

Dinámicas en la Construcción del Conocimiento: Una Perspectiva Neurocognitiva

Fabio E. Zuluaga, Ed. D¹.

- Resúmen

Los avances más recientes de las neurociencias, especialmente lo concerniente al funcionamiento de las redes neuronales y los paquetes modulares neuronales específicos, permiten explicar y proponer formas para mejorar los procesos cognitivos de orden superior en los seres humanos, sobre todo en lo relacionado con la capacidad del razonamiento reflexivo y la ubicación contextual del conocimiento. Este es el objeto del presente artículo.

- Abstract

The latest advances in the field of neurosciences, specially concerning the function of neural networks and the specific neural modular packages, allows to explain and to propose new ways to improve higher order cognitive processes in human beings, particularly in the aspects related to the reflective reasoning skill and the contextual location of knowledge. This is the purpose of this article.

- Résumé

Les progrès les plus récents des sciences du système nerveux, surtout en ce qui concerne le fonctionnement des réseaux de neurones et les paquets modulaires spécifiques, permettent d'expliquer et de proposer des possibilités d'amélioration, chez les êtres humains, des processus cognitifs supérieurs, surtout en ce qui concerne la capacité de raisonnement réflexif et la localisation contextuelle de la connaissance.

1 Director Maxwell Spanish Immersion School, Fayette County Public School, KY, USA.
Dirección: zuluaga@fayette.k12.ky.us

Palabras claves: modelo neurocognitivo, proceso cognitivo, neurobiología del conocimiento, formación, psicología cognitiva.

Keywords: neurocognitive model, cognitive process, neurobiology of knowledge, education, cognitive psychology.

INTRODUCCIÓN

Los últimos avances en el campo de la neurobiología permiten entender, desde una perspectiva nueva, la forma como se podrían llevar a cabo procesos cognitivos de orden superior en los seres humanos. Estos avances; resultado de varias décadas de investigación interdisciplinaria en filosofía, psicología cognitiva y en las neurociencias aportan un nuevo marco conceptual que podría generar una sólida fundamentación, que permitiese explicar el cómo y el por qué de estos complejos procesos cognitivos.

Está claro, hoy más que nunca, que no podemos concebir los procesos cognitivos en los seres humanos desde puntos de vista meramente empiropositivistas o mecanicistas ; de ahí que propuestas epistemológicas como la piagetiana se hayan hecho insuficientes; ni siquiera la formulación de modelos cognitivos deductivistas y constructivistas han podido generar las bases para una epistemología alterna que permita explicar -de forma congruente con los últimos descubrimientos científicos- la manera como los seres humanos construimos y reconstruimos el conocimiento.

Así pues, frente a estas necesidades explicativas, surgen los modelos neurocognitivos emergentes, los cuales generan sólidos cimientos que ayudan a explicar las dinámicas que interactúan cuando el ser humano participa activamente en la construcción y en la reconstrucción del conocimiento. Estas fundamentaciones inciden directamente en los planteamientos epistemológicos de frontera, que urgen la formación de un ser humano autodirigido, crítico y reflexivo, con la capacidad de razonamiento y de lógica que vaya más allá de la cognición ordinaria.

CONSIDERACIONES HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICAS

Para un mejor entendimiento y con el propósito de dar significado al entorno inmediato y no inmediato, nosotros, los seres humanos, originamos ciertos modelos que nos ofrecen un alto sentido de organización, confianza y validez (Dennette, 1991). Es decir, empezamos a entender el cosmos, sus reglas, sus principales características y la manera como éste nos afecta, bajo determinadas perspectivas a las que denominamos leyes o reglas de carácter universal.

En este devenir histórico, las civilizaciones elaboran paradigmas y estos, a su vez, redireccionan los derroteros sociales, políticos, económicos y culturales de los pueblos. Es un ciclo imposible de romper. Una vez, redireccionados estos senderos orientadores, se construye todo un andamiaje científico y tecnológico, que refuerza la lógica social preestablecida. Analicemos, por ejemplo, la enorme influencia del paradigma de razonamiento lógico-aristotélico, el cual ha marcado los derroteros de varias civilizaciones por algo más de dos mil años:

"Central al pensamiento de Aristóteles está su concepción de la naturaleza de las cosas. Una naturaleza existencialista e ideológica.

La naturaleza no es solamente materia moviéndose alrededor como resultado de un tira y empuje al azar (materialismo), tampoco es una sombra imperfecta e incomprensible de una realidad perfecta (platonismo). La naturaleza de las cosas está claramente diferenciada en varias especies y objetos, los cuales tienen su propia dinámica interna que a su vez, es esencial para el movimiento de las cosas". (Matthews, 1989, p. 6)².

Este existencialismo y naturalismo sobrevive incluso a la revolución intelectual del siglo XVII. Por ejemplo, se hace imposible entender completamente a Galileo y a Newton, sin la comprensión del pensamiento aristotélico. No podemos olvidar que Aristóteles es el primero en proponer un tratado en metodología científica y es este tratado el que marcó y, aún marca, la pauta en las discusiones sobre la filosofía de las ciencias.

2 Traducción no literal. El autor (M. Matthews) se fundamenta en el trabajo realizado por : Barnes, J. (1984). *The Complete Works of Aristotle*. 2vols. Princeton: Princeton University Press

Siglos después, se llega a la convicción de que el conocimiento científico debe y tiene que ser comprobado (Gallego-Badillo, 1996 ; Gardner, 1985). Así pues, el empirismo y el positivismo, con sus principales exponentes -Bacon, Comte, Locke, Hume y Hempel- como el positivismo lógico-, entre otros, demuestran una enorme cantidad de axiomas para corroborar lo que Aristóteles ya había formulado, la idea de que el conocimiento se adquiere primordialmente por medio de los sentidos. Pensadores como Descartes (1644) y Kant (1781) originan lo que hoy se conoce comúnmente como la racionalización del conocimiento, es decir, la capacidad del intelecto para adquirir una verdad válida y absoluta (Matthews, 1989).

Más adelante, aparecen pensadores como Popper, Lakatos, Toulmin y Kuhn, fuertemente influidos por los principios de la física moderna, quienes empiezan a entender la construcción del conocimiento desde una visión relativo-contextual (Guba y Lincoln, 1994). A partir de este momento, se inician un considerable número de investigaciones sobre cómo los seres humanos construimos conocimiento, especialmente desde un marco conceptual constructivista. Se adquiere en la convicción de que la adquisición del conocimiento es, fundamentalmente, un proceso personal y, por ende, individual, el cual está fuertemente influido por variables de orden psico-social y cultural. De igual manera, se afirma que el conocimiento crece o se acumula en la medida en que los seres humanos tratan de entender su quehacer cotidiano, es decir, se construye conocimiento a partir de experiencias y vivencias propias (Dennette, 1991).

Guba y Lincoln (1994), explican cómo dentro de este nuevo modelo constructivista aparece una *ontología relativista*, "La verdad tiene que ver con el poder de comprender y utilizar la información, con aquella construcción sobre la cual hay consenso". De igual manera, surge una epistemología monista y subjetivista, "un investigador y lo investigado están vinculados de manera tal que los hallazgos de una investigación son, literalmente, una creación del proceso de la investigación". Aquí, de una manera radical, aparece el concepto del "valor del investigador" y la forma en que los valores, las creencias, e incluso ciertas predisposiciones, intervienen durante el proceso de la construcción del conocimiento. Todo este paradigma constructivista se respalda en una metodología

hermenéutica, la cual propone "una dialéctica de la crítica, el análisis y la reiteración" (p. 18).

Mientras este modelo constructivista se yuxtapone al racionalismo, al empirismo y al postivismo; filósofos, psicólogos, sociólogos, antropólogos y pedagogos, entre otros, nos encontramos en un limbo ontológico. Estamos en una encrucijada de carácter empistemológico. Aún no hemos podido abandonar la mayoría de los axiomas expresados bajo el tutelaje empiro-positivista, y con un racionalismo ingenuo nos empeñamos en conquistar una verdad externa, prediciendo todo lo que podemos predecir y controlando variables sobre las cuales, en definitiva, no tenemos y aún no hemos encontrado la forma de establecer control. Cabe, entonces, cuestionarse si en realidad se está asumiendo la construcción del conocimiento desde un paradigma nunca antes estudiado, o si, por el contrario, simplemente, estamos enlazando ideas y montándolas sobre unos cimientos preestablecidos, los cuales han existido por algo más de dos mil años.

Una vez inmersos en este limbo ontológico, se entiende la edificación del conocimiento desde ciertas y determinadas perspectivas, las cuales, en lugar de esclarecer parecen opacar la naturaleza de los problemas, dificultando así la tarea de auscultar los verdaderos orígenes de estas construcciones (Kelly, 1997). Analicemos, por ejemplo, las propuestas realizadas por algunos constructivistas radicales: Estos consideran la construcción del conocimiento como una tarea personal en donde el individuo no descubre la verdad, por el contrario, construye explicaciones de su propia experiencia. Para los constructivistas radicales es el ser humano quien construye su propio mundo, este mundo por él experimentado existe así, porque así quiere él (el ser humano) que exista. Es más, "el mundo es maleable por el pensamiento humano" (Von-Glasersfeld, 1989a, p.123).

Ni siquiera una propuesta tan bien elaborada, como lo es el modelo del cambio conceptual, esclarece las dinámicas que interactúan durante la construcción del conocimiento (Pearsall, Skipper & Mintzes, 1996 ; Villani, 1992). Un cuarto de siglo ha transcurrido desde que investigadores como Driver, Posner, Nussbaum, Novak, etc., introdujeron el modelo del error conceptual. El propósito fundamental de estos investigadores fue auscultar, superar y reemplazar el razonamiento espontáneo por un

razonamiento científico. Se aceptó la premisa de la incompatibilidad de estas dos formas de pensar. Desafortunadamente, estos cambios conceptuales estables y significativos no fueron alcanzados por las poblaciones estudiadas. En el peor de los casos, aquellas poblaciones que lograron algún nivel de internalización de los conceptos científicos, no pudieron mantener este grado de aprehensión durante períodos considerables (Villani, 1992; Zuluaga, 1996). Ante esta situación tenemos que volver a cuestionarnos si en verdad hubo algún nivel de internalización de estos conceptos por parte de las poblaciones allí estudiadas o si, por el contrario, simplemente existió un proceso de adaptación cognitiva a corto plazo.

Es claro que estos enormes vacíos epistemológicos no han permitido explicar desde una perspectiva más integral el cómo, el por qué y el para qué los seres humanos generamos construcciones mentales significativas. Como resultado de este gran vacío conceptual surge un modelo nuevo, el neurocognitivo, que intenta esclarecer la forma como se producen dichas edificaciones mentales (Anderson, 1997; Berry & West, 1993; Metcalfe & Shimamura, 1994). Este modelo está fundamentalmente respaldado en los últimos avances de la neurobiología y, desde ya, promete tener una gran aplicabilidad en el campo de la cognición humana.

EL MODELO NEUROCOGNITIVO

El modelo neurocognitivo reconoce el sistema nervioso central como un todo constituido por millones de receptores, los cuales, a su vez, perciben eventos internos y externos y realizan los ajustes biológicos y químicos necesarios para garantizar la supervivencia física y psicológica de un organismo (Anderson, 1997, p.71). Este modelo describe, con gran exactitud, la anatomía y la división del cerebro, donde las estructuras anatómicas cerebrales son diferenciadas en su estructura, forma y función:

"Los lóbulos frontales están involucrados en la regulación y ejecución de procesos de pensamiento de orden superior como lo son la planificación por objetivos a corto plazo, la autoevaluación y la ejecución de proyectos en forma sistèmica. Los lóbulos temporales se encargan de la regulación del lenguaje y de las representaciones semánticas. Los lóbulos parietales se encargan de proveer estabili-

dad, creando puntos de referencia que facilitan la orientación hacia y la percepción de factores externos del medio ambiente. La visión es facilitada por los lóbulos occipitales. La corteza motor controla los movimientos. El cerebellum, entre otras funciones, trabaja en conjunto con la corteza motor para mantener una actividad motriz estable". (Anderson, 1997, p. 72)³

Aquí, de una manera contundente, se analiza la importancia del cerebro como órgano vital y se incluye el Sistema Nervioso Central como una estructura integral durante los procesos cognitivos:

"El sistema nervioso central se caracteriza por ser uno de los sistemas fisiológicos más elegantes en los organismos avanzados. Está en capacidad de percibir eventos internos y externos, como también de regular los ajustes necesarios para garantizar la supervivencia de un organismo. Estos eventos internos y externos son detectados a través de receptores, los cuales envían la información al sistema nervioso central por intermedio de cientos de fibras nerviosas que convergen en la espina dorsal, desde donde son transmitidos al cerebro. Algunas fibras nerviosas entran al cerebro directamente desde la base. Otras, por el contrario, salen directamente del cerebro y se encargan de controlar el movimiento. Inclusive, algunas de estas fibras regulan órganos internos y glándulas, incluyendo la producción de hormonas segregadas como señales químicas. De esta manera, nuestro estado psicológico está influido por y también influye en, la producción de estos compuestos químicos (Anderson, 1997. P. 71)⁴.

Está claro pues, que la información que llega al cerebro depende del contenido de las transmisiones y de la manera como éstas se efectúan. No obstante, el sistema nervioso central está subdividido en regiones altamente sofisticadas que garantizan una transmisión nítida de los mensajes, también está expuesto a entradas múltiples provenientes de las distintas

3 Traducción literal. Aquí el autor (R. Anderson) se refiere a las investigaciones realizadas por Eccles, J. C. (1988). *The neurophysiological bases of mind : The principles of neurophysiology*. New York : Garland Publishing.

4 Traducción literal. Aquí el autor (R. Anderson) hace referencia a las investigaciones realizadas por Stein, D. G. (1987). *Development and plasticity in the CNS: Organismic and environmental influences*. Worcester, MA: Clark University Press.

sub-regiones, las cuales modifican, de una manera u otra, la información que va a ser procesada por los centros cerebrales de orden superior.

La información que llega al cerebro, es procesada en distintas regiones a las que se les ha denominado paquetes modulares-neuronales específicos. Squire, Shimamura y Amaral (1989) han encontrado evidencia que permite sugerir la existencia de módulos especializados en tareas distintas, inclusive si éstos se encuentran ubicados en una misma estructura anatómica cerebral. Por ejemplo, algunos aspectos de la memoria podrían ser modulares; de ser así, tareas como la habilidad para recordar nombres, fechas, lugares, etc. (memoria declarativa), la habilidad para recordar aspectos relevantes del cómo se hacen las cosas, manejar un carro, montar en bicicleta, o el simple hecho de nadar (memoria de procedimiento) o, por último la tarea de recordar la ubicación de las cosas (memoria espacial), podrían llevarse a cabo en distintos módulos cerebrales.

De acuerdo con el modelo neurocognitivo, es muy posible que durante la construcción y la reconstrucción del conocimiento, el sistema nervioso central active los paquetes modulares neuronales y origine memorias de trabajo temporal muy sofisticadas, utilizando una combinación de módulos bien específica. Esto le permite al sistema nervioso central responder de una manera selectiva y con un alto grado de adaptabilidad a las demandas del medio exterior (Anderson, 1997; Squire et.al., 1989).

Este es un proceso selectivo por cuanto depende del contexto en el cual la memoria archiva la información y del contexto en el cual la memoria recuerda para usar dicha información. Muchos de los centros neuronales que fueron activados cuando la información se guardó son reactivados en el momento en el que se les necesita. Estos procesos de análisis de nueva información y de reactivación de la memoria están determinados por la cantidad de redes neuronales y por la posibilidad de acceder a dicha información a través de múltiples rutas. De esta manera, son las redes neuronales las que, sin lugar a dudas, hacen que la memoria sea elástica y selectiva, garantizando, al mismo tiempo, acceso, estabilidad y aplicabilidad con textual de la información.

Este concepto de una memoria altamente selectiva no es completamente nuevo si se tiene en cuenta que Gardner (1985) ya había lanzado

su teoría de las *inteligencias múltiples*. Gardner explica cómo la especie humana ha evolucionado hasta el punto de estar en capacidad de indentificar, analizar, seleccionar y construir/reconstruir información *lingüística, musical, lógico-matemática, espacialkinestética, intrapersonal e interpersonal*, además, las respresentaciones de la relaciones establecidas consigo mismo y con los demás. De acuerdo con el modelo de las inteligencias múltiples, la información es procesada cuando los mecanismos neuronales se activan o se disparan debido a ciertos tipos de entradas, los cuales son de naturaleza interna o externa, y pueden estar modificados por el momento histórico, social y cultural en el cual se encuentra o se desarrolla el individuo (Gardner, 1993b, p. 64 ; Gardner, Kornhaber & Wake, 1996). Lo que sí es nuevo dentro de esta perspectiva neurocognitiva es la estratificación del sistema nervioso central y la alta capacidad de éste para determinar las redes neuronales que le permiten establecer comunicación entre los distintos niveles de procesamiento. Estas redes le facilitan al cerebro la tarea de coordinar actividades secuenciales, es decir, el cerebro pone un orden de preferencias (Denette, 1991).

La perspectiva neurocognitiva ofrece nuevas variables que permiten entender, de una manera más integral, la forma cómo los seres humanos construimos conocimiento. Según este modelo, no se trata de una construcción nueva, sino de una reconstrucción consciente y adaptada, la cual puede ser explicada si se tiene en cuenta la enorme cantidad de centros de procesamiento de datos que existe en el cerebro. Estos centros modifican y actualizan en forma constante representaciones ya existentes de la realidad del individuo, produciendo reconstrucciones contextuales de manera inmediata (Anderson, 1997; Dennett, 1991).

Estas reconstrucciones se llevan a cabo en los centros cerebrales de orden superior, allí son monitoreadas y modificadas por el cerebro de acuerdo con las necesidades del individuo. De esta manera, la información generada por una parte del cerebro puede ser revisada, modificada y reconstruida por otra región cerebral, facilitando una comunicación multidireccional entre los distintos módulos y permitiendo que el cerebro responda de una manera consciente, rápida y eficaz (Metcalf & Shimamura, 1994). Este proceso de reconstrucción es consciente por cuanto es autodirigido y reflexivo (Anderson, 1997). El cerebro involucra de

una manera creativa el ensayo y el error (Dennette, 1991). Durante este proceso de reedificación, se crean mecanismos de reflexión interna que supervisan constantemente las transformaciones mentales, permitiendo, de esta manera, la producción de nuevos significados ; es decir, si se crean las condiciones adecuadas, el cerebro puede llegar a alcanzar una capacidad de pensamiento que va más allá de la cognición ordinaria, un nivel de pensamiento metacognitivo que le permitiría a un individuo controlar sus propios procesos mentales (Anderson, 1997 ; Berry & West, 1993 ; Metcalfe & Shimamura, 1994). Aquí nos estamos refiriendo a una habilidad mental para el monitoreo constante y consciente, de todos los procesos que se llevan a cabo cuando se recibe, se procesa, se aplica y/o se produce nueva información.

Este autocontrol de los procesos mentales facultaría a un individuo con capacidades para el razonamiento y para la lógica que irían más allá de la cognición ordinaria. Baird (1984) analiza varias de las capacidades cognitivas que se podrían llegar a obtener si se crean las condiciones propicias para acceder a este orden cognitivo superior.

La capacidad para examinarse, para criticar y ajustar los procesos de pensamiento; observar y coordinar cómo se llevan a cabo y se articulan los diferentes aspectos y habilidades del pensamiento para que éste sea eficaz y creativo.

La capacidad para examinarse, en términos de la claridad de los conceptos, la coherencia y la validez de los procesos de razonamiento que se llevan a cabo, en términos de una regla que establece la lógica.

La capacidad para examinarse en términos de la información, conceptos, métodos o modos de conocer la realidad que se posee y se deriva de diversas disciplinas (las cuales representan el conocimiento que se tiene como objetivo y válido).

La capacidad para examinarse en relación con el contenido biográfico y social en el cual se lleva a cabo la actividad del pensamiento y del cual es su expresión.

La capacidad para examinarse en relación con el pensamiento de los otros, para asumir otros puntos de vista y para mediar entre diversos pensamientos.

La capacidad para examinarse en términos de los fines que busca el pensamiento y de las consecuencias que este produce⁵.

En síntesis, el modelo neurocognitivo, basado en los últimos adelantos de la neurobiología, ofrece una perspectiva dinámica e integral, incluye tanto el macro como el microcosmos de un individuo, y explica la forma cómo los seres humanos construimos y reconstruimos el conocimiento, conectando conceptos de una manera multidireccional y desde una perspectiva de múltiples contextos. No se trata, simplemente, de la construcción y reconstrucción del conocimiento, se ha originado toda una nueva perspectiva que analiza los procesos de edificación y reedificación de estructuras mentales, los que son regulados por el cerebro en forma consciente, dependiendo en todo momento de los marcos de referencias individuales y contextuales. De ser cierto, por un lado, las posibilidades que tendríamos los seres humanos para la construcción del conocimiento serían infinitas, y, por otro, estaríamos creando las bases para una revolución cognitiva.

ALGUNAS CONSIDERACIONES FINALES

Sin lugar a dudas, el planteamiento que pueda por hacerse debe estar enfocado en la necesidad de encontrar, crear y/o de facilitar aquellas condiciones propicias que permitan el desarrollo de las capacidades cognitivas de orden superior en los seres humanos. Antes de emprender una tarea de esta magnitud, debemos reflexionar y visionar la construcción y la reconstrucción del conocimiento como:

- un proceso dinámico y activo, controlado en su totalidad por el sujeto constructor;
- un proceso que requiere interpretación, reorganización, transformación y síntesis de la información por parte del que está construyendo y reconstruyendo su propio conocimiento, quien debe encontrarse muy motivado para tal efecto;

⁵ Traducción no literal.

- un proceso de desarrollo cognitivo por el cual el sujeto constructor de su propio conocimiento atraviesa ; durante este proceso se describen objetos y eventos, formulan preguntas, adquiere conocimiento, construye explicaciones de los fenómenos naturales, ponen a prueba explicaciones en formas y contextos diferentes, comunicando estas ideas, estables y significativas, a otros.
- Un proceso individual y contextual, apoyado en mecanismos de autorregulación que le permitan a los seres humanos reflexionar seriamente acerca de sus propios procesos mentales para poder generar nuevos significados, es decir, la posibilidad para la reflexión, en forma consciente y cosistente, acerca de las propias tareas cognitivas. Tal vez así se facilitarí un poco más el reconocer, evaluar y decidir si se hace necesario la reconstrucción de ideas y de creencias preestablecidas, y al mismo tiempo, se estaría en capacidad de analizar las posibles consecuencias originales como resultado de ese proceso de estructuras mentales.

La trascendencia que este modelo neurocognitivo ha tenido en los últimos planteamientos epistemológicos de frontera es un hecho. No obstante, debemos tener cuidado al extrapolar o al interpretar equivocadamente información proveniente única y exclusivamente del campo de las neurociencias para tratar de explicar como los seres humanos edificamos el conocimiento. Si bien es cierto que la construcción y la reconstrucción del conocimiento es un proceso fundamentalmente individual, personal y contextual, no es menos cierto, que este proceso trascienda dichas delimitaciones. Al fin y al cabo, cuando los seres humanos diseñamos modelos, formulamos metaconceptos y originamos teorías, lo hacemos con el propósito de dar significado a un entorno multicontextual, es decir, grupos inmediatos y mediatos. Es en estos multicontextos en donde las interpretaciones se originan, y son estos paradigmas los que al final vuelven y redireccionan los derroteros sociales, históricos y políticos de las civilizaciones, ofreciéndoles nuevamente un alto sentido de organización confianza y validez.

BIBLIOGRAFÍA

- AAAS** (1990). *The liberal art of science: Agenda for action*. Washington D.C.: American Association for the Advancement of Science
- Anderson, R** (1997). A neurocognitive perspective on current learning theory and science instructional strategies. *Science Education*, 81 (2), 67-89
- Baird, J.R.** (1984) *Improving learning through engaged metacognition*. Unpublished Ph.D. Thesis. Monash University, Victoria : Australia
- Dennette, D.C.** (1991). *Consciousness explained*. Boston: Little Brown and Co.
- Gallego-Badillo, R.** (1996). *Discurso constructivista sobre las ciencias experimentales: Una concepción actual del conocimiento científico*. Santafé de Bogotá, D. C.: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Gardner, H.** (1985). *The mind's new science : A history of cognitive revolution*. New York: Basic Books, Inc.
- Gardner, H.** (1993b). *Frames of mind : Theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Gardner, H., Kornhaber, M., & Wake, W.** (1996). *Intelligence : Multiple perspectives*. Fort Worth: Harcourt Brace College Publishers
- Guba, E. & Lincoln, Y.** (1994). *El paradigma constructivista*. En Bustos F. (Trad.) Cali: Universidad Santiago de Cali.
- Kelly, G.J.** (1997). Research traditions comparative context: A philosophical challenge to radical constructivism. *Science Education*, 81 (2), 355-375.
- Matthews, M.** (Eds.) (1989). *The scientific background to modern philosophy*. Cambridge: Hackett Publishing Company.
- Metcalfe, J. & Shimamura A.** (Eds.) (1994). *Metacognition: Knowing about Knowing*. Cambridge: The MIT Press.
- Pearsall, N.R., Skipper, J.J. & Mintzes, J.** (1997). Knowledge restructuring in the life science: A longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*. 81, (2). 193-197.
- Rutherford, J.** (1990) *Science for all Americans: Scientific literacy*. New York: Oxford University Press.
- Squire, L., Shimamura, AP. & Amaral, D. G.** (1980). Memory and the hippocampus. In J.H Byrne & N.O.Berry (Eds.). *Neural models of plasticity*. New York : Academic Press

Villani, A. (1992). Conceptual change in science and science education. *Science Education*, 76 (2). 2223-237

Von Glasersfeld, E. (1989a). Cognition, construction of Knowledge and teaching. *Syntheses*, 80,121-140.

Zuluaga, F. (1996). Reducing misconceptions of physical-science-related concepts for eighth grade at the middle school level trough an learning approach. Unpublished doctoral dissertation, Nova Southeastern University, FortLauderdale : U.S.A.