. Cevasco, M.T., 1972, *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*, Paidós, Buenos Aires).
- Kempa, R.F. (1991): "Students' Learning Difficulties in Science. Causes and Possible Remedies", *Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), pp. 119-128.
- Kempa, R.F. e Nicholls, C.E. (1983): "Problem-solving ability and cognitive structure-an exploratory investigation", *European Journal of Science Education*, 5(2), pp. 171-184.
- Mattehws, G.P., Brook, V.G. e Khan-Gandapur, T.H. (1984): "Cognitive structure determinations as a tool in science teaching". Part 1: A new method of creating concept maps, *European Journal of Science Education*, 6(2), pp. 169-177.
- Mayer, R.E. (1981): *The Promise of Cognitive Psychology*, W.H. Freeman & Company. (Trad. Maldonado, A., 1985, *El futuro de la psicología cognitiva*, Alianza, Madrid).
- Mira, J. (1991): "Representación Computacional del Conocimiento", *Curso de Introducción a la Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos* (Tema 3), UNED, Madrid.

Moreira, H. (1985): "Concept Mapping: An Alternative Strategy for Evaluation", *Assessment and Evaluation in Higher Education*, Vol. 10 nº2, pp. 159-168.

Newell, A., Shaw, J.C. e Simons, H.A. (1958): "Elements of a theory of human problem solving", *Psychological Review*, 65, pp. 151-166.

Newell, A. e Simons, H.A. (1972): *Human problem solving*, Prentice Hall: Englewood Cliffs.

Novak, J.D. (1977): *A Theory of Education*, Cornell University Press, (Traducción 1982. *Teoría y Práctica de la Educación*, Alianza Editorial, Madrid).

Novak, J.D. (1988): "Constructivismo humano: un consenso emergente", *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 213-223.

Novak, J.D. e Gowin, D.B. (1984): *Learning how to learn*, Cambridge University Press, (Trad. Campanario, J.M. e Campanario, E., 1988, *Aprendiendo a aprender*, Eds., Mtez. Roca, Barcelona.

Perales, F.J. (1990): "Las representaciones simbólicas del conocimiento y su aplicación en la enseñanza de las ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), pp. 79-82.

Piaget, J. (1954): *The construction of reality in the child*. Basic Books, New York, (Orixinal francés de 1937: *La construction du réel chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux el Niestle, trad. castelán de 1965: *La construcción de lo real en el niño*, Proteo, Buenos Aires).

Pozo, J.I. (1989): *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Eds. Morata S.A. Madrid.

Rodríguez Rogina, A. et al. (1989): *Deseño Curricular de Ciencias da Natureza. Secundaria Obrigatoria*, Consellería de Educación e Ordenación Universitaria, Xunta de Galicia, Santiago.

Ruiz, A., Rosado, L. e Oliva, J.M<sup>º</sup> (1991): "Investigación de las ideas de los alumnos de enseñanza secundaria sobre la corriente eléctrica", *Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), pp. 155-162.

Rumelhart, D.E. (1984): "Schemata and the cognitive system. (en Wyer, R.S. e Skroll, *Handbook of social cognition*, Vol. 1, Hillsdale, N.J., Erlbaum).

Schank, R.C. e Abelson, R.P. (1977): *Scripts, Plans, Goals and Understanding. An Inquiry Into Human Knowledge Structures*, Hillsdale, N.J., Erlbaum.

Searle, J.R. (1990): "¿Es la mente un programa informático?" *Investigación y Ciencia*, nº 162, pp. 10-16, Barcelona.

Stewart, J. (1989): "Techniques for Assessing and Representing Information in Cognitive Structure", *Science Education*, 64(2), pp. 223-235.

Stewart, J. e Van Kirk, J. (1981): "Content analysis in Science Education", *European Journal of Science Education*, 3(2), pp. 171-182.