

REPRESENTACIONES MENTALES DE PROFESORES DE CIENCIAS SOBRE EL UNIVERSO Y LOS ELEMENTOS QUE INCORPORAN EN SU ESTRUCTURA EN GENERAL Y LOS MODELOS COSMOLÓGICOS QUE LO EXPLICAN¹

Berenice Larios de Rodríguez

Fundación Amigos de la Astronomía. Planetario de Barranquilla.
Colombia

Concesa Caballero Sahelices

Universidad de Burgos. España

Resumen

El objetivo de la investigación realizada fue describir e interpretar los modelos cosmológicos que tienen los docentes de ciencias que frecuentan el espacio denominado “Viernes del Educador” en el Planetario de Barranquilla, a partir de las representaciones externas del universo y de los elementos involucrados para su explicación, teniendo como referente las teorías representacionales de la Psicología Cognitiva, específicamente la teoría de los modelos mentales de Johnson Laird, y las teorías y modelos cosmológicos actuales.

Palabras-clave: Universo, Representaciones internas, Representaciones externas, Modelos mentales, Modelos cosmológicos

Abstract

The aim of this research was to describe and to interpret the science teachers internal representation over the structures of universe and the elements that they use for his explanations. We use two theoretical frameworks for this: Johnson Laird’s mental models and the universe’s cosmological theory and models.

Keywords: Universe, internal representations, external representations, mental models, cosmological models.

Introducción

El ocaso del siglo XX y los albores del siglo XXI han venido mostrando al habitante de “la Gran Aldea Global” dimensión y ritmo de vida diferentes; los descubrimientos, teorías, inventos científicos y tecnológicos que caracterizaron el siglo XX han marcado el ritmo de vida del ciudadano del siglo XXI a tal punto que en la escala de valores de la sociedad actual lo más importante es el conocimiento que se tenga, se produzca, se apropie y se aplique con el objeto de elevar la calidad de vida de las personas; en este sentido, el hombre/ mujer del siglo XXI debe conocer y reconocer el papel de la ciencia y su valor y su incidencia en la cotidianidad. Hoy la sociedad del conocimiento reclama ciudadanos con independencia intelectual capaces de trascender el pensamiento de dependencia que la tradición educativa y cultural le ha legado.

¹ Trabajo presentado en el II Encuentro Iberoamericano sobre Educación Básica en Educación en Ciencias y sometido a nuevo referato en la RBPEC.

Aunque la búsqueda de condiciones y procesos que propicien aprendizajes y enseñanza de la ciencia capaces de generar una cultura científica que estructure el pensamiento de los educandos al temple de los desarrollos científicos y tecnológicos actuales comenzó hace ya muchas décadas¹, recientemente se ha enfatizado en la necesidad de mirar, estructurar, implementar procesos y condiciones para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia desarrollada a lo largo del siglo XX, en especial la enseñanza y el aprendizaje de los conocimientos relacionados con la física moderna y contemporánea²

Investigadores educativos han centrado su atención en la búsqueda de condiciones que propicien el conocimiento de la física desarrollada a lo largo del siglo XX por parte de los alumnos de todos los niveles de la educación, asumiendo algunos elementos determinantes como la formación inicial y continuada de los docentes, los materiales educativos, las estrategias metodológicas, el ambiente, entre otros.

Desde la perspectiva de la formación docente y ante la necesidad de contar con profesionales de la educación científicamente preparados, investigadores en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias han venido explorando su pensamiento en temas de la física clásica y, aunque en menor cantidad, temas de la física moderna especialmente de la mecánica cuántica, relatividad, física de partículas y cosmología, (Hewson, 1982; Gil Perez, 1987; Alemán, 1987; Villani y Perea, 1987; Pessoa A.M, 1993; Ostermann y Moreira, 2.000), temas que constituye parte de la cultura científica que debe tener un ciudadano del siglo XXI.

La revisión bibliográfica realizada nos muestra que se ha avanzado en la exploración del pensamiento de los profesores en torno a temas específicos, experimentando con éstos y a través de éstos estrategias de enseñanza y aprendizaje con el objeto de promover en ellos un conocimiento suficientemente claro sobre la física moderna en general que trascienda el conocimiento de sentido común (Ostermann y Moreira, 2.000; Alemán, 1987; Gil y Pessoa, 1991) y aunque se han desarrollado investigaciones orientadas a la exploración y superación de errores conceptuales en torno a temas de la mecánica cuántica o de la mecánica relativística, son pocos los trabajos que se han adelantado relacionados con temas propios de la cosmología.

Por otro lado, el diálogo sostenido con estudiantes y profesores que frecuentan los diferentes espacios de la Fundación Amigos de la Astronomía³ (F:A:A), ha posibilitado conocer las limitaciones, dificultades, obstáculos y expectativas que tienen los primeros en torno a la Astronomía, Cosmología y temas afines y conocer las preferencias, debilidades en el dominio conceptual y preocupaciones de los segundos en cuanto a la relativa valoración de los temas de cosmología comparados con otros

¹ En la segunda mitad del siglo pasado con ocasión de la carrera espacial ganada inicialmente por los rusos, en los Estados Unidos se produjo una revolución educativa en torno a los currículos de ciencias y a la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias desde los niveles de educación básica.

² En el marco de la conferencia internacional sobre la enseñanza de la física moderna se firmó el tratado de Batavia en el año de 1986, en el que se solicitaba a los países incorporar en los currículos de ciencias en la secundaria y en las asignaturas de física general en la universidad, tópicos de investigación en física de partículas y cosmología.

³ La F:A:A es una entidad privada sin ánimo de lucro que desde 1991 viene trabajando mancomunadamente con la caja de compensación familiar Combarranquilla, para dotar a Barranquilla de un centro apropiado donde cultivar, promover e impulsar el espíritu científico del hombre caribe, tomando como disciplinas convocantes la Astronomía, Cosmología y ciencias afines, en dos espacios institucionales denominados Planetario y Centro Interactivo de la Ciencia y el Juego donde se desarrollan los siguientes eventos: Ferias de la ciencia y la creatividad, Viernes del educador, Jueves de la ciencia, Miércoles de Astronomía, Café planetario, Sábados en familia.

temas de física, manifestado en la poca o ninguna inclusión de éstos en los currículos de ciencias y mucho menos en los exámenes de estado, lo cual los margina o elimina de los procesos de aula.

De hecho, la poca familiaridad que tienen los docentes con teorías y fenómenos pertenecientes a la física moderna y contemporánea, la forma como son abordados estos temas en los textos de física (Alemán, 1987, Ostermann y Moreira, 2000) y en las aulas de clases (Greca y Moreira, 2000; Gil 1987) conjuntamente con la tendencia casi generalizada de los docentes de considerar los temas de la física moderna inabordable a nivel secundario por la complejidad del lenguaje y tratamiento matemático, han viabilizado la permanencia de esquemas mentales mecanicistas que se constituyen en obstáculos epistemológicos para el entendimiento y aprehensión de temas de la física contemporánea (Ostermann, Alemán, op cit). Mucho más agravante es la situación si consideramos el interés demostrado por los estudiantes por los temas de Astronomía y Cosmología y especialmente los temas de actualidad que constituyen conocimiento de frontera, lo cual impone un requerimiento mayor para los docentes quienes han expresado su interés en el desarrollo de tópicos de física moderna en la secundaria y reconocido sus limitaciones al declararse poco preparados para ello (Ostermann y Moreira, 2000). Esto obliga a los educadores a realizar un esfuerzo permanente para acceder al conocimiento profundo de las teorías fundamentales de la física contemporánea y afrontar el reto que su enseñanza impone, aún más sabiendo que actualmente la Cosmología es considerada no sólo como una ciencia fundamental sino *como la ciencia ambiental que abarca la mayor de las escalas.*

El poco peso específico otorgado a los temas de Cosmología en los currículos de enseñanza primaria y secundaria y en los que sustentan la formación de los docentes de ciencias, conjuntamente con la perspectiva que los investigadores educativos han aportado dieron relevancia a la investigación desarrollada, la cual denominamos *“Exploración, análisis y caracterización de las representaciones mentales que tienen los profesores de ciencias sobre el universo y los modelos cosmológicos que lo explican”*

¿Qué se hizo?, ¿bajo qué perspectivas?

Como el título de la investigación lo indica, mediante el trabajo desarrollado se hizo la exploración, análisis y caracterización de las representaciones mentales de los docentes de ciencias en torno al universo y los modelos cosmológicos que lo explican fundamentados en las teorías de cambio representacional, específicamente en la teoría de modelos mentales de Johnson Laird, mediante la cual es posible explorar indirectamente las representaciones internas de los sujetos a través de lo que éstos son capaces de externalizar de manera verbal, simbólica o pictórica.

La investigación sobre modelos mentales se fundamenta en la premisa que sostiene que la representación mental de la persona puede inferirse de sus comportamientos y verbalizaciones pero advierte su dificultad pues la mayoría de las veces las personas no son conscientes de sus modelos y otras veces dan explicaciones de lo que hacen tratando de identificarse con la persona que hace el cuestionamiento. Desde esta perspectiva asumimos tanto los protocolos concurrentes como los retrospectivos, como complemento de las imágenes de los universos de cada uno de los profesores

Desde las teorías representacionales se vislumbra que la mente consiste en representaciones internas pues los sujetos no captan el mundo exterior directamente sino que construyen representaciones internas de éste; que el comportamiento de una persona es mejor explicado en términos del contenido de su mente; es decir, en términos de sus conocimientos y creencias independientemente de cualquier mecanismo mental. En específico nos fundamentamos en la teoría de los modelos mentales de Johnson Laird quien asume que la mente humana representa el mundo

siguiendo un triple código: proposiciones, imágenes y modelos mentales; para el autor citado, estos últimos son análogos estructurales del mundo, son modelos que las personas construyen para representar estados físicos, son bloques de construcción cognitiva que pueden ser combinados y recombinados como sea necesario, cuya única condición es su funcionalidad; es decir, permitir a los sujetos hacer explicaciones y previsiones sobre el sistema físico que el modelo análogamente representa.

Frente al panorama representacional, muchas y diversas fueron las contribuciones que científicos cognitivos hicieron al respecto; aunque ello significó estar frente a una diversidad⁽⁴⁾ de conceptos sobre modelos mentales, sus presupuestos básicos convergían al suponer que *el cambio conceptual no es la sustitución de una concepción por otra sino el encuentro de limitaciones o campo de validez de la vieja concepción y la aceptación de plausibilidad y eficiencia de la nueva*. Así por ejemplo:

J.I.Pozo (1999), asume el cambio conceptual en términos de la explicitación creciente de las representaciones y procesos de los que el individuo no es consciente; esto es, de las representaciones implícitas; para él, el conocimiento y los supuestos en que se basa, se puede reestructurar o reinterpretar a partir de otras formas de conocimiento más complejas, pero rara vez se abandonan o se eliminan de la mente del individuo ya que resultan de una gran eficacia cognitiva adaptativa.

Stela Vosniadou (1994) interpreta el cambio conceptual como una modificación progresiva de los modelos mentales que la persona tiene sobre el mundo físico, conseguido por medio de *enriquecimiento*, el cual implica la adición de informaciones a las estructuras conceptuales existentes y *revisión*, la cual supone cambios en las creencias o presupuestos individuales o en la estructura relacional de una teoría; (Moreira, 1999).

Para Vergnaud (1994), la construcción de conocimientos es la construcción progresiva de representaciones mentales implícitas o explícitas homomorfas a la realidad en algunos, no en todos los aspectos y el desarrollo cognitivo consiste en el desarrollo de un vasto repertorio de esquemas que permite a los sujetos enfrentar y dominar la gama de situaciones que se les presente; para el autor, los conceptos adquieren carta de naturaleza como integrantes de los esquemas; ellos forman parte del conocimiento del sujeto y le van a permitir la acción.

Rufina Gutiérrez (2000) basa el cambio conceptual en la necesidad del individuo de construir modelos mentales coherentes, robustos y consistentes que posibiliten una concordancia entre su pensamiento y los datos del mundo externo; en este proceso, opina la autora citada, los cambios ontológicos podrían ocurrir con mayor facilidad.

Greca y Moreira (2003), aventuran una hipótesis (la cual suponen que requiere mayor apoyo experimental) sobre el aprendizaje significativo en términos de modelos mentales al asumir que el aprendizaje sería tanto más significativo desde las ciencias cuanto más el sujeto fuera capaz de construir (y quisiera construir) modelos mentales abarcadores, articuladores y consistentes con los modelos conceptuales, que evolucionasen hacia esquemas de asimilación que dotarían de un alto grado de significatividad.

Retomando a Johnson Laird (1983), fundamento de la investigación, no aprendemos el mundo directamente sino que lo hacemos a partir de las representaciones que de éste construimos en nuestras

⁴ Greca y Moreira(2003) opinan que la diversificación y vaguedad de sentidos ha llevado a que prácticamente cualquier representación sea considerada como modelo mental en la investigación educativa.

mentales; entonces, entender un sistema físico o un fenómeno natural implica tener un modelo mental del sistema que le permita a la persona que lo construye explicarlo y hacer predicciones respecto a él. Para este autor, los modelos mentales son análogos estructurales de estados de cosas del mundo, son instrumentos de comprensión e inferencia y tienen estructura interna; esto es, están compuestos de *elementos y relaciones*; se construyen a partir de algunos elementos básicos que el autor denomina “*primitivos conceptuales*”, los cuales son innatos y están organizados en una cierta estructura; pueden ser básicamente proposicionales o básicamente imagísticos o contener proposiciones e imágenes; concibe además la existencia de “*primitivos procedimentales*” innatos. Para el autor referenciado, la fuente primaria de los modelos mentales es la percepción pero también pueden ser fruto de la imaginación; ello implica una correspondencia biunívoca en el sentido que los modelos mentales que construyamos dependen del discurso y de su interpretación y los estímulos externos que percibamos y a su vez, la interpretación del discurso y los estímulos externos percibidos dependen de los modelos mentales que seamos capaces de construir. Este es una característica interesante para la estrategia metodológica que se implementará en la presente investigación.

Distingue entre modelos conceptuales y modelos mentales; al referirse a los primeros, asume que éstos son inventados por maestros, ingenieros, arquitectos, investigadores, etc, para facilitar la comprensión o la enseñanza de sistemas físicos por lo cual son representaciones externas bien delimitadas y definidas, consistentes y completas de sistemas físicos mientras que los modelos mentales son representaciones internas que las personas construyen para representar estados físicos; ellos no son técnicamente precisos pero deben ser funcionales y evolucionan interactuando con el sistema. Esta interacción le permite a la persona modificar su modelo mental con el fin de llegar a una funcionalidad que le satisfaga. *La funcionalidad* es pues, una condición inherente a los modelos mentales que le permite al sujeto detectar si existe o no correspondencia entre las predicciones generadas por el modelo y los eventos externos a los que se enfrenta; la funcionalidad permite incluso que los modelos mentales sean generados en el momento de ser requeridos y posteriormente sean descartados cuando no sean necesarios cognitivamente; esto es, serían modelos de trabajo descartables; (Moreira, 2.003). Sin embargo, cuando los modelos mentales construidos le resultan útiles al sujeto en diversas situaciones, es posible que todo o parte del modelo sea guardado en la memoria de largo plazo acrecentando así el bagaje de conocimientos del sujeto convirtiéndose entonces en esquemas de asimilación.

Acabamos de expresar que para Johnson Laird los modelos mentales pueden ser tanto estructuras dinámicas, inestables e incompletas generadas frente a una situación concreta y situadas en la memoria de trabajo, como pueden ser estructuras estables localizadas quizá en la memoria de largo plazo. Que sean dinámicos significa que pueden ser modificados, actualizados, enriquecidos, que evolucionan en la medida en que el sujeto interactúa con el sistema físico o la situación que debe resolver en un proceso sistemático que J. Laird denomina *recursividad*. La recursividad como estrategia posibilita la transformación, enriquecimiento, evolución a través de la interacción permanente con situaciones y/o problemas. Hemos dicho también que para Johnson Laird los modelos mentales se componen de *elementos y relaciones* y que las estructuras de los modelos mentales son idénticas a las estructuras de los estados de cosas percibidas o concebidas que ellos representan; no debe haber en los modelos mentales elementos sin función ni significado; ello permite resaltar la potencialidad de la teoría de los modelos mentales en el estudio de los procesos de construcción, elaboración conceptual de los individuos. Así, al conocer qué elementos involucran en la representación mental que tienen sobre un determinado evento (en nuestro caso los modelos cosmológicos) y qué relaciones establecen entre esos elementos, es posible inferir el estado de desarrollo conceptual de los individuos, elemento que tomamos como vértebra en el proceso de análisis de las representaciones externas del universo de cada uno de los individuos involucrados en la investigación.

¿Cómo se hizo?. ¿Cuáles fueron las categorías del análisis?.

Teniendo en cuenta que desde la investigación educativa la metodología para la exploración de modelos mentales está basada en el uso de informaciones verbales del sujeto como fuente de datos, se les solicitó a los participantes plasmar en una hoja de papel su visión del universo, dándoles la libertad de hacerlo en frases (proposiciones), imágenes y/o combinando las dos formas; les solicitamos incluyeran en su representación externa alguna explicación de lo representado. La información obtenida fue complementada con protocolos concurrentes y retrospectivos.

Con el objeto de tener elementos de referencia, se indagó sobre los modelos cosmológicos que tienen algunos profesionales no docentes y personas de diferente nivel de formación entre los que se incluyeron estudiantes. Se hizo un análisis comparativo de las distintas representaciones recolectadas.

Desde el paradigma cualitativo se describieron, analizaron los resultados de la exploración y se caracterizaron los modelos cosmológicos teniendo en cuenta con Norman (1983), citado por Rodríguez Palmero y otros (2001), que se está frente a un proceso interpretativo, un intento de buscar explicaciones y de hacer predicciones sobre la muestra indagada, en términos de la propia teoría sobre los modelos mentales. En este sentido en la investigación realizada no se expresan juicios categóricos sobre los resultados obtenidos.

Categorías de análisis:

- A: Universo Contextual.
- B: Universo geocéntrico
- C: Universo Heliocéntrico
- D: Universo acéntrico.

Las representaciones *contextuales* del universo tienen que ver con la idea de considerar el cosmos en torno al hombre, su vida, sus relaciones, su entorno inmediato, lo que de alguna forma tiene incidencia en él. La tierra a sus pies, la luna y el sol y en general el espacio que les rodea forma parte de ese universo. Esta representación asume el concepto universo en la connotación de “*todo lo que nos rodea*”, como lo expresan algunos estudiantes y profesoras. Obsérvese (gráfico 2), cómo en una de las representaciones del universo su autora se asume centro de una historia anterior a su existencia y posterior a ella. Históricamente ello coincide con la etapa del desarrollo de la ciencia en la que la preocupación primordial era la explicación de lo inmediato y la solución de los problemas que afectaban directamente la vida de los individuos; por lo general esta concepción estaba preñada de creencias, mito y religión, los cuales dominaban su pensamiento y sus costumbres⁵.

En la categoría de universo *geocéntrico* se asume como en el modelo ptolemaico del universo, que la tierra es el centro de éste y que todo lo demás gira en torno a ella.

⁵En la cosmología de los pueblos egipcios que habitaron las orillas del Nilo, éste desempeña un papel preponderante en sus vidas pues las tareas agrícolas estaban estrechamente vinculadas con los períodos de crecimiento y decrecimiento de sus aguas. Para ellos, la tierra era una enorme bandeja alargada que se extendía a lo largo del Nilo cuyos bordes eran las montañas que delimitaban el mundo; una bandeja similar, pero invertida constituía la bóveda celeste....La Vía Láctea era la hermana celeste del Nilo. Esta concepción del universo ya no generaba en ellos indefensión ni temor pues era su casa.

El universo *heliocéntrico* está en concordancia con el modelo copernicano complementado y enriquecido con los aportes posteriores. El sol es el centro del universo. La tierra, como los otros planetas, hace parte de un solo universo material.

Universo *acéntrico* responde a las modernas teorías cosmológicas desde las cuales el universo no tiene centro preferencial, la tierra no tiene un status privilegiado dentro del universo; además éste está en permanente evolución, es homogéneo a gran escala, tanto en la velocidad de expansión como en la distribución de la materia. Los bloques fundamentales son las galaxias.

Se exploraron y analizaron las representaciones externas sobre el universo de 34 personas: Ocho estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales para el nivel de la básica (va desde el grado cero hasta el noveno grado de educación). Cuatro profesionales no docentes (2 ingenieros una administradora de empresas, una química farmacéutica). Un comerciante y una secretaria ambos muy relacionados con el planetario y 20 profesores de las áreas de ciencias naturales (física, química y biología), ciencias sociales y lenguaje, que frecuentan el espacio *viernes del educador*. En este grupo contamos seis instructores del planetario. Los veinte profesores representan el 52.9% de la muestra; su heterogeneidad nos permitió hacer interpretaciones entre las diferentes representaciones teniendo en cuenta las diferencias entre los grupos, es decir, las categorizaciones realizadas.

¿Qué encontramos?. Análisis de los resultados

Categoría A. *Universo Contextual.*

Se detectan en esta categoría dos grupos: A1 con cinco 5 profesores y A2 con tres.

Grupo A1= Sus representaciones del universo están dadas en frases sueltas y/o expresiones relacionadas con el entorno inmediato; en el grupo A2 las representaciones imagísticas combinadas con alguna explicación denotan, como en el grupo anterior, un universo considerado como el contexto que ejerce más influencia en el ser. (Ver gráficos 1 y Gráfico 2)

Gráfico 1

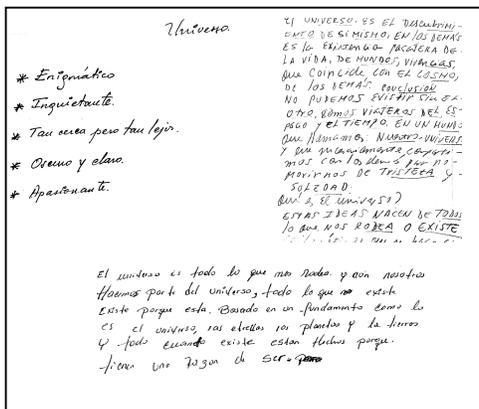
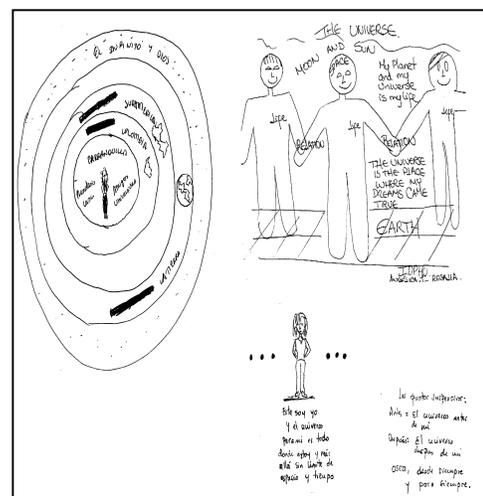


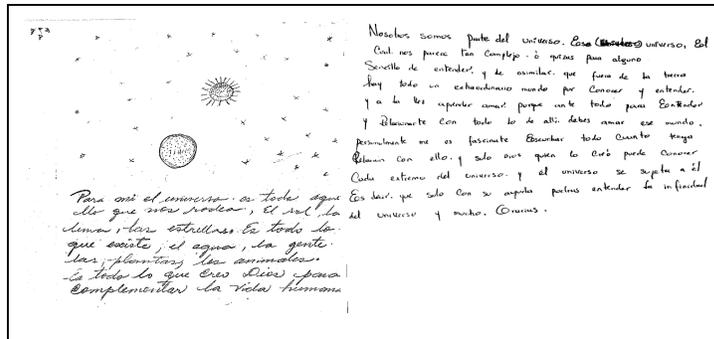
Gráfico 2



Categoría B; *Universo geocéntrico*

La imagen y las expresiones de una licenciada en matemáticas y física, profesora en ejercicio, desvelan un universo geocéntrico. Aunque no lo ha explicitado, el tamaño de la tierra respecto al sol y de éstos respecto al mar de estrellas en que se encuentran embebidos, señalan la jerarquía de la tierra. (Ver Gráfico 3)

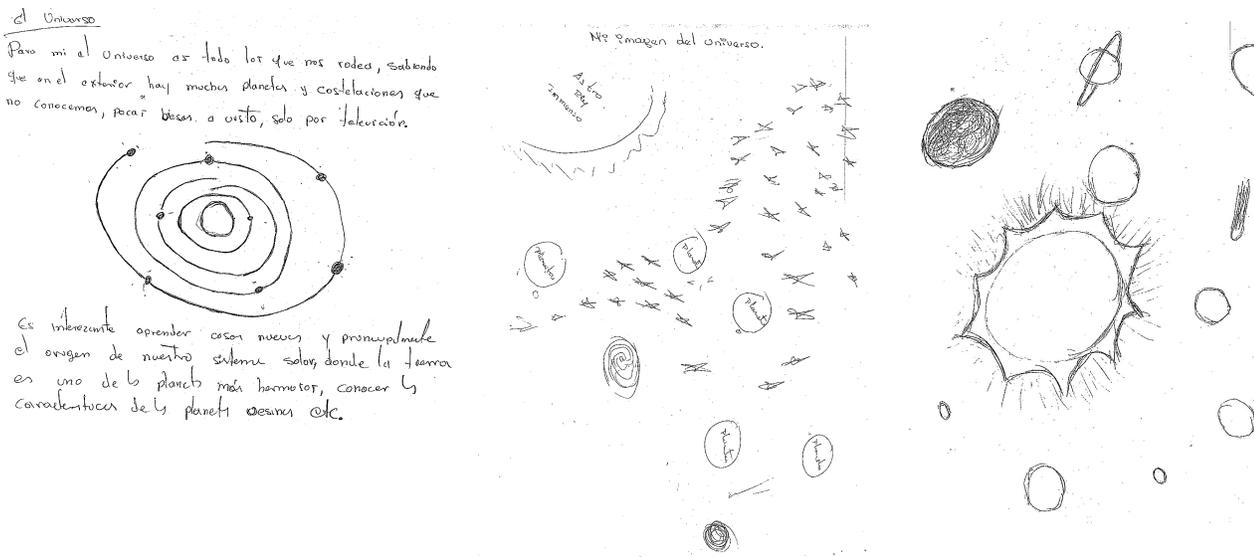
Gráfico 3



Categoría C. *Universo Heliocéntrico*

Tres estudiantes de la licenciatura; dos profesoras de bachillerato y una profesora auxiliar del planetario conforman la muestra que asume una representación heliocéntrica del universo. Las representaciones no van más allá del sistema planetario. Cuatro de las seis representaciones asumen la existencia de otras estrellas además de nuestro sol, el cual destacan por su tamaño. Es importante señalar que estas representaciones del universo pueden ser interpretadas en términos de lo que Goodman, citado por Jerome Brunner y Carol Feldman(1999), señala como versiones de mundo que han sido dadas por supuesto para otros fines. (Gráfico 4); para nosotros, son representaciones que desvelan errores que no son exclusivos de los estudiantes.

Gráfico 4



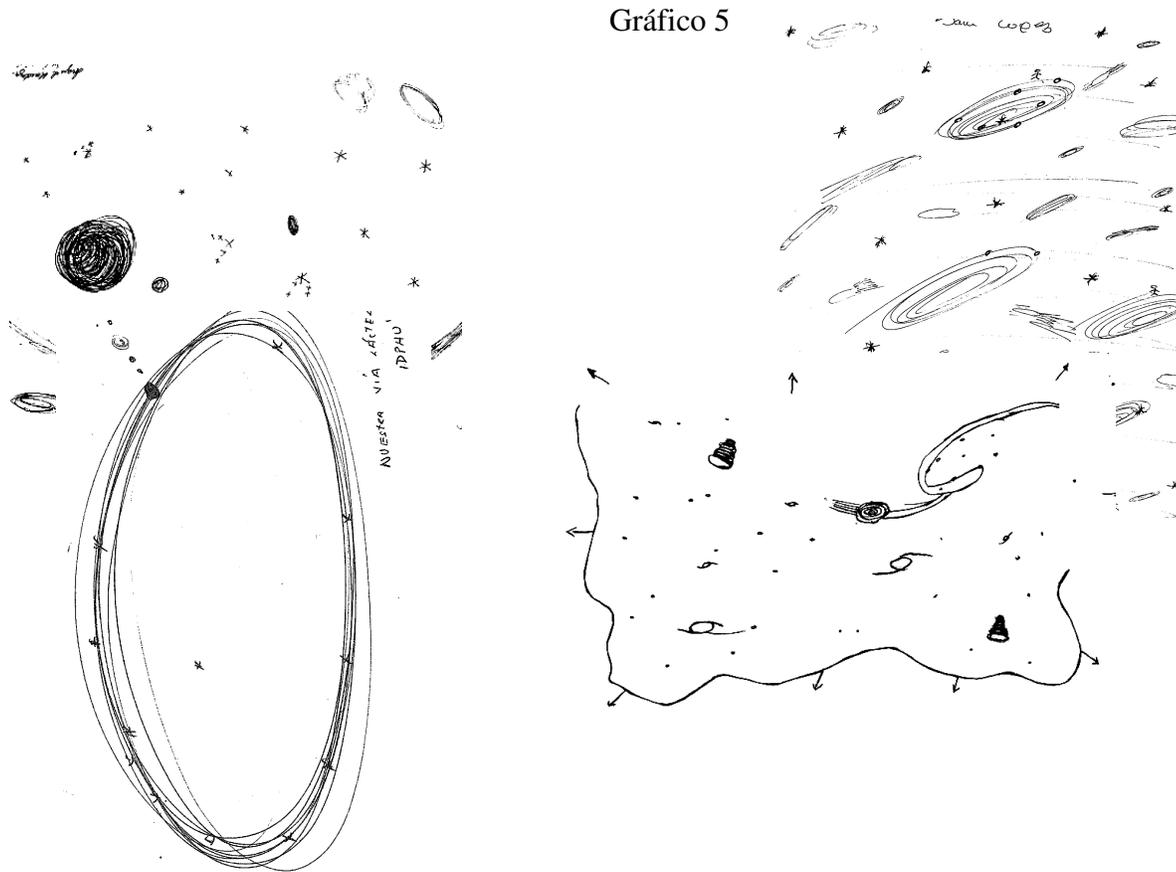
Categoría D: *Universo Acéntrico*.

Doce profesores, tres estudiantes de la licenciatura, tres profesionales no docentes y el comerciante muy relacionado con el planetario, asumen al universo acéntrico, constituido según algunos por un mar de estrellas en el que se encuentran embebidos los planetas y otros cuerpos, y para otros por una distribución homogénea de estrellas o de galaxias. Ello supone señalar que hay dos grupos con diferencias marcadas. El grupo D1 lo constituyen aquellas representaciones que asumen el universo lleno de una serie de cuerpos y objetos algunos identificables y otros no, similarmente al universo sacó que señalaban Afonso y sus colegas (Op, cit), que nosotros preferimos llamar universo

miscelánea. El grupo D2 lo constituyen aquellas representaciones que asumen el universo acéntrico conformado por cuerpos bien identificados incluyendo además algunos elementos en la explicación que dan a entender una idea clara sobre la distancia de separación entre éstas y sobre la homogeneidad del universo. Dentro de este grupo encontramos representaciones más cerca al modelo cosmológico científicamente aceptado. Denotan claridad en sus constituyentes, ubicación, factor de escala, homogeneidad, etc.

Grupo D1: Asumen un universo repleto de planetas, estrellas, constelaciones dispuestos en forma desorganizada que hace pensar más en una imagen del cielo nocturno que en una clara concepción donde se expliciten las propiedades y relaciones fundamentales de los constituyentes del universo de acuerdo con las tendencias científicas recientes. La profesional no docente estructura su representación como los anteriores en función de una diversidad de elementos como estrellas, meteoros y mundos habitados en diferentes galaxias, cuya distribución es aleatoria. Una docente del área de humanidades presenta una imagen onírica del universo que se expande a partir de un comienzo y que contiene no sólo galaxias sino otros elementos desconocidos; según el protocolo recurrente, ella asume que el universo no tiene fin y que éste es cada día más desconocido. La otra docente representa la Vía Láctea como una elipse en uno de cuyos focos está una estrella no identificada; en la superficie de la elipse hay muchísimas estrellas y, por supuesto, nuestro sistema planetario. Las representaciones de este grupo no nos permiten inferir si se está frente a individuos que han comprendido y manejan las teorías cosmológicas recientes pero si asimilarlos a una categoría más contemporánea y estructurada

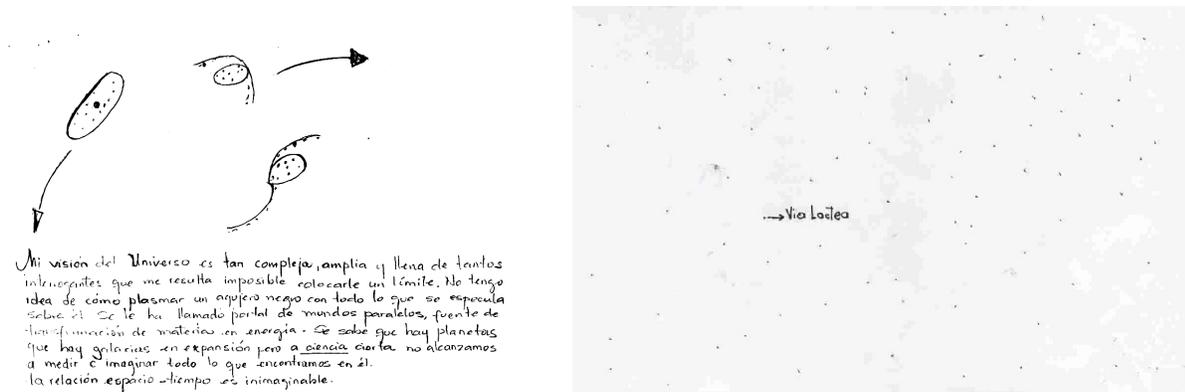
Gráfico 5



Grupo D2: Aunque existen algunas diferencias en las representaciones, todas tienen que ver con un universo acéntrico, homogéneo y constituido por bloques fundamentales como las galaxias. Entre las representaciones, dos son explícitamente claras, asumen un universo sin límites, con una

distribución homogénea de galaxias. De las representaciones de este grupo podríamos inferir que sus autores entienden y manejan unos conceptos científicamente válidos que les ha permitido formar modelos mentales e incluir en éstos elementos y relaciones básicas de los cuales pueden extraerse explicaciones válidas desde el punto de vista científico. Los integrantes del grupo D2 tienen características comunes: Los ingenieros tienen vínculos estrechos con lecturas relacionadas con el cosmos; uno de los dos docentes de ciencias naturales ha venido participando con sus estudiantes en las ferias de ciencia y creatividad, tiene en el colegio club de astronomía y participa en los viernes del educador algunas veces como ponente trayendo sus experiencias de aula, los cinco instructores del planetario uno es el director del mismo y el otro es un joven que desde niño se vinculó en los clubes de ciencia promovidos por la fundación, haciendo parte del club Eureka y colaborando en el centro interactivo; en su colegio tenía club de astronomía del cual formaba parte trayendo a las ferias de ciencia sus trabajos. Podríamos decir que éste es hijo intelectual de la fundación. Ello rescata y valida lo que desde las teorías representacionales se viene esgrimiendo en el sentido de asumir el contexto como una de las variables más influyentes en la formación y evolución de las representaciones mentales; para Pozo (2.003), el hombre moderno, el habitante del siglo XXI, es desde la ciencia cognitiva un preceptor – representador cuyas representaciones del mundo real o imaginario están permeadas por el contexto cultural donde se mueven.

Gráfico 6.



Interpretaciones y juicios de valor

La heterogeneidad de la muestra, constituida por ocho estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales para el nivel de la básica, tres profesionales no docentes, una secretaria, un comerciante y 20 profesores en ejercicio entre los cuales encontramos cuatro licenciados en ciencias sociales, dos licenciados en humanidades y catorce profesores de formación en ciencias, conjuntamente con el análisis realizado a los documentos referenciados, nos permite hacer interpretaciones de las cuales sacamos las siguientes inferencias o juicios de valor.

La presencia de estudiantes y profesores en ejercicio en las categorías A1, A2 y B, es indicio que la enseñanza recibida no posibilitó una evolución racional de la idea del universo denominada de sentido común. Es de enfatizar que si no todos, la gran mayoría de los docentes de ciencias sociales y humanidades caen en estas categorías, lo cual es verdaderamente preocupante pues de acuerdo con los estándares curriculares del Ministerio de Educación Nacional, son los docentes de ciencias sociales los que tienen la responsabilidad de introducir a los niños del quinto y sexto grado en el conocimiento del cosmos. La imagen del universo señalada por una profesora licenciada en matemáticas y física nos

hace afirmar que tampoco en las aulas universitarias se han tomado los temas de cosmología como objetos de conocimiento, reflexión y formación profesional.

La representación externa del universo del comerciante, cuyas características comparadas con representaciones de algunos docentes señalan para la representación del comerciante un mayor desarrollo, conlleva a inferir que es poca la incidencia de la formación recibida en las aulas de clases en la evolución de las representaciones mentales que sobre el universo tienen las personas; en cambio es notable la incidencia que ha tenido sobre estas representaciones el contacto permanente con el planetario, lo cual es quizá un indicio de que es posible inducir desarrollo, evolución conceptual sobre los temas relacionados con cosmología y ciencias afines, independientemente de la preparación-instrucción que tenga en sujeto cognoscitivo.

El espectro mostrado en las representaciones va desde proposiciones inconexas hasta modelos más estructurados, más coherentes y válidos científicamente, lo cual corrobora lo que investigadores como (Nardi y Pessoa, 1998; Nussbaum y Novak, 1976; Daniel Gil(1993) y otros) han señalado sobre la similitud que existe entre la evolución conceptual de los individuos y el desarrollo de la ciencia a través de la historia. Puede interpretarse el espectro referido anteriormente asumiendo de acuerdo con Ana Vega(2.001), que muchas de las ideas expuestas en las diferentes representaciones no alcanzan a conformar construcciones coherentes pues ellas provienen de un bloqueo conceptual que el profesorado arrastra desde su infancia.

Fundamentados en Johnson Laird (1983), podemos afirmar que las representaciones proposicionales caracterizadas en el grupo A1, constituyen objetos conscientes del pensamiento expresados en el lenguaje natural, son indicios de procesos conceptuales menos desarrollados; las imágenes nos muestran desde la perspectiva del el autor citado, las características de ese universo perceptible en el cielo estrellado de las noches oscuras y las representaciones más elaboradas son modelos estructurados a través de los cuales es posible inferir que el individuo posee un Working model del universo.

La concentración de docentes de ciencias naturales e instructores del planetario en el grupo D2 cuyas representaciones están más cerca de los modelos cosmológicos científicamente aceptados indica la influencia del contexto cultural en su formación y evolución.

Vale la pena referirnos además al análisis de los estándares curriculares que muestra cómo en los contenidos de física que se sugiere desarrollar en el cuarto grado de básica primaria y en el décimo grado de la educación media, no se plantean desarrollos en términos de una visión general del universo que le permita al estudiante dimensionar la tierra y el sistema planetario en el contexto de un universo ilimitado que le proporcionen a niños, niñas y jóvenes una representación mental válida, funcional y coherente con los modelos científicamente aceptados, lo cual nos lleva a pensar que los individuos hacen el tránsito por los diferentes niveles y grados de la enseñanza sin que el estudio de las ciencias le ponga en la necesidad de evaluar – revisar - confrontar su imagen del universo. Por otro lado, teniendo en cuenta que es en los currículos de ciencias sociales donde aparece el estudio del universo, valdría la pena examinar si en los currículos que sustentan la formación profesional de éstos se le ha dado espacio al estudio, análisis y reconceptualización del universo desde la perspectiva de las teorías cosmológicas recientes.

Conclusiones preliminares

¿Qué tipo de representaciones sobre el universo manejan los profesores en ejercicio y en formación?. ¿Cuales son sus características?. ¿Qué elementos incluyen en la explicación de sus representaciones?. ¿Existen diferencias marcadas entre las representaciones de los profesores en ejercicio, estudiantes de licenciatura, profesionales no docentes y personas del común?.

De acuerdo con la bibliografía consultada y los documentos analizados, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

La Cosmología no hace parte de los currículos de ciencias de los diferentes niveles de la educación. Realmente los avances científicos del siglo XX no han traspasado el umbral de las aulas de clases de las instituciones educativas. Aunque de acuerdo con la revisión bibliográfica esta limitación no es característica única de los currículos de ciencias naturales de la educación colombiana, es preocupante que en los albores del siglo XXI sigan egresando profesionales cuya preparación científica no les permite entender, comprender y manejar conceptualmente las teorías y fenómenos de la ciencia desarrollada a lo largo del siglo pasado y el presente y mucho menos construir modelos cuyos elementos y relaciones sean científicamente válidos.

La Ciencia Cognitiva está propugnando por un individuo perceptor – representador ya que sus representaciones permiten saber lo que el sujeto conoce, maneja y es capaz de hacer; sin embargo, es preciso expresar que poco se viene adelantando en las aulas de clases para ayudar a los estudiantes a desarrollar la capacidad de construir representaciones mentales sobre teorías, fenómenos o conceptos que se estudian, científicamente válidos.

Las representaciones sobre el universo dejan claro el espectro conceptual de la muestra indagada; en cuanto a la fundamentación, están direccionadas en un porcentaje significativo por creencias e ideas que no van más allá de lo que la cultura griega aportó al desarrollo de las ciencias; otras muestran mayor conocimiento y manejo de los fundamentos conceptuales, presentando diversos estadios de desarrollo de acuerdo con el grupo en que fueron caracterizadas. La presencia de profesores y estudiantes en grupos de menor desarrollo devela por un lado, la poca influencia que sobre las mismas ha tenido la instrucción formal y por el otro, la incidencia de los medios de comunicación y la educación no formal en la formación y evolución de las mismas. Los elementos incluidos en un gran porcentaje de las representaciones, que tienen que ver con términos de la cosmología de frontera acuñados y socializados por los medios de comunicación, indican claramente que los sujetos han involucrado en sus representaciones estos elementos transformándolas, lo que implica reconocer que las representaciones son estructuras dinámicas que evolucionan de acuerdo con lo que el contexto cultural le aporta.

Las representaciones del universo que tenemos los sujetos por lo general no son requeridas por la cotidianidad. Ello supone que normalmente no somos conscientes de nuestra idea de universo; es por eso que algunos individuos permanecieron perplejos ante la solicitud de plasmar sus representaciones y algunos decidieron no entregarla mientras que otros expresaban la dificultad que tenían, pues era la primera vez que estaban en la necesidad de pensar en esto. ¿Significa ello que algunas representaciones son modelos situacionales hechos ad hoc que quizá no corresponden a la realidad conceptual del sujeto? O, como lo expresa Johnson Laird(1983), al tener en la cabeza los sujetos unos primitivos conceptuales, las representaciones son producto de su combinación y correlación, lo cual valida asumirlas como producto del nivel conceptual del individuo?.

Cualitativamente, no podemos hablar de grandes diferencias entre las representaciones del universo pues en todos los grupos hubo docentes y estudiantes. Tampoco puede decirse que la

formación universitaria incide en el pensamiento del sujeto respecto al universo. Si podría inferirse que el desarrollo de modelos mentales del universo válidos científicamente no son producto de la educación formal, como se dijo antes; al respecto, teniendo en cuenta la similitud de las representaciones de estudiantes y profesores, con Schoon(1995), podríamos señalar que muchas de las ideas alternativas del alumnado se originan en las aulas porque esas ideas son las que tienen los profesores.

En términos de la investigación educativa es preciso señalar del análisis de las representaciones externas de los sujetos cognitivos que sus representaciones internas determinan su forma de actuar, pensar, hacer predicciones e inferencias, tal y como la teoría representacional lo señala. Puede decirse con Johnson Laird, Goodman, Brunner, Moreira, Greca, etc.. que en realidad la mente opera con el triple código representacional del que ya hemos hablado y que es posible inferir de esas representaciones el desarrollo conceptual de los individuos.

Los docentes son conscientes de la importancia e interés que los estudiantes muestran sobre la temática que nos ocupa pero se muestran bastante tímidos frente a la posibilidad de desarrollarla dado que ellos no fueron preparados en su formación inicial ni se les ha dado la oportunidad de aprehenderlos en la formación continuada que han recibido.

Sugerencias

Quienes tienen bajo su responsabilidad formular e impulsar políticas educativas deben tener en cuenta que la efectividad de las reformas curriculares depende de la formación, actualización de los docentes en ejercicio y de la calidad de los procesos implementados en las carreras de formación del profesorado. Por ello es imprescindible no sólo propugnar por una renovación curricular a todos los niveles de la educación cuyos contenidos incluyan los avances científicos contemporáneos, sino que paralelamente esta política educativa debe ser reforzada con procesos de formación – actualización – perfeccionamiento docente.

Se precisa iniciar una reforma curricular en todos los niveles que incluya en los planes de estudio temas relacionados con la Cosmología y Física contemporánea, tal como se sugirió en el tratado de Batavia

Es urgente promover un cambio en los procesos de formación inicial y continuada de los profesores que conlleve a la actualización y perfeccionamiento de éstos en los desarrollos científicos contemporáneos, su enseñanza, su aprendizaje, elaboración de materiales educativos apropiados, entre otros.

Tanto la formación inicial de los docentes como la continuada deben implementarse estrategias metodológicas que busquen la formación de modelos mentales sobre los conceptos, teorías y fenómenos de la física desarrollada a lo largo del siglo XX, válidos científicamente.

Bibliografía

AFONSO, López R ; BAZO, G Y Otros(1995): *Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el universo; Enseñanza de las Ciencias.* 13(3).

ALEMÁN, Berenguer(1997): *Errores comunes sobre relatividad en profesores de enseñanza secundaria . Enseñanza de las ciencias.* 15(3)

- ALEMÁN, Berenguer y PEREZ, Selles(2.000): *Enseñanza por cambio conceptual; de la física clásica a la relatividad. Enseñanza de las ciencias. 18(3)*
- ANDRÉ, M, E.D.A (1998): *Etnografía de la práctica escolar*. Papirus Editora. San pablo
- ARNAU, Arturo(1994): *El universo material*. Mundo científico, Vol 14 número 151.
- ARONS, Arnold(1990): *Evolución de los conceptos de la física*. Trillas. México
- BARROW, John D. y SILK, Joseph(1980): *Estructura del universo primitivo*. Investigación y ciencia. Número 45.
- BOIDO, Guillermo(1996): *Noticias del planeta tierra. Galileo Galilei y la revolución científica*. A – Z Editora. Buenos Aires.
- BRUSH, Stephen G(1992): *Cosmología, teorías y observaciones*. Investigación y ciencia número 197
- BRUNNER, Jerome; FELDMAN, Carol(1999): *Realidad mental y mundos posibles. Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Gedisa. Barcelona
- BUCHER, Martín A y Otro(1999): *Inflación en un universo de baja densidad*. Investigación y ciencia. Número 270.
- CAMINO, (1995): *Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna*. Enseñanza de las ciencias. 13(3)
- CID, Felip(1997): *Enciclopedia Historia de la ciencia. Vol 4. Edad contemporánea*. Planeta. Barcelona.
- CRAIK, Kenneth(1963): *The nature of explanations*. Cambridge University express.
- CRAIG, J. Logan et all(1999): *Exploración del espacio tiempo mediante supernovas*. Investigación y Ciencia Número 270.
- CHAMORRO, Belmont Alberto(2.000): *Concepción física contemporánea del universo*. Universidad del país Vasco. España. Bajado de Internet.
- DE MANUEL, J.(1995): *¿Por qué hay veranos e inviernos?. Representaciones de estudiantes (12 – 18) y de futuros maestros sobre aspectos del modelo sol – tierra*. Enseñanza de las ciencias. 13(2).
- DE VEGA, Manuel(1984): *introducción A LA Psicología Cognitiva*. Alianza editorial. Madrid. pp 213 - 313
- DOMÉNECH, C.A(1998): *El debate sobre la masa relativista: el problema definicional y otros aspectos epistemológicos*. Enseñanza de las ciencias. 16(2).
- EISENK M. W y KEANE, M.J(1994): *Psicología Cognitiva. Un manual introductorio*. Porto Alegre, Artes Médicas, pp 179 – 219
- EINSTEIN, Albert(1985): *El significado de la relatividad*. Barcelona. Planeta Agostini. (escrito por Einstein en 1932)
- FAGUNDES, Helio, V(2.002): *Modelos Cosmológicos y la aceleración del universo*. Revista brasilera de enseñanza de la física. 24(2).
- GARDNER, Howard(1983): *Frames of mind. The Theory of multiple intelligences*. N.Y. Basics Books
- GARCÍA, G(1989): *Sobre masa y Energía*. Revista española de física. Vol 3. pps 59 – 62
- GIL, Daniel(1993): *Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación*. Enseñanza de las ciencias. 11(2)

- GRECA, I.M y Otros(2.001): *Una propuesta para la enseñanza de la Mecánica Cuántica*. Revista brasilera de enseñanza de la física, pp 444 – 457
- GRECA I. M y MOREIRA, M.A(1995): *Un estudio sobre Representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y profesionales*. U.F.R.G.S.
- GRECA, I. M y HERSCOVITZ (2.002): *construyendo Significado en Mecánica Cuántica*. Enseñanza de las Ciencias. 20(2).
- GUTIERREZ, E.E; CAPRIANO, V.C y Otros(2.000): *Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear?*. Enseñanza de las ciencias.18(3)
- JONSON- LAIRD, P. N(1987): *Modelos en ciencia cognitiva*. Norman D editora. Perspectivas de la ciencia cognitiva. Barcelona.
- JOHNSON – LAIRD, P: (1983): *Mental Models*. Cambridge University.
- JOHNSON – LAIRD, P(1988|1990): *El ordenador y la mente . Introducción a la ciencia cognitiva*. Barcelona. Paidós
- JORDI, José y HERNANZ, Margarida(2.001): *Explosiones de Novas, pirotecnia estelar*. Astronomía y Universo.
- KRAUSS, Lawrence, M(1987): *Materia oscura del universo*. Investigación y Ciencia número 125.
- KRAUSS, Lawrence, M(1999): *Antigravedad cosmológica*. Investigación y Ciencia número 272.
- KRAUSS, Lawrence, M(2.003): *The history and fate of the universe. A guide to the accompany the contemporary physics education. Project cosmology chart*. The Physics Teacher. 41(3).
- LEMONS Nivaldo(2.001): *E=mc². Origen y Significado*. Revista brasilera de enseñanza de la física; pp 3 – 9
- LOPEZ, M. Cayetano(2.000): *Ah, pero el universo es plano?*. Universidad Autónoma de Madrid. Sacado de la Internet.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, (MEN). (1996): *Estándares curriculares en ciencias naturales..* Santa Fe de Bogotá
- MOREIRA, M.A(1994): *representaciones MENTales en el aprendizaje de la física. Imágenes, proposiciones y modelos mentales*. U.F.R.G.S, Porto Alegre.
- MOREIRA, M.A(1999): *Modelos mentales*. Programa Internacional de doctorado en la enseñanza de las ciencias. Texto de apoyo número 8. Universidad de Burgos, España. U.F.R.G.S. Brasil.
- MULLER, Richard, A(1978): *La radiación cósmica de fondo y el nuevo movimiento del éter*. Investigación y Ciencia número 22
- NARDI, Roberto y PESSOA, A.M(1991). *Um estudo sobre a evolucao das nocoies de estudantes sobre espaco, forma e forca gravitacional do planeta terra*. UNESP. Brasil
- NARDI, Roberto y PESSOA, A.M(1994): *História da ciencia x aprendizagem – algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicogenético sobre o conceito de campo de forca*. Enseñanza de las ciencias. 12(1), pp 101 – 106.
- NEWELL y SIMON, H(1972). *Human Prolem solving*. Anglewood cliffs. N.T. Prentice Hall
- NUSSBAUM, J y NOVICK, D(1979). *Childrens conceptions of the earth as a cosmic body – a cross age study*. Science education 63(1); pp 83 – 93.

OSTERMANN, Fernanda y MOREIRA, M.A(1999): *A Física na formacao de professores do ensino fundamental*. Editora da universidade. U.F.R.G.S.

OSTERMANN, Fernanda y MOREIRA, M.A(2.000): *Física contemporánea en la escuela secundaria. Una experiencia en el aula involucrando formación de profesores*. Enseñanza de las ciencias 18(3).

PEDUZZI, L (2.001): *Historia de la ciencia*. Documento de trabajo. Doctorado Internacional en la enseñanza de las ciencias. Universidad de Burgos. España

PEREZ, H y SOLVES, J(2.003): *Algunos problemas en la enseñanza de la relatividad*. Enseñanza de las ciencias. 21(1)

PEREZ, Serrano, Gloria(1998): *Investigación cualitativa, retos e interrogantes*. Morata. Madrid

PORLAN, Rafael; RIVERO. G. A y Martín del Pozo (1998): *Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones*. Enseñanza de las ciencias. 16(2).

POZO, J.I(1994): *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata. Madrid

POZO, J.I (2.001): *Humana Mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Morata. Madrid

POZO, J.I(1999): *Mas allá del cambio conceptual, el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional*. Enseñanza de las ciencias 17(3).

POZO, J.I y gomez, Crespo(2.002): *La adquisición del conocimiento científico una prótesis cognitiva?*. Innovación y ciencia. Vol V números 3 y 4. Bogotá.

REES, Martín(2.000): *Exploración del universo*. Investigación y Ciencia. Número 280

RODRÍGUEZ, E y MENESES, J(2.003): *Las concepciones y creencias de los profesores de ciencias naturales sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje mediados por la formación inicial, la educación continuada y la experiencia profesional*. Tesina. Burgos.

RODRÍGUEZ, G; GIL,J y GARCÍA, E(1992): *Metodología de la investigación educativa*. Ediciones aique. Buenos Aires.

RODRÍGUEZ, P. Mary Luz; MARRERO, A. Javier; MOREIRA, M.A (2.001): *La teoría de los Modelos Mentales de Johnson Laird y sus principios: Una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria*. Bajada de la internet.

RUIZ, Pilar; LAFUENTE, Alex y Otros(1999): *Supernovas y Expansión acelerada del universo*. Investigación y ciencia número 270.

SAGAN, CARL(1987): *Cosmos. Planeta. Barcelona*

SANTOS, Corchero, Emilio(2.001): *La segunda herejía de Einstein. No creía en los agujeros negros*. Revista española de física 15(2)

SEGURA, Dino(2.002): *La enseñanza de las ciencias en Colombia*. Innovación y ciencia. Vol V números 3 y 4 . Santa Fe de Bogotá

SOLVES et all(2.002): *Algunas consideraciones sobre la masa*. Revista española de física 16(1); pp 47 – 51

TEDESCO, J.C(2.004): *La enseñanza de las ciencias y la formación del profesorado*. Conferencia. Encuentro internacional sobre innovación e investigación. Bogotá

TOLEDO, B y otros(1997): *Análisis de las transiciones de la física clásica a la relativística desde la perspectiva de cambio conceptual*. Enseñanza de las ciencias. 15(1).

VEGA, Navarro, Ana(2.001): *Representaciones del profesorado de primaria acerca del día y la noche.*
Enseñanza de las ciencias 19(1).