

# PROUESTA DE MODELO DE EVALUACIÓN MULTIDIMENSIONAL DE LOS APRENDIZAJES EN CIENCIAS NATURALES Y SU RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Julio César Tovar-Gálvez

Universidad Antonio Nariño, Facultad de Educación. Bogotá, Colombia.

[julitovar@uan.edu.co](mailto:julitovar@uan.edu.co); [joule\\_tg@yahoo.com](mailto:joule_tg@yahoo.com)

[Recibido en Marzo de 2008, aceptado en Junio de 2008]

## RESUMEN<sup>(Inglés)</sup>

*La propuesta de modelo evaluativo multidimensional en Ciencias Naturales que se presenta, tiene como soporte la consideración de la evaluación como uno de los campos de estudio de las Didáctica de las Ciencias; y comprender que esta última es coherente con las dinámicas de las mismas Ciencias Naturales, significa una especificidad epistemológica, la que a su vez exige especificidad para la Evaluación en el mismo campo de la enseñanza. Desde esta perspectiva se presenta la Evaluación en Ciencias desde varias dimensiones: conceptual, administrativa-metodológica, actitudinal, comunicativa, e histórico-epistemológica; quedando como expectativa un mayor reconocimiento de los contextos de los grupos y naciones.*

**Palabras clave:** didáctica de las ciencias; evaluación en ciencias; ciencias naturales.

## INTRODUCCIÓN

Hablar de Evaluación en Ciencias exige construir referentes y visiones que no se queden en lo general de la misma evaluación, sino que respondan de manera específica a la estructura de las ciencias.

Históricamente la Didáctica de las Ciencias Naturales ha venido consolidándose como una disciplina científica y autónoma; es decir que la comunidad de especialistas ha definido campos problemáticos prioritarios, ha construido referentes teóricos y metodológicos cada vez más propios; cobrando independencia frente otras disciplinas como la psicología, antropología, ciencias básicas, didáctica general y sociología (Cachapuz, Praia, Gil-Pérez, Carrascosa y Martínez, 2001; Adúriz e Izquierdo, 2002). Ahora bien, es de esperar que en la Evaluación en Ciencias, como uno de los campos problemáticos de la Didáctica de las Ciencias Naturales, también se generen referentes específicos.

Los avances en Didáctica de las Ciencias Naturales se han logrado en gran medida desde el estudio de las llamadas metaciencias, es decir desde la historia y la epistemología de las ciencias. El principal planteamiento es que desde el estudio histórico-epistemológico de la construcción de los conocimientos científicos, de la dinámica de las comunidades de especialistas y del contexto en que ello se dio, es posible proponer una didáctica específica, que no se subordina a principios generales de disciplinas auxiliares. Esta especificidad epistemológica debe ser la misma que soporte la Evaluación en Ciencias.

Desde las reflexiones sobre las ciencias, se resaltan las epistemologías no racionalistas, como las de Kuhn (1972) y Newton-Smith (1987), entre otros, y los estudios sociales de las ciencias (Latour y Woolgar, 1995; Latour, 2001), en tanto reconocen la ciencia como construcción social, histórica, por comunidades de especialistas, con estructuras conceptuales y metodológicas relativas, producidas a través del proceso de la investigación, relacionada con otras disciplinas y con implicaciones a nivel tecnológico, social y ambiental.

Ahora bien, desde dicha perspectiva el trabajo para el didacta de las ciencias naturales es reflexionar sobre: si se reconoce una estructura y dinámica de las ciencias compleja, relativa, que abarca varias dimensiones y que tiene impactos sobre el entorno ¿qué versión de ciencia se ha venido enseñando en el sistema educativo?, ¿qué tanto de todo ello se está promoviendo en el aula?, ¿cuáles son los objetivos de la educación en ciencias?, y consecuente con estas preguntas cabría ahora cuestionar ¿qué debe ser la evaluación en ciencias?, ¿qué se ha privilegiado históricamente en la evaluación en ciencias?, ¿la evaluación en ciencias promueve el cumplimiento de los objetivos de la educación en ciencias?, entre otras.

El presente artículo tiene como objetivo aportar a la discusión, análisis, y construcción en torno al problema de la evaluación de los aprendizajes en ciencias naturales, por lo que se presenta una propuesta de modelo multidimensional, que en principio puede ser aplicable al bachillerato y a la educación superior.

## **DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES A LA EVALUACIÓN EN CIENCIAS**

En Colombia se tienen varios avances por parte de la comunidad local de especialistas en Didáctica de las Ciencias Naturales, pero interesa retomar posturas que parten del análisis de la dinámica de las Ciencias Naturales, para hacer propuestas que abarcan la definición de aprendizaje, enseñanza y por su puesto evaluación en el mismo campo. Los referentes que se presentan a continuación son versiones de enseñanza de las ciencias que superan la tradicional centrada exclusivamente en lo conceptual; de tal manera que dan relevancia a otros aspectos y dimensiones que se relacionan en las ciencias y que por ende deben hacer parte de la didáctica y la evaluación:

Gallego-Badillo y Pérez (1997) presentan su versión epistemológica constructivista, con elementos de las teorías de Piaget, Vigotsky y Ausubel. La propuesta analiza aspectos acerca de la construcción de representaciones de conceptos, fenómenos y teorías que consigue el sujeto, las cuales se resignifican en la inevitable interacción con sus pares. Esta suposición aplica la concepción khuniana de construcción en

comunidades, al interior de las cuales las propuestas o modelos teóricos son avalados por los especialistas; así que el sujeto al interactuar debe dar nuevos significados a sus representaciones y negociar con el contexto social, económico, político y cultural. Esta propuesta se extiende en el concepto de aprendizaje, pues los autores definen que no solo se deben buscar cambios de tipo conceptual en el aula, sino que se debe buscar el cambio en las Estructuras Conceptuales, Metodológicas, Actitudinales y Axiológicas ECMAA's del sujeto. La complejidad de la propuesta exige una didáctica más amplia y permite tener mayor proximidad a los modelos que dan cuenta de la dinámica de las ciencias.

Desde otra perspectiva, Ladino-Ospina (2004 y 2007) propone la didáctica y evaluación de la química desde las competencias específicas. Con este objetivo, la autora define la competencia en química desde una dimensión de dominio y proficiencia que tiene el sujeto sobre las estructuras teóricas de la química, lo cual se evidencia por su desempeño, definido desde una dimensión metodológica, y en un contexto social específico. Esta perspectiva que se puede decir que hace parte de las epistemologías racionalistas moderadas, por poseer un componente que explica aspectos teórico-metodológicos de la ciencia y otro muy importante que reconoce la dependencia con un contexto, da directrices para la didáctica y la evaluación, aportando a la construcción de la autonomía, la formación integral y el aprendizaje, a través de la misma evaluación (Bernal y Ladino-Ospina, 2004).

Ahora bien, tomando otro referente, el del Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia (MEN), es posible ver el enfoque de una didáctica y evaluación que no solo se queda en lo conceptual. Independiente de la discusión alrededor de la unificación y homogeneización a pesar de la diversidad cultural colombiana (al igual que en toda Latinoamérica) y de lo controversial que desde allí se presentan conceptos como *autonomía institucional, equidad y calidad*, es posible analizar la estructura de los *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales* (MEN, 2004) que hacen parte de la política educativa del gobierno nacional.

El MEN define los estándares básicos de competencias como "*criterios claros y públicos que permiten conocer lo que deben aprender nuestros niños, niñas y jóvenes, y establecen el punto de referencia de lo que están en capacidad de saber y saber hacer, en cada una de las áreas y niveles*" (p. 5). Así mismo define que el objetivo de los estándares es permitir el desarrollo integrado y gradual, de manera longitudinal a través los niveles educativos, de las competencias de los estudiantes y en cada área; de tal manera que se estructuran en *acciones de pensamiento y producciones concretas* del estudiante en cada una de las áreas del conocimiento integradas.

La posibilidad de concebir formas de aproximarse al conocimiento científico, manejo específico de contenidos (del entorno vivo, entorno físico y relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad) y la reflexión sobre la responsabilidad y compromisos como persona y sociedad, muestra desde los estándares un panorama que implica una didáctica y evaluación que abarquen aspectos conceptuales más complejos (relación entre disciplinas), aspectos de procedimiento y aspectos de acción como persona y como sociedad.

## DIMENSIONES DE LA EVALUACIÓN EN CIENCIAS NATURALES

En los títulos anteriores se mostró la íntima relación de la didáctica y la evaluación; incluso, la evaluación se reconoce como una de las líneas de investigación de la didáctica como disciplina.

A partir de las propuestas analizadas, se pueden diferenciar aspectos en común, los cuales se detallarán a continuación. Dichos aspectos (denominados dimensiones en adelante), como se mostrará, ya han sido abordados por la comunidad de especialistas, más es tarea integrarlos en un solo proceso.

Para tener mayores posibilidades de acción a partir de la propuesta que se está presentando, se citará un ejemplo, el cuál servirá como base para analizar opciones de aplicación de la evaluación en ciencias naturales desde una perspectiva multidimensional. El ejemplo propone abordar un problema tecnológico-ambiental, desde el referente de la química. A continuación se hará una descripción general y más adelante, en la definición de cada dimensión, se analizará por partes. La situación se plantea de la siguiente manera:

*Un curso de química general abarca varias temáticas, las cuales son distribuidas en el tiempo por unidades y se presentan en algunos ejes articuladores: estructura y propiedades de la materia, enlace químico y estructura molecular, reacción química, estequiometría, cinética y equilibrio químico. Como objetivos didácticos se busca dar contexto al conocimiento científico y enfrentar a los estudiantes a la solución de problemas relevantes (para este caso tecnológico-ambiental), de tal manera que necesariamente se conjuguen los referentes de la química definidos para el curso. De esta manera se plantea a los equipos de estudiantes (a través de una lectura) el problema de la acumulación de llantas de automóviles, en el lado de la frontera de México con Estados Unidos; seguido de esto, se les solicita (con guía del docente) diseñar estrategias para aproximarse a la solución del problema, desde las temáticas de la química. El problema se presenta gradualmente; es decir que se presentan preguntas que vinculen directamente el problema con las temáticas de la unidad que corresponde en el momento; y de esta manera se hace a través de todo el curso.*

## DIMENSIÓN CONCEPTUAL

A este campo corresponden investigaciones que responden al principio constructivista enunciado por Ausubel en la Teoría de la Asimilación, a través de la cual se sustenta el Aprendizaje Significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983): el aprendizaje se da cuando el nuevo conocimiento se ancla a las estructuras conceptuales preexistentes en el sujeto, ya sea de manera subordinada, supraordinada o combinatoria; por lo que conviene, para todo proceso didáctico, empezar por evaluar las estructuras previas del sujeto, de tal manera que se formulen estrategias de enseñanza coherentes con las condiciones y necesidades del estudiante.

Epistemologías positivistas calificarían de *errores conceptuales* aquellas ideas con las que llega el estudiante al aula y que no corresponden al conocimiento científico. Sin embargo, desde la epistemología constructivista se han calificado, a través de la historia, como *Ideas previas* y más recientemente *concepciones alternativas*;

atendiendo al postulado de la relatividad del conocimiento (no existen verdades absolutas ni conceptos terminados) y al principio de la transposición didáctica de Chevallard (1985) en que el conocimiento del estudiante puede ser una versión distante, alternativa y hasta distorsionada del conocimiento científico propiamente dicho. De igual manera, se ha venido formando un amplio movimiento que postula la categoría de *modelo*, de tal manera que definen *modelos científicos*, *modelos didácticos* (del docente) y *modelos cognitivos* (del estudiante), evidenciando distancia entre el científico y los otros dos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Oliva, Aragón, Bonat y Mateo, 2003; Adúriz-Bravo, Garófalo, Greco y Galagovsky, 2005; Zamorano, Gibbs, Moro y Viau, 2006).

Reconocer las relaciones entre los campos del conocimiento científico, así como las relaciones entre los mismos y otras disciplinas, requiere ampliar el espectro de estructuras conceptuales a evaluar. De esta manera, ya no basta con que el docente diagnostique en sus estudiantes el conocimiento de los conceptos, símbolos, códigos, principios, leyes, teorías y lenguaje de la química, sino que ahora es relevante considerar lo pertinente, en cierta medida, en la física, biología, matemáticas, ambiente, ciencias sociales, entre otras disciplinas, las cuales históricamente se han relacionado o influido en el desarrollo de la misma química, por ejemplo.

Retomando el ejemplo que se describió anteriormente (bajo el subtítulo *dimensiones de la evaluación en ciencias naturales*), corresponde evaluar las concepciones de los estudiantes; no solo en cuanto a lo químico, sino a aspectos ambientales y de actualidad que se relacionan con el problema. Algunas de las temáticas que vale la pena evaluar (ya sea con una prueba escrita, propuestas verbales, diagramas, ensayos respecto al problema, representaciones, etc.) son: cambio químico, cambio físico, combustibles fósiles, origen y uso del petróleo, reciclaje, formas de contaminación, impacto ambiental; entre varios que evidencian la relación de la química con otras disciplinas.

## **DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA-METODOLÓGICA**

Entender que la producción del conocimiento científico no solo se limita a lo teórico, sino que implica aspectos fácticos y procedimientos (además de laboratorio, otros como el desarrollo de algoritmos y procesos), conlleva a que desde la didáctica se asuma enseñar, además de lo conceptual, aspectos como el diseño, procedimientos, algoritmos, planeación, organización, estrategias, ejecución de planes, prácticas de laboratorio y formas de abordar situaciones.

Esta ampliación de la estructura de la ciencia y de la concepción acerca de cómo enseñarla, plantea una transformación de los instrumentos, mecanismos y sistemas de evaluación. De esta manera el docente se ve abocado a adoptar otros modelos didácticos y evaluativos, que permitan una mayor aproximación del estudiante al conocimiento y práctica científica y al conocimiento de sus propias posibilidades, en la medida que esto implica no solo enseñar/evaluar aspectos prácticos propios de las ciencias (como ejercicios de lápiz y papel o laboratorios), sino también aspectos más generales y transferibles a otros escenarios (como planeación y ejecución de estrategias). Esta dimensión aporta a cumplir con el principio constructivista que

concibe procesos centrados en los estudiantes, entendiendo que un docente que evalúa y enseña a administrar recursos, elementos, instrumentos, procesos (incluso los mismos de evaluación) y demás, está brindando a sus estudiantes la posibilidad de participar activamente en su formación, a la toma de decisiones y a construir paulatinamente la autonomía.

A manera de ejemplo sobre la evaluación de la dimensión metodológica, se cita un trabajo en el cual se analizan las estrategias implementadas por estudiantes de maestría, a la hora de realizar la lectura de un texto científico (Ladino-Ospina y Tovar-Gálvez, 2007). A través del artículo y desde la perspectiva de la metacognición, los autores analizan las estrategias lectoras que inicialmente son descritas de tal manera que se califican como sencillas; posteriormente, luego de la intervención didáctica, se observa un enriquecimiento de las estrategias de los estudiantes de la muestra en cuanto a mayores posibilidades y elementos para abordar la lectura.

En el ejemplo, a través del cuál se presenta una opción de aplicación de esta propuesta, se describió que a los equipos de estudiantes se les guió para proponer estrategias de acción y aproximación a la solución del problema de la acumulación de llantas de automóviles. En la dimensión administrativa-metodológica es necesario valorar qué ventajas tienen los estudiantes del grupo de trabajo, por ejemplo: acceso a la red, conocimiento sobre diseño (para proponer montajes de laboratorio), conocimiento de normativa de laboratorio, capacidad de organizar la información recolectada (calidad de las fuentes, volumen, criterios de selección), formas y técnicas para analizar la información, así como la factibilidad de las actividades que proponen. Aquí es relevante definir los criterios a través de los cuales se regulará la ejecución de las estrategias (por ejemplo una matriz en la que se relacionen los indicadores y productos), así como el logro del objetivo.

## **DIMENSIÓN ACTITUDINAL**

La apatía y desmotivación de los estudiantes hacia la clase de ciencias, se ha convertido en uno de los problemas o campos de estudio en didáctica de las ciencias (Catebiel, 2003). Propuestas ante lo anterior ponen de relieve involucrar en los modelos didácticos y evaluativos la reflexión sobre el conocimiento, en tanto producción, impactos (positivos y negativos) y usos; siendo necesario evidenciar la aplicación del conocimiento científico en lo cotidiano y entendiendo la ciencia como uno de los varios marcos de referencia relativos a través de los cuales interpretar e intervenir en el mundo.

Sin embargo, aspectos culturales, sociales y afectivos del sujeto, significan una forma de percibir y asumir la ciencia, ya sea para el científico o especialista, ya sea para el ciudadano en el sistema educativo o en su vida cotidiana. Esta percepción y forma de asumir se refleja en la posibilidad de involucrarse con el conocimiento y práctica científica, la forma de enseñarla y difundirla, en la forma de recibirla, asimilarla o entenderla como una de las posibles formas de definir la realidad. Desde estos supuestos es posible reflexionar sobre los alcances que pueden llegar a tener tanto el currículo como la didáctica y evaluación en ciencias; es decir, es posible pensar y discutir sobre un componente o dimensión que contemple aspectos como actitudes y

valores; y más aún para la discusión, el asunto de la enseñabilidad y posibilidad de evaluar estos dos aspectos.

Con el objetivo de avanzar en la concepción y práctica de esta dimensión actitudinal, Manassero y Vázquez (2001) abordan el problema de la educación en actitudes y valores o del que posiblemente se podría llamar *proyecto de educación actitudinal*. La discusión y propuesta de los autores comprende el análisis de la complejidad que trae superar la imperiosa tendencia a solo involucrar en el currículo de ciencias aspectos conceptuales y metodológicos; incluir las actitudes y valores requiere cambiar la forma de concebir la evaluación, en tanto no es relevante el conocimiento casi taxonómico de los valores, sino más bien la comprensión del *para qué* de los mismos. Sumado a esto, se hace necesario conseguir la especificidad en cuanto al cuerpo de conocimientos disciplinar a enseñar; es decir que se hace necesario pensar en las actitudes y valores asociados a los procesos científicos que se asumirán en el sistema educativo.

Con todo lo anterior aún permanece abierta la discusión y construcción en torno a esta compleja pero urgente dimensión de la didáctica y evaluación en ciencias, en torno a su concepción, enseñabilidad, práctica, valoración y promoción.

Desde el ejemplo que se viene trabajando, la aplicación de la evaluación en la dimensión actitudinal corresponde a la reflexión frente al valor que dan los estudiantes al problema, a los juicios que emiten frente al desarrollo tecnológico y sus impactos ambientales y sociales, frente a la posibilidad de solucionar un problema desde la química; así como las posibilidades que encuentran desde el perfil de ciudadano y hasta profesional que están construyendo. Evidentemente existe el problema de la evaluación como juicio, pero es más posible la reflexión y el análisis de los factores positivos, negativos o iniciales que trae una actividad humana, un desarrollo industrial, un avance tecnológico, así como la relación de los mismos con el conocimiento científico y los contextos y necesidades de las naciones.

## **DIMENSIÓN COMUNICATIVA**

Una parte del trabajo en la producción del conocimiento científico es la divulgación y difusión, que cobra gran relevancia puesto que permite la permanente comunicación entre los miembros de las comunidades, la evaluación y validación o no de los avances y propuestas, así como la actualización de las mismas formas y criterios para valorar la producción.

En consecuencia, desde la enseñanza y evaluación de las ciencias se hace urgente considerar como importante los flujos de información, la consecución, acceso y calidad de las fuentes, la forma de procesar la información (que además hace parte de la dimensión metodológica); así como la construcción y presentación de informes, artículos, la puesta a consideración pública de resultados y la discusión entre pares y comunidades.

La misma estructura específica de las disciplinas exige un manejo preciso del lenguaje, en tanto símbolos, códigos, representaciones, taxonomías y convenciones; de tal manera que la evaluación de los mismos se hace específica.

Ante las perspectivas de investigación en torno a la dimensión comunicativa se puede resaltar el estudio del discurso en todas sus variaciones; para el caso del discurso en las clases de ciencias, es pertinente citar el desarrollo conseguido por Angulo (2002), quien retoma la técnica denominada *Gráfica de Encadenamiento Temático*, desarrollada por lingüistas del *Cercle d'Anàlisis del Discurs*, y la aplica con un grupo de docentes en formación inicial. El problema que intenta solventar la investigadora con esta técnica es el que representa mostrar resultados de la interacción social de los participantes, así como presentar la dinámica de un diálogo extenso dado en espacios y tiempos breves. El formato cartesiano y la sectorización de la gráfica permiten diferenciar las temáticas de las intervenciones de cada participante, y de igual manera los tipos de análisis que hicieron sobre las mismas temáticas. La importancia de la técnica radica en la posibilidad de combinar varios criterios de análisis, para poder representar gráficamente una gran cantidad de información cualitativa, que de manera escrita, representa grandes volúmenes y dificulta el análisis por la imposibilidad de una mirada global.

En el mismo sentido de las perspectivas en investigación en esta dimensión, son innegables las posibilidades que presenta el desarrollo de la línea de investigación en didáctica denominada Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC's). Aún cuando la acepción de tecnología es amplia, en esta ocasión se resaltan los procesos y artefactos que trae consigo el uso de la computadora, las redes y la multimedia. Con ellas cabe reflexionar en los grandes volúmenes de información y flujos de la misma, por lo que es un reto la enseñanza de estrategias para su manejo, discriminación y procesamiento que permita un uso controlado y con finalidades específicas. Aún cuando existen varias modalidades para obtener información a través de las computadoras y las redes, es relevante el conocimiento aquellos de libre acceso (no por ello de menor calidad), tales como revistas, foros y cursos virtuales, bases de datos, buscadores especializados y bibliotecas digitales.

Así, la evaluación en ciencias entonces puede enfocarse hacia las habilidades y competencias relativas a la comunicación, obligando a pensar en formatos e instrumentos diferentes al tradicional registro escrito (que no por esto se descarta).

La aplicación de la evaluación en esta dimensión, en el ejemplo del problema de la acumulación de llantas, se evidencia en varios aspectos que corresponden a las posibilidades de los estudiantes: el conocimiento que sobre computación tengan los estudiantes, el manejo de bases de datos o sitios especializados, el dominio de software (para hacer presentaciones o informes), la comprensión de textos especializados, la construcción de instrumentos para la recolección de datos relevantes en sus propuesta de estrategia (encuestas, entrevistas, cartas de presentación), el discurso que paulatinamente construyen (químico y en torno a la temática), las discusiones a las que se de lugar, la forma en que presenten los informes y los resultados de evaluación de la ejecución de la estrategia y la presentación pública de los resultados (artículos, conferencias, pósteres, animaciones, entre varios).

## DIMENSIÓN HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICA

Anteriormente se habían referido la historia y la epistemología de las ciencias como metaciencias, en tanto se ocupan de estudiar las concepciones, estructura, desarrollo

y demás dinámicas de la ciencia, en contextos sociales, políticos y económicos específicos, entre otros; todo ello representado en modelos que incluso se han transformado a través de la misma historia.

La historia y la epistemología cobran tal relevancia hasta tal punto que son consideradas fundamentales en la formación de docentes de ciencias, teniendo como argumento que las formas de concebir y asumir las ciencias (epistemologías de los docentes) condicionan las formas en que se enseñan esta misma; lo que constituye en sí mismo un campo de investigación de la didáctica de las ciencias (Fernández, Gil, Carrascosa y Cachapuz, 2002; Gallego-Badillo, 2004).

En el orden de lo anterior, si el problema es tratado de manera inductiva, es posible asociar posturas epistemológicas con características de modelos didácticos. Así, desde la postura del *empirismo-positivismo* (existen verdades, el conocimiento se descubre, la forma de acceder es la experimentación, el científico es objetivo -Bacon, 1602 citado por Menna y Salvatico, 2002-), es común que el docente asuma el conocimiento como una verdad inmodificable y que por ende se debe transmitir de una sola forma, y en la evaluación se privilegien las respuestas de memoria. Desde el *constructivismo*, una posición *racionalista* (el conocimiento se construye, es relativo y existen unas dinámicas de dicha construcción -Lakatos, 1983; Popper, 1985-), es característico de las didácticas el estudio de la evolución de los modelos teóricos entendiendo los problemas y crisis de los mismos, así como las dinámicas para pasar de uno a otro; mientras que desde una posición *no racionalista* (además de lo ya dicho para el racionalismo, la ciencia se construye por comunidades, existe el subjetivismo consensuado, y además tiene interrelaciones con los contextos sociales, económicos, políticos y ambientales históricos -Kuhn, 1972-), los modelos didácticos asumen el trabajo por equipos, estudian fenómenos sociales, acuden a la reconstrucción histórica, reconocen las relaciones entre la ciencia y la sociedad, y construyen juicios de valor frente a dichas relaciones.

De igual manera, los estudiantes llegan al aula con unos imaginativos y actitudes hacia la ciencia, producto de su entorno y cultura; sin embargo, en gran medida estos pueden ser influidos por el docente (Morentin y Guisasola, 2005). Con este supuesto surge un nuevo problema, el cual trasciende la formación de los docentes en las facultades de educación y se traslada hasta el campo de acción; así que el campo de investigación se amplía y ahora abarca: las concepciones y actitudes hacia la ciencia que trae el sujeto que se formará como docente, las que posee quien se titula como docente de ciencias, las implícitas y explícitas en los currículos, las que trae el estudiante al aula, las que "transmite" o presenta el docente en el aula, y la posible influencia de las concepciones y actitudes hacia la ciencia del docente en las del estudiante.

En esta sintonía, Fernández, Gil, Carrascosa y Cachapuz (2002) presentan una investigación sobre las visiones de ciencia (deformadas) transmitidas durante la enseñanza, cuyo soporte analiza de entrada los resultados previos en el mismo campo; definiendo que uno de los aspectos que fortalecen las visiones cotidianas o del sentido común sobre la ciencia, está en la ausencia de una actitud crítica explícita hacia esta. Asimismo, los autores relacionan dichas visiones (que pueden ser simplistas y deformes) con la forma en que los docentes dinamizan los currículos

(aunque los currículos pudieran tener buenas aproximaciones en su parte conceptual) y en la construcción de imagen de ciencia que tienen los mismos estudiantes.

Con lo anterior es claro que la *formación histórico-epistemológica* es de relevancia para el docente y no para el estudiante; es decir que el fin no es enseñarles a los estudiantes sobre epistemología, pero si es objetivo que el docente que hace este tipo estudios los involucre en sus imaginativos y actitudes hacia la ciencia, y los refleje en la forma en que enseña o presenta a sus estudiantes esta área del conocimiento.

De esta manera, tanto para la enseñanza como para la evaluación en ciencias, es importante retomar estudios históricos que permitan comprender, de alguna manera, la construcción de los modelos teóricos, y desde una postura epistemológica, dar cuenta de las dinámicas internas y externas que hacen parte de dicha construcción. Con lo que cabe una vez más la evaluación de la imagen de ciencia con que llegan los estudiantes al sistema educativo y, en adelante, la regulación de la construcción o cambio de esa concepción de la naturaleza del conocimiento científico, lo que en términos de Fernández *et al* (2002) es uno de los principales obstáculos para el aprendizaje y la renovación en la enseñanza de las ciencias naturales.

Ahora bien, continuando con el análisis del ejemplo del curso de química general, evaluar la dimensión epistemológica corresponde a los imaginarios y concepciones de los estudiantes frente a: la relación que encuentren entre el desarrollo científico-tecnológico con la dinámica social-ambiental, la idea de la ciencia como un modelo relativo para interpretar, reflexionar e intervenir la realidad, el trabajo en comunidad, la validación de las propuestas y resultados desde argumentos válidos y ante pares académicos, el uso de la normativa, la relación entre el trabajo científico y la solución de problemas (teóricos, prácticos, sociales, ambientales, tecnológicos), la relación entre disciplinas, entre varios. La evaluación de estos aspectos se ve íntimamente relacionado con las actitudes, pero se enfoca hacia la naturaleza, objetivos, dinámica y avance de las ciencias; aclarando que no se trata del curso de epistemología para los estudiantes, sino de las acciones, las formas de analizar y estudiar la ciencia, las posibilidades de aplicación, los discursos manejados y las prioridades que se den.

## **EVALUACIÓN DE LAS CIENCIAS NATURALES COMO SISTEMA**

En los subtítulos anteriores se ha hecho un desarrollo conceptual y el análisis de una propuesta de dimensiones que componen la evaluación en ciencias, demarcando sus alcances y su íntima relación con la estructura de la didáctica de las ciencias, que a su vez se fundamenta en la estructura del conocimiento científico develado por modelos y estudios histórico-epistemológicos relativos. Sin embargo, urge pensar todos estos componentes como un todo, como un único sistema integrado; lo que constituye un reto para los docentes de ciencias.

Esta visión sistémica implica cambiar las concepciones y prácticas evaluativos, en cuanto a momentos para implementarla, instrumentos, criterios e indicadores definidos, sentido y utilidad de los resultados. Se evidencia entonces cómo este modelo de evaluación orienta a resumir todo lo planteado, en la propuesta de estrategias dirigidas al docente, otras dirigidas al estudiante y otras diseñadas para el trabajo conjunto maestro-estudiante.

El poder de la evaluación como sistema radica en la posibilidad de reflexionar y valorar las acciones, aprendizajes, habilidades y actitudes; en la posibilidad de analizar críticamente los modelos pedagógicos y didácticos, así como en la reflexión y transformación de la misma evaluación; entonces desde ella es posible regular, retroalimentar, re-definir, tomar decisiones, re-formular, aprender, conocer y reconocer (Ladino-Ospina y Tovar-Gálvez, 2007). Pero como ya se anotó anteriormente, la especificidad de las disciplinas exige el enfoque especial de todas estas posibilidades y expectativas que trae la evaluación; y sumado a todo este argumento epistemológico de la especificidad, están aspectos propios de los sujetos que le reconocen su personalidad, formas de proceder y de pensar, así como condiciones ambientales, geográficas, culturales, sociales y políticas que hacen parte de la realidad de los grupos, los pueblos, las naciones y regiones, lo que no admite una concepción y práctica estandarizada y universal de la evaluación.

Finalmente, para concluir con el análisis del ejemplo que ha permitido visualizar una opción para aplicar la propuesta de modelo multidimensional de la evaluación de los aprendizajes en ciencias naturales, es necesario comprender su carácter integrador. Retomando cada parte relacionada en las dimensiones definidas, es clara la relación e imposibilidad para separarlas. Es relevante notar cómo, al evaluar una dimensión, necesariamente se está evaluando otra(s); exigiendo que el rol del docente se centre en el diseño del sistema evaluativo, de los instrumentos, en la dirección de las estrategias, más que en la recitación de contenidos; tornándose más exigente el trabajo es. También es importante notar cómo, a partir de la propuesta didáctica (dar contexto al conocimiento científico y enfrentar a los estudiantes a la solución de problemas relevantes), se llegó a la propuesta evaluativa; y en contraparte, cómo el modelo evaluativo regula y dirige la propuesta didáctica; evidenciando la íntima relación entre didáctica y evaluación, y su especificidad.

## **COMENTARIOS FINALES**

Evidentemente la Evaluación de los Aprendizajes en Ciencias Naturales ha venido tomando una especificidad epistemológica, al igual que la Didáctica de las Ciencias Naturales. Esta característica de los nuevos modelos evaluativos es una construcción de la comunidad de especialistas que reconocen que no basta con aplicar referentes teóricos y metodológicos generales. Sin bien es cierto, los principios de la psicología cognitiva son aplicables a la educación en ciencias, y de igual manera, los modelos pedagógicos o formas de concebir el sistema educativo condicionan las acciones y por ende la didáctica y la evaluación; sin embargo, la estructura propia de las disciplinas, asumida desde diversas versiones epistemológicas, exige diferenciar las formas de enseñar y evaluar para cada caso.

El soporte teórico de la visión de evaluación de los aprendizajes expuesta en este artículo supone un proceso complejo y de permanente innovación, que supera la tradicional acepción de evaluar aprendizajes en términos de lo meramente conceptual. Una forma amplia de concebir la dinámica de las ciencias, implica didácticas que superen la exposición de contenidos y la evaluación aditiva de definiciones. Con el reconocimiento de la relatividad del conocimiento científico y con la definición de

aspectos internos y externos que hacen parte de la producción del mismo, es necesario atender otros aspectos o dimensiones relevantes para la didáctica y la evaluación.

El análisis y planteamiento presentados en este artículo constituyen un enfoque de la investigación en evaluación, así como otra vertiente de la investigación en concepciones, formación y acción de los docentes de ciencias. Esta íntima relación entre los campos problemáticos, marcos teóricos y metodologías, es parte del argumento de una estructura de la didáctica de las ciencias como disciplina emergente y permite leer el aula y la clase de ciencias de una forma más sistémica.

En concordancia con lo anterior, el campo de investigación en evaluación se amplía cada vez más, en tanto se conceptúan nuevas y más innovadoras formas de concebirla. La definición de nuevas dimensiones puede dar otras direcciones en la investigación; en tanto hay mucho que hacer, cuestionar, revisar, describir y practicar en cada una de estas; de hecho, el abordaje que se hace en este artículo a cada dimensión es una generalidad, que podría profundizarse en reflexiones, investigaciones y publicaciones específicas.

Sin embargo, es necesario pensar en extender y hacer cada vez más compleja la concepción y práctica de la Evaluación de los Aprendizajes en Ciencias Naturales, pues aún quedan pendientes aspectos del sujeto, aspectos de los grupos sociales y la necesidad de responder a realidades próximas inmersas en contextos políticos, ambientales, económicos y culturales cambiantes en la historia de las naciones y las regiones del mundo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich (2002) Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, [en línea] 1 (3): [consultada en octubre de 2007], Disponible en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero3/Art1.pdf>
- Adúriz-Bravo, Garofalo, Greco y Galaoovsky (2005) Modelo didáctico analógico. Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, VII congreso
- Angulo Delgado, F., (2002) Aprender a enseñar Ciencias: Análisis de una propuesta para la formación inicial del profesorado de Secundaria, basada en la metacognición. *Universitat Autònoma de Baercelona* [en línea] [consultada en marzo de 2007] Disponible en: <http://www.tdr.cesca.es>
- Ausubel, Novak y Hanesian, (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista Cognoscitivo*. 2<sup>a</sup> Edición. México: Trillas.
- Bacon, F., (1602) *Novum Organum*, en Menna, S., L. Salvatico. Racionalidad y metodología en el Novum Organum de Bacon. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales* [en línea] 2002, (015): [fecha de consulta: 14 de marzo de 2007] Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=18501513>

- Bernal y Ladino-Ospina, (2004) La evaluación como una forma de aprender en química y la formación integral. *Revista de la Sociedad Química de Brasil*. Número especial.
- Cachapuz, Praia, Gil-Pérez, Carrascosa y Martínez-Terrades (2001) A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação* [en línea], 14 (001): [fecha de consulta: 04 de diciembre de 2007] Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=37414108>
- Catebiel, (2003) Enseñanza de la química con un enfoque CTS: su vinculación con el cambio actitudinal de los estudiantes. *Tecné Episteme y Didaxis TEΔ*, Número extra 1º Congreso Sobre Formación de Profesores de Ciencias.
- Chevallard, (1985) *La transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique, edición de 1997.
- Fernández, Gil, Carrascosa y Cachapuz (2002) Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp., 477-488.
- Galagovsky y Adúriz-Bravo, (2001) Modelos y analogías en la - enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico, *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242
- Gallego-Badillo, y Pérez Miranda, (1997) *La Enseñanza de las Ciencias Experimentales, El Constructivismo del Caos*. Bogotá: Magisterio, mesa redonda
- Gallego-Badillo, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* [en línea], 3 (3), [fecha de consulta: agosto de 2005] Disponible en: [http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART4\\_VOL3\\_N3.pdf](http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART4_VOL3_N3.pdf)
- Kuhn, T (1972) *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1983) La metodología de los programas de investigación científica. Madrid: Alianza.
- Ladino-Ospina, Y (2004) *Una propuesta de evaluación de competencias en química general*. Tesis de Doctorado. Universidad Pedagógica Nacional
- Ladino-Ospina, Y (2007) Metodología de enseñanza - aprendizaje y evaluación cognitiva y metacognitiva de competencias *CD memorias Congreso de Pedagogía, Una Propuesta de Futuro*. Universidad Pedagógica Nacional, Instituto Pedagógico Nacional.
- Ladino-Ospina, Y., y Tovar-Gálvez, J. C., (2007) Implementación de la evaluación metacognitiva en el aula. *Memorias I Seminario Internacional y VI Nacional de Investigación en Educación y Pedagogía*, Centro de Investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional CIUP.
- Latour, B., (2001) *La Esperanza de Pandora*, Barcelona: Gedisa Editorial.

- Latour, B., y Woolgar, S., (1995), *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Madrid: Alianza.
- Manassero Más, M., y Vázquez Alonso, A., (2001) Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad, *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), pp. 15-27.
- MEN, Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia (2004) *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Naturales*, Bogotá: Cargraphics S. A.
- Morentin, M y Guisasola, J., (2005) Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en los futuros maestros y maestras de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias* [Número extra VII Congreso Internacional], [en línea]: Disponible en: [http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni\\_orales/1\\_ense\\_ciencias/1\\_3/Morentin\\_062.pdf](http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/1_ense_ciencias/1_3/Morentin_062.pdf)
- Newton-Smith (1987). *La racionalidad de la ciencia*; Madrid: Paidós.
- Oliva, J. M., Aragón, M., Bonat, M., y Mateo, J. (2003) Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), pp. 429-444.
- Popper, K. (1985) La lógica de la investigación científica. Madrid: Tecnos.
- Zamorano, R., Gibbs, H., Moro, L., y Viau, J., (2006) Evaluación de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea] 3(3), pp. 392-408. [fecha de consulta: agosto de 2005] Disponible en: [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero\\_3\\_3/Zamorano\\_et\\_al\\_2006.pdf](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_3/Zamorano_et_al_2006.pdf)

**PROPOSAL OF MULTIDIMENSIONAL EVALUATION MODEL OF THE  
LEARNING IN THE NATURAL SCIENCES AND THEIR  
RELATIONSHIP WITH THE STRUCTURE OF THE SCIENCES  
EDUCATION**

**SUMMARY**

*The proposal of multidimensional evaluation model in Natural Sciences that is presented, it has support on the consideration of the evaluation like one of the fields of study in the Sciences Education; and to understand that this last one is coherent with the Natural Sciences dynamics, it means a epistemological specificity, and it demands specificity for the Evaluation in the same field of the teaching. From this perspective the Evaluation in Sciences is presented in several dimensions: conceptual, administrative-methodological, of the attitudes, of the communication, and historical-epistemological; remaining as expectation a bigger recognition of the contexts of the groups and nations.*

**Keywords:** sciences education; sciences evaluation; natural sciences.