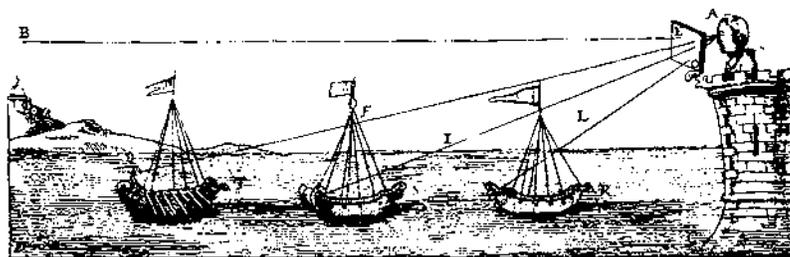


INVESTIGACION



Y EXPERIENCIAS DIDACTICAS

CONSTRUCTIVISMO HUMANO: UN CONSENSO EMERGENTE

NOVACK, J.D.
Cornell University.

Ponencia presentada en el Segundo Seminario Internacional sobre Errores Conceptuales y Estrategias Educativas en la Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas. Ithaca, NY: 27 de Julio de 1987.
(Versión castellana de Joaquín Martínez Torregrosa)

SUMMARY

This paper describes a view of learning that can be called *human constructivism*. It is argued that it is important to link a viable theory of human cognitive learning with contemporary ideas in epistemology.

INTRODUCCIÓN

«Constructivismo» se está convirtiendo en una palabra de uso común entre psicólogos, filósofos y educadores. Dependiendo de la orientación de quien la usa, la palabra se refiere, en alguna forma, a la idea de que tanto los individuos como los grupos de individuos construyen ideas sobre cómo funciona el mundo. Se admite también que los individuos varían ampliamente

en el modo en que extraen significado del mundo y que tanto las concepciones individuales como las colectivas sobre el mundo cambian con el tiempo. El constructivismo se presenta como opuesto al positivismo, positivismo lógico o empirismo que sostiene que el conocimiento «verdadero» es universal y permanece en una especie de correspondencia uno-a-uno con el mo-

do en que el mundo realmente funciona. La meta del saber es descubrir *este* verdadero conocimiento. En este artículo examinaré los enfoques desarrollados durante años por nuestro equipo de investigación (y otros colegas) para estudiar y describir una concepción del aprendizaje y del saber que llamaré *constructivismo humano*. Argumentaré que es importante asociar una teoría viable del aprendizaje cognoscitivo humano con las ideas actuales sobre epistemología. Empezaré con consideraciones sobre cómo aprenden los humanos.

APRENDIZAJE HUMANO

La concepción dominante del aprendizaje durante, prácticamente, tres cuartos de siglo ha sido que un estímulo (E) procedente del medio produce una respuesta (R) por parte del organismo, y que por repetición se formaba un enlace E-R tal que un E determinado llevaba casi inevitablemente asociada una respuesta determinada, R. Aunque esta teoría asociacionista o conductista (behaviorista) del aprendizaje, basada en gran parte en experimentación de laboratorio con animales, nunca alcanzó popularidad en buena parte del mundo, en Norteamérica las concepciones asociacionistas no solamente fueron populares, sino que la mayoría de las «teorías» alternativas del aprendizaje fueron evitadas o ridiculizadas. La naturaleza prescriptiva rígida de la psicología asociacionista era consistente con y apoyada por las ampliamente mantenidas concepciones positivistas o empiristas de la naturaleza del conocimiento y la investigación hechas populares por Francis Bacon en 1620 y más tarde por Karl Pearson (1900) y un grupo de filósofos de la «Escuela de Viena». Los filósofos/epistemólogos de vanguardia de los primeros años del siglo veinte trabajaron para establecer la hegemonía del positivismo hacia la década de los años treinta y cuarenta. El *Comportamiento del Organismo* de B.F. Skinner publicado en 1938 fue el compendio de una unión de la psicología asociacionista con la epistemología positivista en una alianza que virtualmente eclipsó otras psicologías del aprendizaje en Norteamérica. La hegemonía de las ideas asociacionistas dominaron la psicología y la enseñanza hasta los 70. El fracaso de estas ideas para describir y predecir cómo producen conocimientos los escolares y cómo aprenden los humanos permitió que salieran a la luz nuevas concepciones sobre el conocimiento, como la construcción de «paradigmas» (Kuhn, 1962) y las poblaciones evolutivas de conceptos (Toulmin, 1972). En psicología, las corrientes *cognoscitivas* empezaron a tomar auge y empezó a dominar el interés por los significados del conocimiento en los distintos individuos.

Mis propios estudios sobre el aprendizaje empezaron en 1955 con un esfuerzo por comprender los parámetros que influyen en la capacidad para resolver problemas en el contexto de un curso de Botánica en el «college» (Novak, 1957). Traté, rechazando las teorías do-

minantes asociacionistas de los años 50, de diseñar mi investigación y un test sobre capacidad para resolver problemas (Novak, 1961) sobre la base del modelo cibernético (Wiener, 1948, 1954) del aprendizaje y de una concepción epistemológica de «esquemas conceptuales» evolutivos, introducida por Conant en su libro *Sobre la Comprensión de la Ciencia* (1947). Este modelo de aprendizaje consideraba la mente como una unidad de procesado de información en la cual el almacenamiento de conocimientos y el procesado de información (conocimientos) eran componentes separados, siendo el último relativamente estable en el tiempo, mientras que el almacenamiento de conocimiento variaba con la aportación de nuevas informaciones y «retroalimentación». La dificultad que tuvo el modelo cibernético para mí fue que los datos de mi Tesis Doctoral y los de investigaciones subsiguientes apuntaban en una dirección que sugería que la capacidad para procesar información y el ritmo de adquisición de nueva información era altamente dependiente de los conocimientos relevantes almacenados anteriormente y del contexto del problema o de la tarea de aprendizaje (ver Novak, 1977a capítulo 8). Cuando se publicó *Psicología del aprendizaje verbal significativo* de Ausubel en 1963, vimos inmediatamente una mayor coherencia entre nuestros resultados y su teoría de asimilación del aprendizaje humano. Una década más fue necesaria, no obstante, para que nuestro grupo de investigación se encontrara confortable con la teoría de Ausubel y subsiguientemente para modificar y extender la teoría en nuestro trabajo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978). Durante esta década también nos separamos de las pruebas basadas predominantemente en tareas de lápiz y papel, adaptando las técnicas de entrevistas clínicas de Piaget (Pines et al, 1978).

La contribución principal de la teoría de Ausubel fue su énfasis en la potencia del aprendizaje significativo, en contraste con el aprendizaje por repetición, y la claridad con que describía el papel que juegan los conocimientos previos en la adquisición de nuevos conocimientos. En el epígrafe a las ediciones de 1968 y 1978 de *Psicología Educativa: Un Punto de Vista Cognoscitivo* Ausubel planteaba:

«Si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: El factor particular que más influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñesele en consecuencia».

Ausubel no fue el primero en resaltar la importancia de los conocimientos previos para el nuevo aprendizaje. La teoría de la memoria de Bartlett (1932) mantenía que los «esquemas» influyen en la percepción y recuerdo de la información, en un modo muy similar a como se concibe que operan los esquemas en las visiones contemporáneas de la «ciencia cognoscitiva» del aprendizaje y la retención (ver, por ejemplo, Estes, 1978). Por el contrario, la teoría de la asimilación pone un énfasis central en los procesos cognoscitivos in-

volucrados en la adquisición de conocimientos y en el papel que los conceptos (*) explícitos y las estructuras proposicionales juegan en la adquisición. La «psicología de los constructos personales» de Kelly (1955) también resaltaba el papel del aprendizaje previo para el nuevo aprendizaje, pero no con un énfasis en los conceptos específicos y estructuras proposicionales. Kelly concebía que el acontecimiento previo daba lugar a un «entramado» de rasgos genéricos o «constructos personales» que influyen en cómo una persona pensará o responderá a una nueva experiencia. También fue el énfasis de Ausubel en el aprendizaje escolar lo que hizo su teoría útil para nosotros. En su *Psicología del aprendizaje verbal significativo* Ausubel desarrolló en primer lugar su teoría de la asimilación del aprendizaje cognoscitivo mostrando cómo el aprendizaje escolar podía hacerse significativo y que la instrucción por transmisión o aprendizaje por recepción no tenía por qué ser repetitiva. La entonces popular idea de que el aprendizaje *por descubrimiento*, donde el que aprende reconoce independientemente las regularidades o conceptos que se deben aprender como una alternativa viable, fue rechazada y, en lugar de ello, mostró que la enseñanza por transmisión verbal (recepción) podía conducir a un aprendizaje significativo. Su idea de un «organizador previo» que podía servir como una especie de puente cognoscitivo entre los nuevos conocimientos que se tenían que aprender y los conceptos y proposiciones relevantes ya existentes en la estructura cognoscitiva del que aprende fue una de las ideas de Ausubel más investigadas, donde la mayor parte de los estudios mostraron que los organizadores de avance no facilitaban el aprendizaje si no se aplicaban los principios del aprendizaje significativo o la evaluación no comprobaba el aprendizaje significativo (Ausubel, 1980). La idea piagetiana de «etapas» generales ligadas a la edad de desarrollo cognoscitivo que limitan el nuevo aprendizaje ha sido rechazada por nuestro grupo en favor de la idea de que la cantidad y calidad de conceptos relevantes y estructuras proposicionales constituyen el factor primario limitante para el nuevo aprendizaje o la resolución de problemas, y que éstos están primariamente ligados con la edad de un modo experiencial en vez de un modo evolutivo, después de los cuatro años de edad aproximadamente (Novak, 1977b; 1982).

Un problema constante para profesores e investigadores que sostienen que el conocimiento previo es una variable importante para el nuevo aprendizaje ha sido cómo «evaluar lo que el alumno ya sabe». Se han probado varios test de lápiz y papel, pero el consenso general es que éstas son medidas comparativamente toscas del aprendizaje previo, que explica quizás solamente un diez por ciento de la varianza del conocimiento funcional total de que dispone un individuo. Las entrevistas clínicas se han revelado como indicadores mucho más fiables de la calidad y cantidad de conocimientos relevantes que un aprendiz posee, pero las transcrip-

ciones de entrevistas son notoriamente laboriosas y difíciles de interpretar. Más aún, la entrevista no es una herramienta de evaluación que los profesores pueden usar en las evaluaciones ordinarias en la clase.

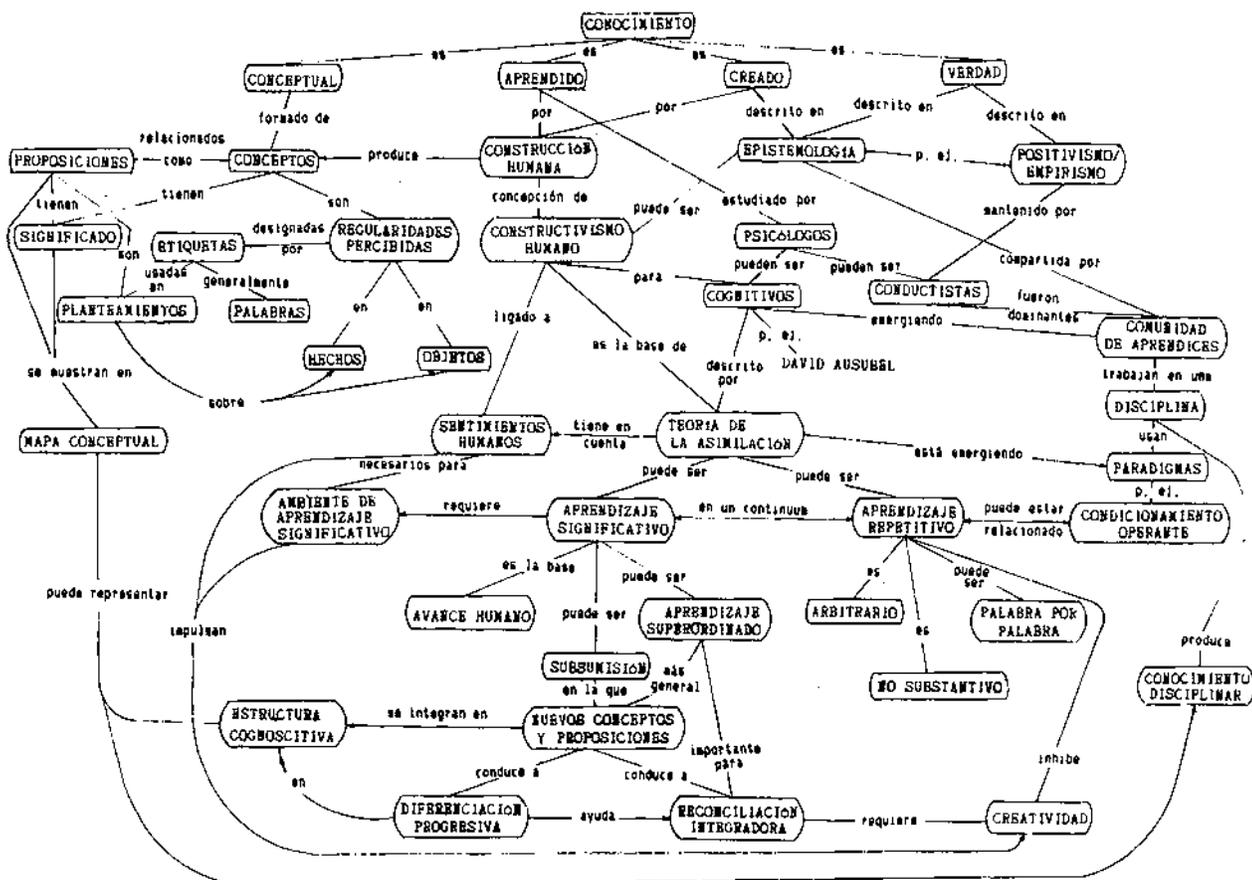
Un avance significativo en nuestro trabajo ocurrió cuando inventamos y refinamos la técnica del «mapa conceptual» como herramienta para representar las estructuras conceptuales/proposicionales obtenidas a partir de entrevistas clínicas o construidas por los alumnos en nuestros estudios. Subsiguientemente, los mapas conceptuales se mostraron como una herramienta útil para planificar la instrucción y para ayudar a los estudiantes a «aprender cómo aprender» (Cardemone, 1975; Bogden, 1977; Stewart et al, 1979; Gurley, 1982; Novak, Gowin y Johansen, 1983; Novak y Gowin, 1984; Hoz, 1987; Hoz, Kozminsky y Bowman, 1987). Un mapa conceptual utilizado para planificar este artículo se muestra en la figura 1. Dos ejemplos de mapas conceptuales obtenidos de las entrevistas a Phil se muestran en la figura 2, representando la comprensión de este estudiante de la naturaleza corpuscular de la materia en grado 2 y, diez años más tarde, en grado 12.

Los mapas conceptuales sirven como una herramienta útil para ilustrar ideas clave en la teoría de la asimilación. La adquisición de nuevos conocimientos puede variar a lo largo de un continuo desde el aprendizaje por repetición hasta el aprendizaje altamente significativo (ver figura 3). La mayor parte del aprendizaje escolar es relativamente memorístico, arbitrario y no sustantivo, y esto se ilustra en la figura 2. Nuestro sujeto (Phil) aprendió cosas sobre moléculas en los grados uno y dos (mediante lecciones audio-tuteladas especialmente diseñadas) y más tarde aprendió cosas sobre átomos, pero sus conceptos de moléculas y átomo nunca fueron adecuadamente asimilados. Como resultado, en el grado 12, Phil creía que las moléculas están hechas de átomos pero erróneamente pensaba que los gases están hechos sólo de átomos. Puede verse también la persistencia de la idea (error conceptual) de que las moléculas del olor o las moléculas de azúcar se disuelven *dentro de* las moléculas de agua y por tanto se mueven con las moléculas de agua. En casos extremos de aprendizaje por repetición, observamos que los estudiantes pueden dar una definición correcta, palabra por palabra, de un concepto, pero no pueden relacionarlos sustantivamente con otros conceptos en su mapa conceptual. Esto se ve con frecuencia en la instrucción escolar cuando los mapas conceptuales se usan como una herramienta de evaluación, especialmente después de una unidad corta de estudio. La mayor parte de la información aprendida por repetición es olvidada después de tres a seis semanas, a menos que esté muy repetida o «sobrepensada» en cuyo caso puede ser recordada años después pero no puede conectarse con otro conocimiento relevante que tenga la persona.

Dos ideas adicionales clave en la teoría de la asimilación son la diferenciación progresiva y la reconcilia-

figura 1

Un mapa conceptual representando los conceptos y proposiciones claves presentadas en este artículo.



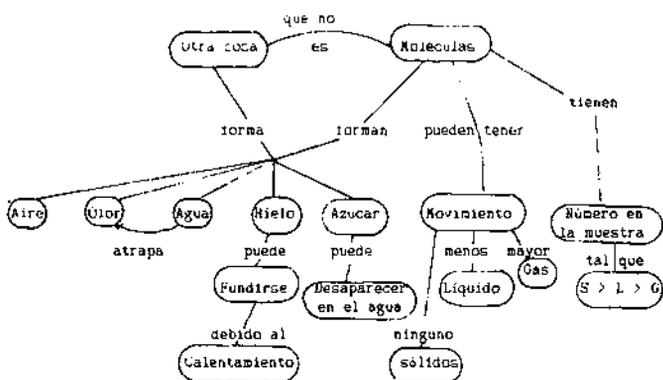
ción integrada. Como los nuevos conceptos están ligados de un modo no arbitrario a la estructura cognoscitiva de un individuo (representada, por ejemplo, en un mapa conceptual), la diferenciación progresiva tiene que ocurrir. En nuestro ejemplo, la asimilación del concepto de átomo condujo a alguna diferenciación en la estructura cognoscitiva de Phil. Reconocer que diferentes átomos forman diferentes elementos también puso de manifiesto diferenciación cognoscitiva. La reconciliación integradora sucede cuando conjuntos de conceptos se perciben formando nuevas relaciones. Phil «cambió su modo de pensar» sobre la composición de la materia pero falló en reconciliar integradamente cómo los gases (o cualquier cosa) pueden estar formados por moléculas y los átomos que las componen. También falló en reconciliar el concepto de que las moléculas pueden moverse independientemente en un fluido y que las moléculas de olor o azúcar no son absorbidas dentro de las moléculas de agua. Parte de la di-

ficultad de aprendizaje de Phil provino de que no adquirió un concepto supraordenado válido de la naturaleza corpuscular de la materia en el que integrar átomos y moléculas. El aprendizaje supraordenado solamente ocurre en pocas ocasiones, puesto que la subsunción es normalmente posible y suficiente, pero, cuando ocurre, generalmente produce una reconciliación integradora significativa de estructuras de conceptos subordinados, y también una más profunda diferenciación conceptual.

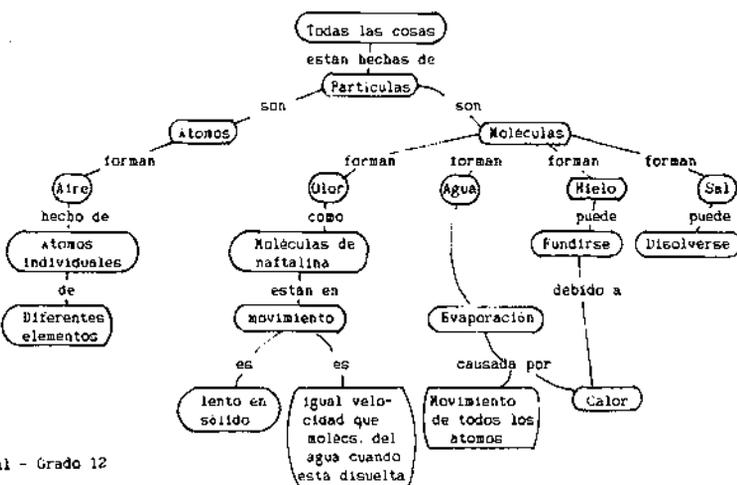
Los mapas conceptuales son una herramienta o un método para ilustrar las estructuras cognitivas o de significado que tienen los individuos y mediante las que perciben y procesan experiencias. Si nuevas experiencias suministran una base para el aprendizaje significativo, se añadirán nuevos conceptos al mapa conceptual de un individuo y/o se harán evidentes nuevas relaciones entre conceptos previos. Con el tiempo, las relaciones conceptuales pueden tomar una nueva organización je-

figura 2

Dos mapas conceptuales obtenidos en entrevistas con un estudiante (Phil) en grado 2 (arriba) y en grado 12 (abajo). Adviértase que después de haber impartido ciencias, biología, física y química en la «junior high school», Phil no ha integrado los conceptos de átomos y moléculas con estados de la materia, ni ha corregido su error conceptual de que las moléculas de azúcar o de aroma están «en» las moléculas de agua.



Phil - Grado 2



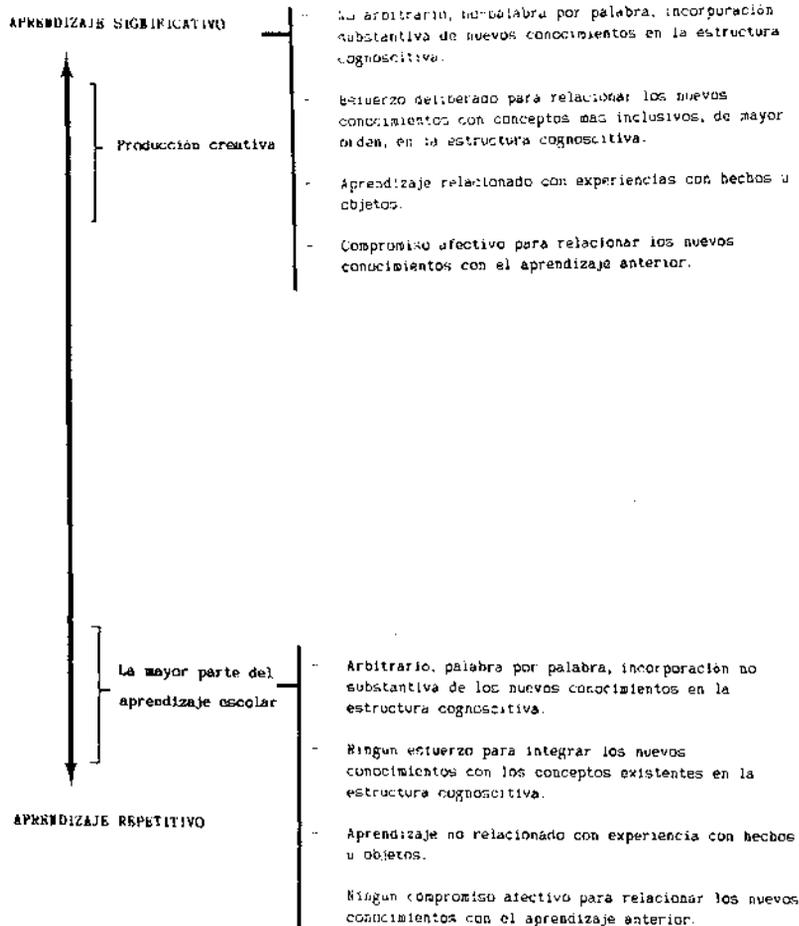
Phil - Grado 12

rárquica, como fue observado, por ejemplo, por Cullen (1984) en un curso de química en el «college» donde el concepto de entropía o bien no se conocía o mantenía una posición subordinada en la estructura cognoscitiva de los estudiantes. Después de la instrucción, usando una guía de estudio especialmente diseñada para resaltar el concepto de entropía, éste se constituyó en un concepto supraordenado en aquellos estudiantes que demostraron la mejor comprensión de los principios de química. Resultados semejantes han sido obtenidos por Hoz (1987), Feldsine (1987) y otros. Los expertos difieren de los novatos en un campo de estudio no solamente en que tienen más conceptos integrados en sus estructuras cognoscitivas sino también en el tipo de jerarquías conceptuales que poseen y la calidad y extensión de los vínculos proposicionales que tienen entre conceptos subordinados y supraordenados. (Véase por ejemplo, Chi, Feltovich y Glaser, 1981; Novak, en prensa). Los mapas conceptuales están mostrando que

son una herramienta útil para identificar y ayudar a «corregir» los errores conceptuales de los estudiantes, como muestran varios artículos presentados en este y en nuestro anterior seminario (Helm y Novak, 1983). Hay un cuerpo creciente de evidencias sobre la neurobiología del funcionamiento del cerebro que sugieren que el nuevo aprendizaje supone no múltiples vínculos neurona/neurona sino que cientos o incluso decenas de miles de vínculos neuronales pueden estar implicados en la adquisición de un sólo nuevo concepto. Aún más, pueden estar implicados un mayor o menor número de axones y dendritas de cada neurona y pueden formarse canales de transmisión o inhibición, de grados variables, sináptica en cada sinápsis. El efecto neto es que el nuevo aprendizaje de un solo concepto, si es incorporado significativamente mediante aprendizaje significativo, podría implicar a muchas neuronas en muchas regiones del cerebro, y los cambios neuronales constructivos pueden continuar por horas o días

figura 3

El continuo aprendizaje significativo/repetitivo según la teoría de la asimilación. En nuestros estudios (y trabajos de otros) vemos que la mayor parte del aprendizaje escolar está cerca del extremo repetitivo del continuo.



después del aprendizaje. Durante el aprendizaje, las neuronas no forman solamente nuevas sinapsis entre ellas y nuevos canales para la secreción de transmisores químicos, sino que también pueden segregarse compuestos que inhiben la transmisión. Esto puede explicar en parte el «shock de aprendizaje» y la interferencia retroactiva, dos fenómenos psicológicos observados en los que el material aprendido previamente no se recuerda quizás hasta un momento posterior en el tiempo. Este efecto de facilitación retrasada, o inhibición de corto plazo, puede ser ilustrado en un mapa conceptual. Cuando un único concepto se añade a un mapa conceptual de un individuo mediante aprendizaje significativo todos los conceptos *relacionados* en la estructura cognoscitiva de esa persona se modificarán con el tiempo en alguna medida. Los mapas dibujados en una fecha posterior a menudo muestran relaciones nuevas o diferentes, y ocasionalmente algunas nuevas «relaciones-transversales» significativas que pueden

presentar una nueva reconciliación integradora de conceptos previos. Las «intuiciones creativas» reflejadas en las biografías de los genios, que ocurren frecuentemente después de días o semanas de intenso estudio, son también evidencia de redes neuronales (y psicológicas) gradualmente cambiantes. Todos los conceptos y proposiciones relacionados, al menos en una pequeña medida, toman nuevos significados. Las implicaciones de los conocimientos actuales en neurobiología respecto a los mapas conceptuales son discutidas más extensamente por MacGinn (1987).

Esperamos ver mayores evidencias a partir de estudios sobre el funcionamiento del cerebro que den, incluso, más apoyo a los mapas conceptuales como indicadores válidos del aprendizaje y que apoyen también su efectividad como una especie de metáfora para relacionar la psicología del aprendizaje humano con la neurobiología del funcionamiento del cerebro humano. Durante mis estudios sabáticos en la Universidad de

West Florida el próximo año, planeo explorar con el Profesor Dunn posibles relaciones entre los modelos de actividad neuronal observados usando exploraciones encefalográficas cerebrales (Dunn, 1987) y modelos de construcción de mapas conceptuales antes y a continuación de actividades cognitivas de aprendizaje. Puede que no resulte nada de esto, pero Dunn cree (comunicación personal) que pueden encontrarse relaciones, en sujetos seleccionados, entre las exploraciones encefalográficas y la producción de mapas conceptuales. Si fuera así, los resultados podrían ser, cuanto menos, provocativos.

CREACIÓN DE CONOCIMIENTOS

Que los humanos aprenden es autoevidente. También es obvio que los humanos construyen nuevos conocimientos, ya que el almacén de conocimientos en cualquier cultura aumenta con el tiempo. Lo que no es evidente son los procesos mediante los cuales los humanos construyen nuevos conocimientos. Cuando la civilización emergió de las Edades Oscuras, el conocimiento sobre el universo y los trabajos de la naturaleza empezaron a extenderse a un ritmo siempre creciente. Las culturas orientales continuaron avanzando y no fueron constreñidas por las Edades Oscuras; no obstante, fue en las culturas occidentales donde fue inventado el experimento científico y la ciencia moderna empezó a florecer. Era, pues, natural que numerosos filósofos/epistemólogos empezaron a escribir sus descripciones sobre cómo los humanos aumentaban este almacén de conocimientos. Para Francis Bacon (1620), Karl Pearson (1900) y muchos otros epistemólogos tempranos, la verdad permanecía esperando en la naturaleza. La tarea del hombre era «descubrir» estas verdades por observación y experimentación cuidadosas. Surgieron eruditos que describieron varias concepciones sobre cómo los secretos de la naturaleza debían ser desenterrados y «la verdad» revelada. Bacon (1620) escribió:

El misterio de la naturaleza está mucho más allá de los sentidos o de la comprensión; de modo que meditaciones especiosas, especulaciones y teorías de los hombres no son sino una especie de insalubridad (p. 107).

Y mucho más tarde, Pearson (1900) escribió:

La ley civil es válida solamente para una comunidad *especial* en un tiempo *especial*; la ley científica es válida para *todos* los seres humanos, y es invariable (p. 87).

El derecho de la ciencia a tratar con impresiones que vayan más allá de los sentidos no es materia de discusión; ya que la ciencia, según se reconoce, no pretende dicho derecho (p. 110).

Con el ritmo acelerado del «descubrimiento científico» en el siglo veinte, muchos filósofos, científicos y matemáticos dirigieron sus talentos intelectuales al estu-

dio de la epistemología, especialmente de la epistemología de la ciencia. Las variedades más populares de epistemología prestaron una cuidadosa atención a pruebas para validar y falsear y a criterios que debían aplicarse. Estos especialistas, conocidos como positivistas, positivistas lógicos o empiristas, pusieron un énfasis central en la «prueba y refutación». El reinado de la epistemología «positivista» fue casi absoluto hasta la mitad del siglo veinte. Uno de los problemas de esta epistemología es que no atrajo mucho el interés de científicos y matemáticos —quizás porque no les ayudaba a hacer lo que estaban haciendo—. Probablemente no fue sorprendente que sobresalientes eruditos/científicos tales como James Conant fueran los primeros en exponer lo que Brown (1979) llamó «la nueva filosofía de la ciencia». Y cuando el discípulo de Conant, Thomas Kuhn, publicó su *Estructura de las Revoluciones Científicas* (1962) los muros del bastión positivista empezaron a derrumbarse. Incluso desde dentro, el reconocido positivista, Karl Popper, se alejó del positivismo y en su libro de 1982 escribió:

Todo el mundo sabe en nuestros días que el positivismo lógico está muerto. Pero nadie parece sospechar que puede haber aquí una cuestión a contestar —la cuestión «¿Quién es responsable?» o, más bien, la cuestión «¿Quién lo ha hecho?»... Me temo que debo admitir responsabilidad (p. 88).

Como Strike (1987) ha advertido, los positivistas no eran tontos y sabían que la comprensión humana se basaba en algo más que en una «lógica del descubrimiento». Lo que todos ellos fallaron en explicar fue cómo los humanos construyen *conceptos* y cómo sus estructuras conceptuales llegan incluso a convertirse en sus «gafas perceptivas» que les permiten ver lo que ven en sus investigaciones y que les guían al construir nuevas investigaciones. La descripción de Kuhn (1972) de los «paradigmas» que guían al científico y la idea de Toulmin (1972) de las «poblaciones evolutivas de conceptos» parecían estar mucho más cerca de la realidad a la que se enfrentan los científicos en su trabajo día a día. Ellos incluso *construyen* nuevos conocimientos, pero éstos no son verdaderos, y *muchos* de los conocimientos cambian *repetidamente* a lo largo de la vida de un científico. Von Glasersfeld (1983) ha argumentado que «el constructivismo radical» no busca una descripción de la «verdad», ni suscribe la idea de que en la investigación se progresa hacia la verdad. El asunto ahora parece centrarse más en cómo favorecer la producción creativa que en cómo hacer más estrictos los criterios de prueba o refutación.

CONSTRUCTIVISMO HUMANO

Mi tesis es que debemos examinar de cerca el vínculo entre la psicología del aprendizaje humano y el conocimiento filosófico. Crear nuevos conocimientos es, por parte del creador, una forma de aprendizaje significa-

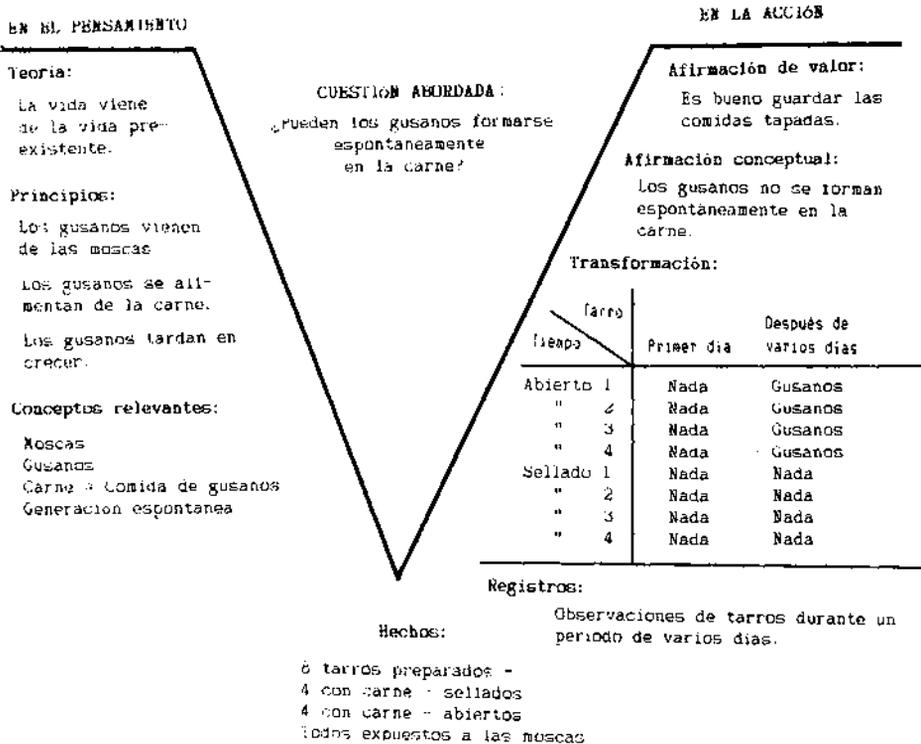
tivo. Ello supone a veces el reconocimiento de nuevas regularidades en hechos u objetos, la invención de nuevos conceptos o la extensión de los viejos, el reconocimiento de nuevas relaciones (proposiciones) entre conceptos y, en los saltos más creativos, la reestructuración importante de estructuras conceptuales para ver nuevas relaciones de orden superior. Estos procesos pueden ser concebidos como parte del proceso del aprendizaje asimilativo, que supone la adición (subsunción) de nuevos conceptos, la diferenciación progresiva de los ya existentes, el aprendizaje supraordenado (en ocasiones) y nuevas e importantes reconciliaciones integradoras entre estructuras conceptuales. La persona creativa es un miembro de una comunidad de personas que aprenden, que, todos ellos, tienen en común muchos significados conceptuales pero cada uno de ellos/as mantiene su propia e idiosincrásica jerarquía conceptual. El/la individuo/a más capaz de añadir a o reestructurar su estructura conceptual es, con el tiempo, reconocida como la más creativa en esa comunidad. Y, a lo largo del tiempo, la población de conceptos y de relaciones entre conceptos sostenida por la comunidad *evoluciona*, según Toulmin (1972), o para el individuo, progresivamente se diferencia y reintegra según la teoría de la asimilación.

Por lo que sabemos, sólo los humanos usan sistemas de lenguaje simbólicos para codificar las regularidades que perciben y por tanto la construcción de nuevos significados y de nuevos conocimientos usando sistemas simbólicos es exclusivamente humano. *El constructivismo humano*, como he tratado de describirlo, es un esfuerzo de integrar la psicología del aprendizaje humano y la epistemología de la construcción de conocimientos. Pongo énfasis en la idea de que tanto en la psicología como en la epistemología debemos centrarnos en el proceso de *fabricación de significado* que supone adquisición o modificación de conceptos y relaciones entre conceptos.

Alguna de las estructuras conceptuales que buscamos desarrollar en nuestros estudiantes tratan de epistemología. Con este fin hemos encontrado valioso el uso de una metodología desarrollada por Gowin (1981). La figura 4 muestra un ejemplo de la metodología V aplicada a una actividad de laboratorio en una escuela media superior. La Uve mostrada tiene diez «elementos epistémicos» claves, aquellos componentes del conocimiento que cuando actúan juntos nos permiten construir o examinar cualquier unidad de conocimiento. Todos son necesarios para comprender la estructura y/o la creación de conocimientos.

figura 4

Un ejemplo de un diagrama en V preparado en una discusión en clase con estudiantes de séptimo grado de biología. El método V puede ayudar a los estudiantes a comprender la naturaleza de «constructo» de los conocimientos y a tomar conciencia de su propia construcción de significados en las actividades de ciencias o matemáticas.



La Uve representa una concepción «constructivista centrada en hechos» del conocimiento (ver Gowin, 1987). Centramos nuestra atención sobre la construcción de conceptos, que hemos definido como regularidades percibidas en hechos u objetos designados por una etiqueta. Puesto que todos los objetos existen en el tiempo y el espacio, es razonable considerar la creación de conocimiento como una búsqueda de regularidades en los hechos, o como con frecuencia es el caso, de regularidades en *registros* de los hechos. Nadie ha observado átomos desintegrándose, pero una cámara de niebla o un contador geiger nos permiten realizar registros de esos hechos, y a partir de estos registros nosotros construimos nuestras *aseveraciones* conceptuales. A menudo, transformamos nuestros registros, usando fotografía, procesos informáticos, tablas, gráficas, etc., y cada una de estas transformaciones es guiada por uno o más principios, incluyendo no sólo principios relativos al hecho que estamos estudiando sino con frecuencia, también, conjuntos completos de principios relativos a los instrumentos que empleamos para hacer o transformar los registros. Es el error o las limitaciones de los últimos lo que comúnmente conduce a interpretaciones o comprensiones erróneas de hechos o registros. Incluso en el mejor de los casos, el *significado* de nuestros registros es siempre interpretado usando nuestros conceptos, principios, teoría y filosofía ya existentes y puesto que éstos son limitados y evolucionan, nosotros sólo podemos hacer *afirmaciones* (no planteamientos verdaderos) sobre cómo creemos que funciona el trozo del mundo que estamos estudiando.

La heurística V también sirve para resaltar el carácter humano y basado en valores del conocimiento y de la producción de conocimientos. El que elijamos ser un historiador, químico o poeta depende de nuestra filosofía y compromisos. Los hechos que elegimos para observar, las cuestiones que preguntamos y los registros y transformaciones de registros que elegimos hacer implican todas decisiones de *valor*: ¿en qué nos vamos a interesar y qué precio estamos dispuestos a pagar en tiempo o dinero y sacrificio personal?. Y si nos detenemos a reflexionar, es fácil ver que toda afirmación conceptual que construimos puede llevarnos a una o más *afirmaciones o juicios de valor*, afirmaciones sobre el grado en que vale la pena nuestro conocimiento o su aplicación. El carácter objetivo, libre de valores, de la ciencia u otros campos de creación de conocimientos fue sólo un mito del positivismo mantenido a costa de ignorar las miríadas de decisiones subjetivas y basadas en valores que cualquier persona implicada en la producción de conocimientos debe hacer. Es esta integración constructiva de pensamiento, sentimiento y acción la que da un carácter distintivamente humano a la producción de conocimientos. En el caso de los genios, nosotros juzgamos generalmente esta síntesis

bueno y la elogiamos altamente, aunque pueda llevar generaciones el que este reconocimiento ocurra. Con frecuencia es la vanidad humana la que niega al artista, poeta o científico creativos el reconocimiento que merecen.

UNA NUEVA SÍNTESIS

Para mí hay una nueva conmoción en la psicología, la epistemología y la enseñanza: es la conmoción de una nueva síntesis. El consenso emergente (ver Linn, 1987) en psicología señala hacia el papel crucial que juegan los conceptos y las relaciones entre conceptos en la construcción de conocimientos por los humanos, y el importante papel que juega el lenguaje para codificar, dar forma y adquirir significados. En filosofía también hay un consenso emergente en epistemología que caracteriza el conocimiento y la producción de conocimientos como estructuras evolutivas de conceptos y proposiciones. Las permutaciones casi infinitas de (conceptos)/(relaciones entre conceptos) permite la enorme idiosincrasia que vemos en las estructuras conceptuales individuales, y que, incluso así, todavía exista suficiente parte común e isomorfismo en los significados para que el discurso sea posible y se pueda conseguir compatir, engrandecer y cambiar significados. Es esta realidad la que hace posible la empresa educativa.

Lo que queda por demostrar son los resultados positivos que ocurrirán en las escuelas u otros ambientes educativos cuando lo mejor de lo que sabemos sobre constructivismo humano se aplique ampliamente. Por lo que sé, ninguna escuela se acerca al uso a gran escala de dichas prácticas, incluso aunque no haya restricciones financieras o humanas que las imposibiliten. Lo que observamos en nuestros estudios sobre aprendizaje en las escuelas o universidades en un casi ubicuo, pernicioso, omnipresente positivismo. Este modelo de instrucción y evaluación «correcto/incorrecto verdadero/falso», justifica y recompensa el modo de aprendizaje repetitivo y, a menudo, penaliza el aprendizaje significativo. La importancia de las concepciones constructivistas para el rediseño de la instrucción en ciencias y matemáticas y para la formación de profesores ha sido resaltada por otros (Cobb, en prensa, a, b; Confrey, 1985; Driver y Oldham, 1985; Pope, 1985).

La única cosa que necesitamos hacer es «cambiar nuestras mentes» sobre cómo pueden tener lugar la enseñanza y el aprendizaje, usando lo que sabemos. El reto de este Seminario es: ¿cómo podemos conseguir que la gente cambie sus mentes, (en lo referente a la enseñanza y el aprendizaje) y alterar sus estructuras conceptuales o, como lo llamé en 1983, sus LIPHS-sus jerarquías proposicionales limitadas o inapropiadas?

(*) Definimos «concepto» como una regularidad percibida en hechos u objetos designada por una etiqueta. La mayoría de las etiquetas de conceptos son palabras y la mayoría de las 460.000 palabras de la lengua inglesa son etiquetas de conceptos, muchas usadas para representar varias «regularida-

des» distintas. Las proposiciones son dos o más conceptos ligados para formar un planteamiento con significado, p. ej. «el cielo es azul». Para una buena discusión sobre cómo los niños adquieren inicialmente conceptos y significados proposicionales (y palabras-etiquetas) ver Macnamara, 1982.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ MARINO, C. y VICTORIA J. RISKÓ, 1987, Concept Maps and Vee Diagrams: A Visual Representation of Children's Thinking. Paper presented at AERA meetings, Washington, D.C.
- AUSUBEL DAVID, P., 1963, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. (Grune and Stratton: New York).
- AUSUBEL, DAVID, P., 1968, *Educational Psychology: A Cognitive View*. (Holt, Rinehart and Winston: New York).
- AUSUBEL DAVID, P., JOSEPH D. NOVAK, and HELEN HANESIAN, 1978, *Educational Psychology: A Cognitive View*, (second edition). (Holt, Rinehart, and Winston: New York).
- BACON, SIR FRANCIS, 1952, *Advancement of Learning, Novum Organum, and New Atlantis*. (William Benton, Publisher: Encyclopedia Britannica, Inc.: Chicago, London, Toronto).
- BARTLETT, F.C., 1932, *Remembering*. (University Press: Cambridge).
- BOGDEN, CHRISTOPHER, A., 1977, The Use of Concept Mapping as a Possible Strategy for Instructional Design and Evaluation in College Genetics. M.S. Thesis, Cornell University, Department of Education.
- CARDEMONE, P.F., 1975, «Concept Mapping: A Technique of Analyzing a Discipline and its Use in the Curriculum and Instruction in a Portion of a College level Mathematics Skill Course.» M.S. Thesis, Cornell University, Department of Education.
- CHI MICHELENE, PAUL J., FELTOVICH and ROBERT GLASER, 1981, Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science* 5 (2): 121-152.
- COBB, PAUL, (In press, a) The Tension Between Theories of Learning and Instruction In Mathematics Education. *Educational Psychologist*.
- COBB, PAUL, (In press, b) Information Processing Psychology and Mathematics Education. A Constructivist Perspective. *Journal of Mathematical Behavior*.
- CONFREY, JERE, 1985, A Constructivists View of Mathematics Instruction. Paper presented at the Annual Meetings of the American Education Research Association, Chicago, IL.
- CONANT, J.B., 1947, *On Understanding Science*. (Yale University Press: New Haven).
- CULLEN, J.F., Jr., 1983, «Concept Learning and Problem Solving: The Use of the Entropy Concept in College Teaching.» Ph.D. Thesis, Cornell University, Department of Education.
- DRIVER, R. y OLDHAM, V., 1985, «A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science.» Ph.D. Thesis, Cornell University, Department of Education.
- DUNN, BRUCE, R., 1987, «Tentative Outline For a Psychophysiological Model of Cognitive Processing.» Unpublished paper, University of West Florida, Pensacola, Florida.
- ESTES, W.K., 1978, *Handbook of Learning and Cognitive Processes, Vol. 5: Human Information Processing*. (John Wiley and Sons: New York).
- FELDSINE, J., 1987, *The Construction of Concept Maps Facilitates the Learning of General College Chemistry: A Case Study*. Unpublished Ph.D. thesis, Cornell University, Ithaca, NY. (See also his paper in these Proceedings.)
- GOWIN, B. Bob., 1981, *Educating*. (Cornell University Press, Ithaca: New York).
- GOWIN, D. Bob., 1987, «Changing the Meaning of Experience: Empowering Teachers and Students Through Vee Diagrams and Principles of Educating to Reduce Misconceptions in Science and Math.» Paper presented at the 1987 Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, July 26-29, 1987, Department of Education. (Cornell University, Ithaca: New York).
- GURLEY, L.I., 1982, «Use of Gowin's Vee and Concept Mapping Strategies to Teach Responsibility for Learning in High School Biological Sciences.» Ph.D. Thesis, (Cor-

- nell University, Ithaca, New York).
- HELM, H. and J. NOVAK, 1983, *Proceedings of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics*. Department of Education, (Cornell University, Ithaca: New York).
- HOZ, R., 1987, «Dimensions of Teachers' Knowledge Structure and Their Identification by Concept Mapping.» Paper presented at AERA Meetings, Washington, D.C.
- HOZ, R., KOZMINSKY, E. and BOWMAN, D., 1987, Evaluating Learning Through Concept Mapping: A Study of Student's Cognitive Structure in Earth Science Course. Unpublished paper, Ben Gurion University, Beer-Sheva, Israel.
- KELLY, G., A., 1955, *The Psychology of Personal Constructs*. (Norton and Company: New York).
- KUHN, T., S., 1962, The Structure of Scientific Revolutions, *International Encyclopedia of Unified Science*, (second edition). *Enlarge Vols. 1 and 2: Foundations of the Unity of Science*, Vol. 2, (2) (University of Chicago Press: Chicago).
- LINN, 1987, Establishing a Research Base for Science Education: Challenges, Trends and Recommendations. *Journal of Research in Science Teaching* 24 (3): 191-216.
- MACGINN, NINA, 1987, Neurophysiological Rationale for Concept Mapping. M.S. Thesis, Department of Education, Cornell University.
- MACNAMARA, J., 1982, *Names for Things: a Study of Human Learning*. (MIT Press: Cambridge, MA.).
- NOVAK, J., D., (in press), Learning of Science and the Science of Learning. *Studies in Science Education*.
- NOVAK J., D., 1985, Learning Science and the Science of Learning. Paper presented at International Seminar on the Scientists Thinking Tools, University of East Anglia.
- NOVAK J., D., 1982, Psychological and Epistemological Alternatives. In *Jean Piaget: Consensus and Controversy*, Sohan Modgil and Celia Modgil, editors, pp. 331-349. (Holt, Rinehart and Winston: London).
- NOVAK J., D., 1977b, An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education. *Science Education* 61 (4): 453-477.
- NOVAK, J., D., 1977a, *A Theory of Education*. (Cornell University Press, Ithaca: New York).
- NOVAK, J., D., 1961, An Approach to the Interpretation and Measurement of Problem Solving Ability. *Science Education*, 45 (2): 122-131.
- NOVAK, J., D., 1957, A Comparison of Two Methods of Teaching a College General Botany Course. Ph. D. Thesis, University of Minnesota.
- NOVAK, J.D., D. BOB GOWIN and GERARD T. JOHANSEN, The Use of Concept Mapping and Knowledge Vee Mapping with Junior High School Science Students. *Science Education*, 67 (5).
- PANKRATUS W., J. and THOMAS M. KEITH, 1987, Building an Organized Knowledge Base: Concept Mapping in Secondary School Science. Paper presented at the 1987 Meetings of the National Science Teachers Association, Washington, D.C., March 28, 1987.
- PEARSON, KARL, 1900, *The Grammar of Science* (second edition) (Adam and Charles Black: London).
- PINES, A.L., NOVAK, J.D., POSNER, G.J., and VANKIRK, 1978, The Clinical Interview: A Method for Evaluating Cognitive Structure. Research Report 6, Department of Education, Cornell University.
- POPE, MAUREEN, 1985, Constructivist Goggles: Implications for Process in Teaching and Learning. Paper presented at BERA meetings, Sheffield, England.
- SKINNER, B.F., 1938, *The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis*. (D. Apleton-Century Co., Inc.: London, New York).
- STEWART, J., VANKIRK, J. and ROWELL, R., 1979, Concept Maps: A Tool for Use in Biology Teaching. *The American Biology Teacher*, 41 (3): 171-175.
- STRIKE, KENNETH A., 1987, Toward A Coherent Constructivism. Paper presented at the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaca, NY.
- TOULMIN, STEPHEN, 1972, *Human Understanding*. Volume 1: *The Collective Use and Evolution of Concepts*. (Princeton University Press: Princeton, N.J.).
- VON GLASERSFELD, E., 1984, An Introduction to Radical Constructivism. In P. Watzlawick (ed.) *The Invented Reality* (17-40). (Norton: New York).
- WIENER, N., 1948, *Cybernetics*. (John Wiley and Sons: New York).
- WIENER, NORBERT, 1954, *The Human Use of Human Beings*, (second edition). (Doubleday and Company: Garden City, N.Y.).