

## MODELOS EDUCATIVOS: DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Recepción: 15/03/2014 Revisión: 17/06/2014 Aceptación: 12/08/2014



**Villarruel, Manuel**

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, México  
[dr.villarruel.fuentes@gmail.com](mailto:dr.villarruel.fuentes@gmail.com)

### RESUMEN

Bajo las premisas de una educación superior fuertemente arraigada en los dominios semánticos y lingüísticos que la ciencia provee, deudora además de los nuevos enfoques centrados en la perspectiva de competencias y el manejo eficiente de las TIC, es que se configura desde hace poco más de tres décadas un denodado esfuerzo por dotar a los maestros de los modelos teóricos vinculados a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, arquetipos didácticos que les permitan apoyar la alfabetización que sus estudiantes precisan. Pese a ello, los esfuerzos aún no han podido infiltrar su práctica educativa, mostrándose reducidos a la reiteración de conductas aprendidas, cuyo modelado no siempre se ciñe a un aprendizaje significativo. Dicho aprendizaje no debe ser reducido a la simple adquisición de un conjunto de ideas identificadas como correctas, o incluso de un dominio verbal asociado a un conjunto de conductas o competencias observables, dado que aprender, en su sentido más amplio, puede ser igual a investigar, lo que le confiere la categoría de proceso conceptual, contextualizado. Con base en lo anterior, el presente artículo recupera los principales enfoques que intentan explicar al aprendizaje como objeto de estudio de la didáctica de las ciencias, por considerarla una actividad, entre otras, de gestión de los saberes científicos en el aula.

**Palabras clave:** didáctica, formación científica, cambio conceptual.

### EDUCATIONAL MODELS: DIDACTIC FOR SCIENCE EDUCATION

#### ABSTRACT

Under the assumptions of higher education deeply rooted in semantic and linguistic domains of science and debtor also of the new approaches focused on the perspective of competencies and efficient management of ICT, it is configured in a little over three decades a valiant effort to provide teachers of theoretical models related to teaching and learning science, teaching archetypes that allow them to support the literacy needs of their students. Nevertheless, efforts have not been able to infiltrate their educational practice, showing reduced to the repetition of learned behaviors, whose modeling is not always follows a significant learning. Such learning should not be reduced to the simple

acquisition of a set of ideas identified as correct, or even a verbal domain associated with a set of observable behaviors or skills, as learning, in its broadest sense, can be equal to investigate, which gives the category of conceptual process, contextualized. Based on the above, this article recovers the main approaches that attempt to explain the learning seen as an object of study of the didactic of science, considering it as an activity, among others, of management of scientific knowledge in the classroom.

**Keywords:** didactic, scientific, conceptual change.

## MODELLI EDUCATIVI: DIDATTICA PER L'INSEGNAMENTO DELLE SCIENZE

### RIASSUNTO

Secondo le premesse di una educazione superiore fortemente impiantata nei domini semantici e linguistici che la scienza provvede, debitrice inoltre degli nuovi approcci centrati nella prospettiva delle competenze e la guida efficiente delle TIC, viene configurato da poco più di tre decine d'anni un forte sforzo per provvedere ai maestri di modelli teorici vincolati all'insegnamento e apprendimento delle scienze, archetipi didattici che gli permettono appoggiare l'alfabetismo che i suoi discendenti bisognano. Sfortunatamente, gli sforzi ancora non calano nella prassi educativa, e si mostrano ridotti alla reiterazione di condotte apprese, delle quali il modello non sempre segue ad un apprendimento significativo. Questo apprendimento non deve essere ridotto ad una semplice acquisizione di un insieme di idee individuate come corrette o incluso, di un dominio verbale associato ad un insieme di condotte o competenze osservabili, dato che imparare, nel senso più ampio, può essere uguale a investigare, e ciò le dà la categoria di processo concettuale contestualizzato. In base a questo, il presente articolo recupera i principali approcci che cercano di spiegare l'apprendimento come oggetto di studio della didattica delle scienze per considerarla un'attività tra altre, di gestione di saperi scientifici in aula.

**Parole chiave:** didattica, formazione scientifica, cambio concettuale.

### INTRODUCCIÓN: LA DIDÁCTICA PARA LAS CIENCIAS Y SUS MODELOS

Hablar de modelos de enseñanza es referirse a los distintos modelos didácticos que actualmente buscan orientar la práctica educativa del maestro de ciencias.

Sobre este particular, existen tres posturas complementarias entre sí, las cuales se muestran a continuación:

- 1.- La didáctica de las ciencias, entendida como disciplina académica emergente, subordinada a otros campos disciplinares, tales como las ciencias naturales, la pedagogía o la psicología educativa (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2001). Esta afirmación se sustenta en argumentos de carácter histórico y curricular.
- 2.- Otra tendencia usual es enfocar la didáctica a la formación de investigadores en un campo interdisciplinar específico (Peme-Aranega, 1997), como es el caso de la biología, química, etc., en la que se ven inmiscuidos profesionales que pertenecen a estas áreas (múltiples didácticas).



3.- Finalmente la postura que asume la configuración actual de la didáctica de la ciencia como un modelo de disciplina autónoma (Adúriz-Bravo, 2000), válida para cualquier campo de conocimiento (didáctica única).

Dado el estado actual en que se encuentra la didáctica de las ciencias, caracterizado por un fuerte sustrato teórico que la define como un campo autónomo, se brindará atención a la tercera postura, en virtud de ser la que actualmente domina el escenario educativo.

Sin embargo, es necesario enfatizar en que: 1) el conocimiento didáctico de las ciencias no puede derivarse del didáctico general sin ningún tipo de restricciones, pues dicha didáctica no es una competencia formal que se aplique a todos los contenidos, por lo que debe configurarse en torno a cada especificidad (De Bartolomeis, 1986); 2) esta didáctica particular no surge de la confluencia de una didáctica general y una psicología educativa relacionada con las ciencias, como si se tratara de un campo interdisciplinar que sólo actúa como enlace (Fernández- Huerta, 1990); 3) lo que se acepta actualmente es que se trata de una disciplina con fundamentos propios, con una clara perspectiva teórica que se organiza a partir de un conjunto de modelos específicos que se integran para ello (Adúriz-Bravo, 2000).

A pesar de que la epistemología y la psicología de la educación han suministrado los fundamentos de la didáctica de las ciencias, y en su origen contó con el apoyo del abordaje científico de la educación en ciencias, no se debe dejar de insistir en que la didáctica de las ciencias supera estas condiciones, por lo que no debe pensarse como un simple agregado de saberes, ni una aplicación de modelos teóricos externos a situaciones didácticas particulares (Cleminson, 1990; Joshua y Dupin, 1993; Adúriz-Bravo, 2000).

Con base en ello, la idea de un modelo de disciplina autónoma tiene que ver con la existencia de un discurso coherente que es ante todo comunicable, y por ello entendible, lo que demuestra que la disciplina ha madurado lo suficiente como para poder ser enseñada y aprendida.

Ante la existencia y reconocimiento de una estructura propia, organizada coherentemente (con sus propia matriz semántica), transferible y difundible, que se integra a partir de sólidos aspectos psicológicos, pedagógicos y epistemológicos, y no por simples adaptaciones de marcos teóricos externos (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2001), es que se conforma lo que se conoce ahora como constructivismo didáctico (Adúriz-Bravo, 2000).

Por estas razones, las relaciones de la didáctica de las ciencias, con la psicología y con el estudio del aprendizaje que de ello se desprende, permiten apreciar las sucesivas etapas de consolidación de la disciplina.

De acuerdo con Adúriz-Bravo (1999), actualmente el aprendizaje es visto como objeto de estudio de la didáctica de las ciencias, por considerarla como una actividad, entre otras, de gestión de los saberes científicos en el aula (ciencia escolar). Pozo (1993) amplía esta visión y establece que tanto los modelos didácticos como psicológicos se han



vuelto modelos de instrucción, los cuales son distinguibles entre sí por los intereses teóricos y prácticos que les caracterizan, además de la atención diferenciada que le otorgan a los contenidos específicos. Es decir, recupera el sentido didáctico de la enseñanza, por lo que es mejor hablar del binomio enseñanza-aprendizaje como objeto de estudio de la didáctica de las ciencias.

De la misma forma, es posible apreciar una evolución acelerada de la disciplina en el plano metodológico. Porlán (1998) respalda esto al sostener que los modelos cuantitativos son soslayados en favor de los cualitativos, en tanto la metodología general utilizada encuentra su justificación teórica en el marco constructivista ya señalado. Adúriz-Bravo (2000) agrega que las relaciones bidireccionales que la didáctica de las ciencias mantiene con la psicología y con las ciencias de la educación les permiten enriquecer su base metodológica e incorporar y adaptar constructos para uso propio. Esto es parcialmente cierto, en virtud de que las relaciones que establece se expresan en múltiples sentidos, al abreviar de otras disciplinas y no sólo de la psicología, la cual forma parte de las ciencias de la educación. He aquí el sentido integral y holístico con el que se configura su matriz conceptual y operativa.

Basándose en estos principios, en el presente documento se hará referencia a una didáctica que se asume como un modelo para la enseñanza de la ciencia, el cual se asocia con distintas teorías del aprendizaje y los modelos que de ellas se derivan; de aquí su distinción como didáctica de las ciencias.

Sobre estas bases, a continuación se exponen los principales modelos teóricos vinculados a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Entendidos los modelos como proyecciones que establecen teorías sobre el mundo, a lo que se le conoce como realizaciones posibles (Adúriz-Bravo, 2010). Algo a lo que Giere (1992) denomina como una entidad abstracta, no lingüística, que se comporta como lo mandan los enunciados o proposiciones (en cualquier sistema simbólico elegido) que definen esa entidad.

## **DESARROLLO DE TEMA**

### **TEORÍAS DEL APRENDIZAJE**

Modelar significa configurar simbólicamente una realidad, es reproducir a escala el universo a partir de sus variables y sus constantes. Por ello los modelos son de gran utilidad para representar las diversas formas en que el aprendizaje puede ser concretado, particularmente dentro de las ciencias.

De hecho en cada modelo subyace una propuesta de abordaje que incorpora y explica el logro del aprendizaje. De ahí se desprende que existan diversos tipos de aprendizaje, entre ellos se puede destacar:

### **APRENDIZAJE POR TRANSMISIÓN-RECEPCIÓN**

Este es el más clásico de todos. Comúnmente se afirma que el aprendizaje por recepción verbal es el método más eficaz para transmitir los contenidos de una materia. Sin embargo, se sabe de antemano que la enseñanza expositiva es autoritaria y vertical, a

través de la cual se obliga a los estudiantes a reconocer los contenidos, explícita o tácitamente, como dogmas. La clave del éxito estriba en poder explicar ideas a otros individuos sin que éstas se transformen en imperativos categóricos.

### APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO

Fundamentado en los postulados de Piaget (1996, 1981, 1987), esta teoría alcanzó gran difusión en el momento en que los maestros, especialmente de ciencias, buscaban alternativas al aprendizaje memorístico y repetitivo, todo ello aunado al fracaso generalizado que experimentaba la enseñanza tradicional. El aprendizaje por descubrimiento es una alternativa a los métodos basados en la memorización y en la rutina de trabajo, al poner su énfasis en la participación activa de los estudiantes a partir de un proceso gradual pero sostenido de aprendizaje y en la aplicación de los fundamentos teóricos de la ciencia recreados en sus procesos. Dado su carácter prescriptivo, define una dirección de enseñanza y se respalda en determinadas estrategias, por lo que puede ser considerado también como una teoría de la enseñanza.

Con muchas ventajas comparativas a favor, algunos se preguntan si este tipo de aprendizaje tiene algo que aportar hoy día a la enseñanza en los niveles básicos e incluso en el superior (grado y posgrado). Sobre este asunto, actualmente, se discute si la búsqueda al tanteo por parte del estudiante dará como resultado el aprendizaje de un conjunto de adquisiciones dispersas. Quienes respaldan este cuestionamiento parten del supuesto de que la búsqueda es arbitraria, con lo cual soslayan uno de los fundamentos básicos de este tipo de aprendizaje. Otra crítica que se formula es que está basado en concepciones epistemológicas ya superadas, lo cual es muy discutible. Los que defienden este aserto, argumentan que al basarse en la observación y en la formulación de hipótesis, mantiene un fuerte arraigo con concepciones inductivistas sobre la ciencia y el trabajo científico (modelo experimental), lo cual si bien es cierto, no debe ser un demérito que lo excluya.

Tampoco son correctas las descalificaciones que definen el aprendizaje por descubrimiento como un tipo de enfermedad infantil del profesorado, tal como lo explican Gil (1994) y Campanario (1998). Estos autores relatan de manera anecdótica que cuando se pregunta a los maestros en ejercicio qué se puede hacer para mejorar el aprendizaje en el aula, lo primero que responden es que se debe aumentar la participación de los estudiantes en actividades prácticas. Sobre esta línea argumentativa, concluyen que los maestros de ciencias creen que las actividades prácticas pueden, por sí mismas, conseguir cambios radicales en el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, esta crítica también es controvertible, ya que de antemano parecen desconocer los beneficios de vincular la práctica con la teoría, percepción derivada generalmente de una escasa experiencia en el terreno de la experimentación. Aunado a ello, se pasa por alto que antes de aprender acerca de las ciencias a través del descubrimiento, primero se debe aprender a descubrir (entrenamiento en la heurística del descubrimiento).

Del mismo modo, es posible que se piense en la práctica como una actividad netamente instrumental, sin considerar que se trata también de un proceso constructivo, tal como lo afirmara Bruner (1988). Bajo estos principios, el maestro no expone los

contenidos de un modo directo y acabado, sino que plantea una meta a obtener, misma que sirve de guía para que los estudiantes, a través del desarrollo del proceso, alcancen los objetivos propuestos.

El instructor presenta al estudiante todas las herramientas necesarias para que pueda inmiscuirse en el proceso de descubrimiento, lo que se espera logre por sí mismo mientras selecciona lo que desea aprender. Cuando todo se lleva a cabo de manera adecuada, asegura un conocimiento significativo y fomenta en los estudiantes hábitos intelectuales de investigación y rigor metodológico en sus intervenciones. Dicho de otra forma, sin predisposición a aprender por parte del estudiante, la activación de su conducta, su mantenimiento y dirección no será posible. Pero además, sin una forma adecuada de estructurar y presentar el conocimiento por parte del maestro, su comprensión será una tarea compleja.

Este tipo de aprendizaje es el que sustenta el Modelo Basado en Problemas y el Modelo Experimental. En ambos casos se exige una mayor dedicación por parte del maestro y del estudiante.

### **APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO**

El aprendizaje significativo es entendido como el proceso mediante el cual se relaciona un nuevo conocimiento o información con la estructura cognitiva del aprendiz; ello debe darse de forma coordinada (no arbitraria) y sustantiva (no literal). Es a partir de sub-sumidores o ideas de anclaje que se logra la correcta interacción con la estructura cognitiva del sujeto, la cual no se piensa como un todo, por lo que la relación del nuevo conocimiento se da con aspectos relevantes presentes en dichos saberes previos (sub-sumidores, también llamados inclusores).

Ausubel (1976, 2002) tiende a distinguir entre aprendizaje memorístico y aprendizaje significativo. Según este autor, no todo el aprendizaje receptivo es obligatoriamente memorístico, ni todo el aprendizaje por descubrimiento es forzosamente significativo. En sus conceptos, lo importante no es que el aprendizaje sea receptivo o por descubrimiento, sino que sea memorístico o significativo. Bajo estos principios, buscar soluciones a problemas complejos por ensayo y error sería un ejemplo de aprendizaje por descubrimiento que difícilmente dará lugar a un aprendizaje significativo.

Debido a los severos cuestionamientos hechos por Ausubel al aprendizaje por descubrimiento autónomo, su propuesta de aprendizaje significativo tiende a favorecer la enseñanza expositiva o de transmisión-recepción. Ello recupera el papel protagónico del maestro, quien vuelve a ser el garante de la rigurosidad científica implícita en el aprendizaje. Bajo la premisa de que es a través de inclusores creados en la estructura cognitiva de los estudiantes cómo se puede incorporar la nueva información que será convertida paulatinamente en conocimiento relevante, es que se explica el tránsito progresivo de conceptos, de los más generales e inclusivos (poco diferenciados) hasta los más concretos o específicos.

Este proceso no es súbito, sino que se configura bajo diferentes tonos, lo que se ha dado en llamar diferenciación progresiva. Al final se espera alcanzar una reorganización de la información denominada reconciliación integradora. La meta es la adquisición y retención de grandes cuerpos de significado.

En función del objeto aprendido, el aprendizaje significativo puede ser representacional, de conceptos y proposicional. Al considerar la organización jerárquica de la estructura cognitiva, el aprendizaje significativo puede ser: 1) subordinado; 2) súper ordenado; o 3) combinatorio.

A diferencia de otros autores, para Ausubel el aprendizaje por recepción, al ser el más común, se constituye como el fundamento para entender y desarrollar una mejor enseñanza y aprendizaje. Se trata de una nueva visión de la tradicional enseñanza expositiva y del aprendizaje por recepción. Todo ello al recuperar también los saberes previos de los estudiantes (esquemas previos), sustrato que permite un nuevo aprendizaje de conceptos, mismos que deben estar adecuadamente estructurados por parte del maestro (pieza clave del proceso, quien define actividades que llevan a su comprensión, asimilación y reforzamiento).

A pesar de sus bondades, es necesario aclarar que para lograr un aprendizaje significado por esta vía es indispensable que el estudiante tenga tiempo para que los conceptos sedimenten, al fin de asimilarlos correctamente. Con todo ello todavía queda por resolver el problema de los errores conceptuales que algunas veces los estudiantes llegan a generar en el proceso.

En el aprendizaje constructivista, en cambio, al aceptar que las ideas previas de los estudiantes deben ser tomadas en cuenta y no eliminadas, y como alternativa a la enseñanza tradicional por transmisión, así como a la enseñanza por descubrimiento, actualmente se plantea con insistencia la búsqueda del cambio conceptual (de la estructura cognitiva) como punto de partida de las posiciones llamadas constructivistas. Este aspecto será abordado más adelante al describir los modelos que lo asumen en sus premisas. El cambio conceptual supone también una teoría acerca de cómo debe orientarse la enseñanza.

## **ARGUMENTOS PARA LA DISCUSIÓN**

### **MODELOS BASADOS EN EL APRENDIZAJE**

Como ya se señaló con anterioridad, las teorías de aprendizaje han permitido el diseño de modelos que explican las concepciones teóricas (patrón conceptual) que definen diversas filosofías educativas, las cuales se ordenan sistemáticamente para operar en una realidad concreta. En todos los casos siempre subyace una propuesta de mediación o intervención didáctica (bi-direccionalidad), lo que le define también como una impronta educativa que, por obvias razones, es intencional y busca la trascendencia.

Una vez aclarado este punto, es preciso mencionar, de acuerdo con Barros (2008), que actualmente existen diversos modelos para la enseñanza de las ciencias, agrupados

en dos grandes estratos: 1) los basados en el estudiante como científico (EcC), donde se afirma que la educación científica del estudiante se debe plantear acorde con el quehacer del científico, ejemplos: el movimiento de las concepciones alternativas, el modelo de cambio conceptual, el modelo de enseñanza por investigación; y 2) los que consideran al estudiante como aprendiz, sustentados en diseños de enseñanza precisos, alineados a los procesos de aprendizaje y desarrollo cognitivo y meta-cognitivo que se espera lleven al aprendiz a convertirse en experto, ejemplo: la teoría del aprendizaje significativo. Todos ellos implican alguna forma de autorregulación del aprendizaje por parte del estudiante.

Como se puede observar, no existen límites claros en torno a unos u otros modelos, ya que la concepción del estudiante como científico implica que éste asuma una condición de aprendiz, mientras que el aprendizaje significativo lleva también implícito un cambio conceptual. En ambos casos es posible apreciar alguna forma de constructivismo.

Por estas razones a continuación se presentan los principales modelos asociados al paradigma del aprendizaje, en busca de mayor claridad en torno a la didáctica de las ciencias. Los dos primeros (modelo basado en un aprendizaje fundado en problemas y el modelo experimental), referidos al estudiante como científico y el tercero (cognición situada) representante del cambio conceptual a partir de las concepciones alternativas.

### **APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP)**

El ABP responde a una metodología centrada en el trabajo autónomo y en equipo de los estudiantes, quienes así autorregulan su aprendizaje. A través de dicho trabajo deben lograr los objetivos planteados en el tiempo previsto.

Este modelo puede conducir a una mejor integración de los conocimientos declarativos y procedimentales. Por ello puede ser empleado como una estrategia general que forme parte del plan de estudios de una carrera profesional, ya que permite interrelacionar distintas materias o disciplinas académicas, o bien ser incorporado como una estrategia de trabajo a lo largo de un curso o asignatura en específico, e incluso como técnica didáctica aplicada para la revisión de ciertos objetivos de aprendizaje de un curso (ITESM, 2008).

En su calidad de metodología, el ABP favorece la posibilidad de integrar conocimientos, contexto y recursos disponibles. Entre sus características destacan (ITESM, 2008):

- 1.- El desarrollo del pensamiento crítico, el cual se incluye en el mismo proceso de enseñanza- aprendizaje; no se incorpora como algo adicional, sino que es parte del mismo proceso de interacción para aprender.
- 2.- La promoción del conflicto cognitivo, al enfrentar al estudiante con una nueva situación que estimula el aprendizaje.
- 3.- El asumir que de las interacciones con el medio ambiente (contexto) surge el entendimiento de la realidad.





4.- El considerar que la estructura del problema a enfrentar está siempre abierto, así como el proceso que lleva a su solución, lo cual motiva un aprendizaje consciente y un trabajo sistemático del grupo, que se constituye en una experiencia colaborativa de aprendizaje.

5.- El asegurar que los estudiantes trabajen en equipos de seis a ocho integrantes, con un tutor/asesor que facilite la búsqueda de información y promueva la discusión en cada sesión de trabajo con el grupo.

6.- Bajo este enfoque el objetivo no se centra en resolver el problema, sino en utilizarlo como pretexto para identificar los temas de aprendizaje, mismos que deben ser estudiados de manera independiente o grupal; es decir, el problema planteado sirve como detonador para que los estudiantes encaminen sus esfuerzos hacia el logro de los objetivos de aprendizaje explicitados en un curso.

7.- A lo largo del proceso de trabajo grupal los estudiantes adquieren responsabilidad en las tareas desplegadas y confianza en su participación, disponiéndose a dar y recibir críticas orientadas a la mejora de su propio desempeño y del grupo.

8.- Dentro de la experiencia del ABP los estudiantes despliegan su propia metodología para la adquisición de conocimiento, lo que les lleva a aprender sobre su propio proceso de aprendizaje (metacognición).

9.- Los conocimientos involucrados en el proceso mantienen una estrecha relación con el problema, integrándose paulatina y sistemáticamente (no de manera aislada o fragmentada). El ABP permite que los estudiantes observen su avance en el desarrollo de conocimientos y habilidades, lo que les permite adquirir conciencia de su propio desarrollo.

10.- Aunque parece obvio, el proceso de confrontar y resolver problemas fomenta en el estudiante una actitud positiva hacia el aprendizaje. Bajo su metodología se respeta la autonomía del estudiante, quien aprende sobre los contenidos y genera su propia experiencia, individual y grupal, a medida que desarrolla las dinámicas de trabajo implícitas en el método. Los estudiantes tienen además la posibilidad de confirmar en la práctica lo que se plantea en la teoría, aprendizaje que refuerza sus saberes acerca del problema abordado.

En síntesis, bajo la guía de los maestros facilitadores del aprendizaje, se logra desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico, habilidades para la colaboración y solución grupal de problemas, mientras en el proceso identifican nuevas situaciones problemáticas, formulan hipótesis, conducen la búsqueda de información, realizan experimentos y determinan los criterios para llegar de la mejor manera posible a la solución de las problemáticas planteadas.

### **MODELO EXPERIMENTAL**

Deudor de las posturas positivistas (y del Círculo de Viena), busca la perfección a través del método (ascetismo).



Se parte del principio de que, con rigor metodológico (que asegure el control y la manipulación), es posible acceder a la verdad sobre el fenómeno que se pretende estudiar.

A esta propuesta se le ha dado en llamar empirista e inductivista, al afirmar que el proceso inicia con la observación pura, imparcial; sin embargo, se sabe de antemano que toda observación es parcial y que la interpretación de un fenómeno específico depende de los marcos teóricos que preceden a los enunciados observacionales que le identifican y definen.

Adúriz-Bravo (2010) dirá que en el contexto de esta escuela de pensamiento, el modelo es un sistema que satisface los axiomas de la teoría, de la cual pasa a ser modelo por este proceso de interpretación que se hace. Es el propio Kuhn (1971) quien propone usar el constructo ejemplar, definiéndolo como un modelo científico a imitar en la búsqueda de soluciones a los problemas científicos. Se trata de un modelo mecánico, el cual puede ser posible debido a la elaboración previa de un pensamiento lógico-formal-asociativo, que posibilita el ordenamiento de dichos fenómenos.

Un modelo de esta naturaleza se esgrime como un conjunto de descripciones que no pueden ser sistematizadas de otra manera. En todo caso, como también señaló Kuhn (1971) se trata de un modelo inacabado, en continua construcción, en virtud de que los modelos son siempre incompletos, ya que no abarcan todos los problemas que se espera sean resueltos.

Gallego (2004) sostendrá que un modelo es una construcción imaginaria y arbitraria de un conjunto de objetos o fenómenos. Sobre esta base es fácil entender cómo el modelo se formula conceptual y metodológicamente con el propósito de estudiar el comportamiento, provocado o no, de esos objetos o fenómenos. Aquí radica su esencia experimental. Se trata así de romper con ese sentido de arbitrariedad al que alude el autor, para adherirse a un esquema más rígido y sistemático, formal por esencia.

La idea primaria sigue vigente: dotar de científicidad al proceso de aprendizaje y enseñanza. De esta manera, el modelo tiende a convertirse en una simplificación o representación idealizada de algún sistema que se supone existe en la naturaleza (Del Re, 2000). Para este último autor, los modelos, en tanto herramientas del pensamiento científico, pueden ser de dos tipos: matemáticos o físicos, calificados estos últimos como esenciales, si es que se quiere aplicar un modelo didáctico que identifique y caracterice fenómenos que de otra manera no serían directamente observables. La idea es enlazar teoría con naturaleza (Gallego, 2004).

### **COGNICIÓN SITUADA**

Que nada cambie para que se suscite el cambio. Se destaca aquí la importancia de las ideas previas de los estudiantes, las cuales pueden no ser relevantes en el desarrollo y adquisición de contenidos científicos dentro de contextos de aprendizajes escolares, pero sí muy útiles en la vida cotidiana. Para lograrlo no hay que modificar estas ideas, sino enseñar al estudiante a aplicarlas en el contexto más adecuado. Para ello la tarea



que se realiza y el espacio donde se detectan estas ideas previas es sumamente importante.

Esta postura, a pesar de estar inmersa dentro de los modelos sustentados en el cambio conceptual, se encuentra en contradicción con aquellas más radicales que pretenden dicho cambio a partir de eliminar las preconcepciones de los estudiantes, en busca de la adquisición aséptica de procesos mentales científicos. Propuestas como estas se basan en el hecho de que las ideas previas pueden resistir incluso la enseñanza que se propone abiertamente erradicarlas (Strike y Posner, 1992).

La cognición situada busca lograr que el estudiante posea múltiples representaciones mentales (Spada, 1994; Caravita y Halldén, 1994), con las cuales pueda discriminar (seleccionar) el contexto en que cada una resulta aplicable.

En ese mismo orden de ideas, Chi et al., (1994) plantean esta misma situación al asegurar que lo que se debe entender por cambio es la reasignación de las categorías ontológicas; es decir, el estudiante tiene asignado un concepto a una categoría ontológica determinada por él (de donde surgen las ideas alternativas), la cual de entrada se asume inadecuada. La función del maestro es buscar orientar adecuadamente este concepto a la categoría ontológica que le corresponde.

En este renglón existen diversas alternativas asociadas al cambio conceptual las cuales se representan en el Cuadro 1:



**Cuadro 1. Teorías que explican el cambio conceptual en el estudiante de ciencias**

Posición teórica	¿Qué es lo que debe cambiar para que se logre el cambio conceptual?
COGNICIÓN SITUADA	Nada. Coexistencia de múltiples representaciones. El estudiante debe identificar el contexto adecuado (Spada, 1994; Caravita y Halldén, 1994).
CONOCIMIENTO FRAGMENTADO	P-prims. Lo que cambia son las representaciones inconexas y desintegradas (fragmentos a los que denominan P-prims). La adquisición del conocimiento científico implicaría un cambio conceptual hacia la sistematicidad y no sólo un cambio de contenido (DiSessa, 1988; 1993).
TEORÍA-MARCO, MODELOS MENTALES	Una teoría por otra (reestructuración) No se cambia repentinamente una teoría específica de dominio por otra (Vosniadou, 1994). Hay que distinguir entre la teoría marco (teoría ingenua del mundo físico puesto que se refiere al proceso de cambio conceptual en física) y las teorías específicas que estarían limitadas por las teorías marco. La reinterpretación gradual de las restricciones de las teorías marco conduce finalmente a una reestructuración radical, la que se alcanza gradualmente.
REESTRUCTURACIÓN RADICAL	Una teoría por otra (reestructuración). Se cambia repentinamente una teoría específica de dominio por otra (Carey, 1985). No implica sólo un cambio en el conocimiento declarativo del individuo, en la estructura de su conocimiento específico de dominio, sino que puede implicar también un cambio actitudinal y estar relacionado también con las habilidades de pensamiento del sujeto (capacidad para formular y comprobar hipótesis y desarrollo de estrategias metacognitiva (Limón y Carretero, 1997).
CAMBIO DE CATEGORÍA ONTOLÓGICA	La categoría ontológica a la que están asignados los conceptos dentro de la red del individuo. El cambio consiste en cambiar un concepto que está asignado a una categoría ontológica que no le pertenece (Chi et al., 1994).
CAMBIOS METACOGNITIVOS	Fundamentalmente, las estrategias metacognitivas del sujeto (White y Gunstone, 1989), así como su metaconocimiento (Reif y Larkin, 1991). Deben tomar conciencia de que sus ideas pueden dar lugar a la formulación de hipótesis que pueden ser comprobadas (Vosniadou, 1994).

**Fuente:** Limón y Carretero (1997).

En conceptos de Limón y Carretero (1997), lo que realmente importa no es que los estudiantes cambien sus creencias o sus ideas, sino que desarrollen estrategias metacognitivas. Paradójicamente, el que puedan aceptar o rechazar las nuevas ideas y el rechazo de sus propias preconcepciones depende en gran medida de los patrones metacognitivos que posean. Por ello los niveles de éxito son distintos si se trata de comunidades de científicos o de estudiantes de ciencias. De hecho, no se debe descartar

que en muchas ocasiones los científicos manifiestan una férrea resistencia a las nuevas ideas en ciencia (Campanario, 1997).

Para todos los autores antes citados, el cambio conceptual no sería sólo conceptual, sino que involucraría otros tipos de cambios; actitudinal (interés por resolver la tarea, saber que existen discrepancias entre el saber cotidiano y el científico) y en las habilidades de pensamiento (desarrollo de estrategias meta-cognitivas).

Limón y Carretero (1997) enfatizan lo difícil y costoso que resulta lograr esto, sobre todo si se piensa en lo ajustado de los tiempos para impartir los contenidos, para atender a los estudiantes, para preparar las sesiones, etc. Los autores se preguntan si en verdad vale la pena seguir en busca de este cambio conceptual. Plantean que lo mejor es distinguir niveles de comprensión en las nociones incluidas en los contenidos escolares, lo que llevaría a un cambio gradual, pero uniforme, el cual no podría ser logrado en un curso académico, sino a lo largo de una etapa educativa (ejemplo: una carrera o posgrado).

Además, agregan que las problemáticas del cambio conceptual exigen necesariamente pensar en cuáles son los procesos que dan lugar al cambio, y si esos procesos son comunes o específicos de dominio y, lo más importante para este caso, qué procedimientos o estrategias conducen al cambio.

De entre las estrategias más socorridas para promover el cambio conceptual se encuentra el reto o conflicto cognitivo, el cual es cuestionado severamente bajo el argumento de que la presentación de datos contradictorios o anómalos, a manera de contraejemplos, no son una condición suficiente para que se produzca el cambio conceptual. Mucho menos si se asocia con la sustitución de las teorías implícitas o los pre-saberes de los estudiantes. De configurarse así el conflicto cognitivo, puede generar en los estudiantes una apatía por las ciencias al exponerlos a situaciones donde se descalifica su saber, tachándolo de erróneo, bajo el supuesto de que es el maestro quien posee la autoridad cognitiva para exponer las teorías validadas por la comunidad científica. Este modelo refleja rasgos propios del enfoque tradicional.

Sobre este particular Moreira y Greca (2003, p. 307) señalan que:

“(…) en una situación de enseñanza formal, la estrategia de conflicto implicaría que el profesor generase una disonancia cognitiva en el alumno suficientemente grande para llevar a una acomodación pero no tan grande que condujera al abandono de la tarea. El resultado de la acomodación sería un cambio conceptual”.

Limón y Carretero (1997), citan los trabajos de Chinn y Brewer (1993), los cuales han detectado que al presentar datos contradictorios o anómalos a los estudiantes éstos pueden dar hasta siete tipos de respuestas: ignorarlo, rechazarlos, excluirlos del dominio de la teoría, dejarlos sin utilizar de momento, reinterpretar los datos manteniendo la teoría, reinterpretarlos y realizar modificaciones periféricas de la teoría y, por último, aceptar los datos y cambiar la teoría. Ante esta diversidad cabe preguntarse qué factores son los que influyen para que se produzca uno u otro tipo de respuesta. Aquí radica un claro ejemplo



de la complejidad del cambio conceptual guiado a partir del reto cognitivo y su manera de interpretarlo.

A continuación se muestra un cuadro (Cuadro 2), adaptado por Limón y Carretero (1997) de los trabajos de Chinn y Brewer (1993).

**Cuadro 2. Factores que influyen en cómo responde una persona (estudiante) a los datos anómalos**

<p>Características del conocimiento previo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Arraigo de la teoría previa</li> <li>2. Creencias ontológicas</li> <li>3. Presupuestos epistemológicos sobre la ciencia</li> <li>4. Conocimiento científico general</li> </ol>
<p>Características de la teoría nueva:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Accesibilidad de una alternativa plausible</li> <li>2. Calidad de la teoría alternativa</li> </ol>
<p>Características de los datos anómalos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Credibilidad</li> <li>2. Ambigüedad</li> <li>3. Multiplicidad</li> </ol>
<p>Estrategias de procesamiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procesamiento profundo</li> </ol>

**Fuente:** Limón y Carretero (1997).

Chinn y Brewer (1993) proponen una serie de sugerencias, tendientes a promover un cambio reflexivo de teoría, entre las que destacan: conocimiento previo de los estudiantes reduciendo el arraigo de determinadas concepciones o fortaleciendo un conocimiento científico general que les ayude a presentar alternativas a los estudiantes que sean plausibles e inteligibles, presentar datos no anómalos que sean creíbles y claros y de ser posible, que no representen un caso aislado y excepcional, sino que sean múltiples y favorezcan un procesamiento profundo de la información. Todo ello en medio de estrategias de motivación que deben acompañar toda estrategia instruccional.

Sin lugar a dudas, aún falta mucho por indagar acerca de estas cuestiones tan prioritarias para el buen desempeño del maestro de ciencias y desde luego del estudiante, lo cual es ya una realidad en el marco del interés que suscita en estos momentos la enseñanza de la ciencia.

Es necesario coincidir en este momento con Adúriz-Bravo (2010, p. 248), cuando al referirse a los modelos teóricos, particularmente bajo la óptica de Giere (1992), señala que:

“cualquier representación que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema estudiado califica como modelo teórico: no solo los modelos altamente abstractos, sino también las maquetas, las imágenes, las tablas, las redes, las analogías... siempre que habiliten a describir, explicar, predecir e intervenir”.



## CRITERIOS PARA ORIENTAR LA EVALUACIÓN

Mención aparte merecen las propuestas de evaluación que desde estas perspectivas se recomiendan. Es necesario reconocer que el concepto de evaluación en didáctica de las ciencias ha dejado en claro que no se refiere al acto habitual de calificar (Gallego, 2004).

Debido a su nuevo enfoque el citado autor enfatiza en que como práctica, se halla ligada a las concepciones epistemológicas, didácticas y pedagógicas de maestros, directivos académico-administrativos y de las autoridades que toman decisiones al respecto.

En lo que concierne al maestro, la evaluación se tendrá que desprender conceptual y metodológicamente de las estrategias que éste emplee. La evaluación es vista entonces como la oportunidad que se le ofrece a cada estudiante para continuar su proceso de cambio conceptual, metodológico, actitudinal y axiológico (Gallego y Pérez-Miranda, 1997); esto servirá para ir monitoreándose a sí mismo en relación con su propio desarrollo y el del colectivo dentro del aula, siempre comparándolo con lo aprobado por la comunidad de especialistas (estándar de los expertos). Jorba y Sanmartí (1996) llaman la atención en torno a la fuerza que está tomando la idea de evaluación como regulación y auto-regulación. Estos preceptos, aunque definidos desde hace más de una década, aún no han cobrado una vigencia importante.

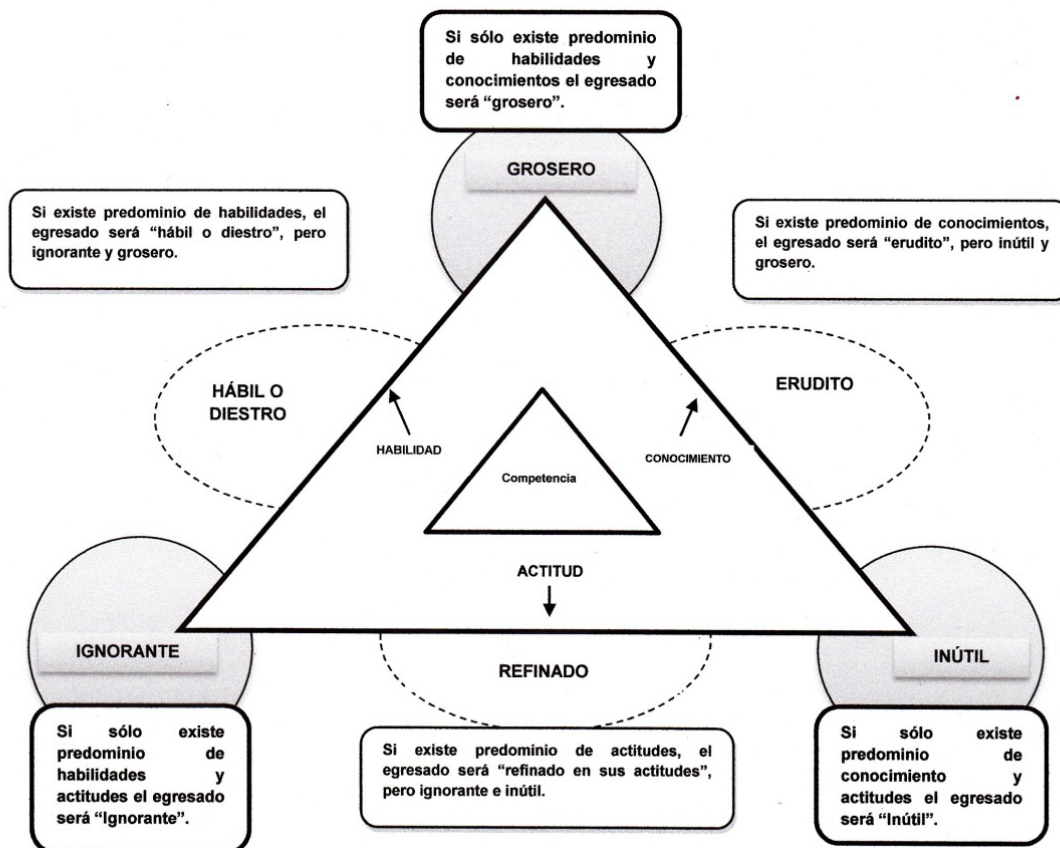
Obsérvese cómo bajo este abordaje la evaluación gira hacia el aprendizaje, pero no sólo hacia él. Se trata ahora de “abarcar todos los elementos que se hacen concurrir en el proceso de socializar entre las nuevas generaciones las ciencias de la naturaleza (sic)” (Gallego, 2004, p. 10).

Con base en ello, la evaluación configura también un modelo, el cual debe incorporar la presencia y rol del maestro, quien deberá asumir su papel dentro de éste. El propio Gallego subraya la necesidad de diseñar programas de formación inicial y continua para los profesores de ciencias. Ribot (2007) habla de un modelo didáctico especialmente para el profesor universitario.

La idea es prestar atención a lo que Albornoz (1996) advierte en torno a la responsabilidad que la universidad tiene de tomar conciencia acerca de su papel protagónico en la formación de los recursos humanos que todo país requiere, condición que está ausente; inclusive Vicentelli y Álvarez (1998) afirman que actualmente la evaluación sólo entrena individuos de escasa formación técnica, ideológica y ocupacional. Esto aparentemente debió haber cambiado después de una década de reformas y cambios a nivel nacional e internacional; sin que exista evidencia de investigación que lo demuestre fehacientemente.

Al retomar la idea de que los estudiantes alcancen un nivel elevado de competencias relativas a la ciencia, mismas que puedan ser evaluadas bajo los criterios expuestos, es necesario traer nuevamente a esta disertación los postulados de Campirán (1999a, 1999b), que se resumen de manera gráfica de la siguiente manera:

**Figura 1. Modelo para el desarrollo de competencias en ambientes escolares**



**Fuente:** elaboración propia.

Este modelo recrea de manera hipotética lo que pasaría si se incorpora dentro del plan o programa de estudios una sola categoría o dimensión de competencia o bien dos de ellas (Campirán, 1999b). Evidentemente, esto no debe ocurrir bajo los criterios antes enunciados, los cuales puntualizan la necesidad de integrar los tres ámbitos de competencia. Para que un estudiante pueda ser competente debe cuidar el equilibrio entre estos tres elementos.

Aunado a ello, a fin de lograr que un estudiante posea la capacidad efectiva, entendiéndose sea competente para llevar a cabo exitosamente una actividad o empresa, debe ostentar los conocimientos necesarios, saberlos aplicar óptimamente y mantener una buena disposición ante sí mismo y ante su entorno social (Bitácora COL, 2008).

Con base en ello, es posible diagnosticar en torno a su nivel de formación, lo que en el terreno de las ciencias se define como alfabetismo científico o formación científica para las ciencias.



## REFLEXIONES FINALES

Si como afirma Cabot (2012, p. 84): “la sociedad moderna, fuertemente impactada por el desarrollo vertiginoso de la ciencia y la técnica, le impone profundas transformaciones al trabajo escolar”, entonces es fácil entender que aprender ciencias dentro de los espacios escolares representa hoy en día un reto que debe ser confrontado de manera inteligente. Más allá de los éxitos obtenidos a partir de estrategias basadas en la experticia del maestro, la gran mayoría de estudiantes, en su calidad de aprendices, no logra alcanzar una alfabetización científica que le sitúe al menos en la condición de alfabeto avanzado.

Es por ello que el aprendizaje de las ciencias se mantiene como un problema vigente, particularmente en el nivel superior, espacio donde impactan todas las deficiencias acumuladas a través del proceso educativo básico.

Por ello, es indispensable que los maestros que enseñan ciencias deban cubrir como requisito básico al menos dos condiciones: 1) que se encuentren como investigadores activos, con proyectos vigentes; y 2) que reciban una capacitación muy cercana a las matrices conceptuales y semánticas que predominan en la educación, y más específicamente, en la didáctica. Saber cómo aprenden los estudiantes determinará en consecuencia el cómo deben enseñar; además de mantener al estudiante informado de sus avances y pendientes, a partir de un diseño de evaluación que le explique qué, cómo y para qué aprende, lo que le permitirá la autorregulación de sus aprendizajes.

Por otra parte, es necesario sustituir el concepto de cambio conceptual por el de evolución conceptual, propuesto por Tamayo-Alzate (2001), con la finalidad de abordar una perspectiva holística, donde se asuman aspectos conceptuales, cognitivos, meta-cognitivos, lingüísticos y motivacionales, integrados en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Ello supondrá valorar con solvencia las experiencias y saberes previos del estudiante, los procesos meta-cognitivos, cognitivos y filosóficos de la ciencia, además, de los elementos socio-culturales y lingüísticos, lo que hará de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias algo integral.

La idea de un científico investigador que se ocupa de tareas docentes no puede quedar reducida a uno más de los mitos que dominan el escenario educativo. La dualidad que ello representa puede y debe ser concretada tanto en la teoría como en la práctica. Le corresponde al maestro que enseña ciencias asumir un papel protagónico en las dinámicas que eventualmente conducirán a concretar el propósito de una educación basada en los fundamentos que la ciencia provee.

Será a partir de ello que la didáctica de las ciencias podrá robustecerse e impactar favorablemente en la alfabetización del estudiante.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A. (1999). Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias. Tesis de Maestría. Universitat Autònoma de Barcelona, España.
- Adúriz-Bravo, A. (2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. Enseñanza. Edición 17-18. (Pp. 61-74).
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. II Congrès Internacional de Didàctiques. Buenos Aires, Argentina.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, A. (2001). La didáctica de las ciencias experimentales como disciplina tecnocientífica autónoma. En F. J. Perales y otros (Eds.). Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI. España. Grupo Editorial Universitario.
- Albornoz, M. (1996). La familia y la educación del venezolano. Venezuela. Ediciones de la biblioteca.
- Ausubel, D. (1976). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México. Editorial Trillas.
- Ausubel, D. (2002). Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva. España. Editorial Paidós.
- Barros, J. (2008). Enseñanza de las ciencias desde una mirada de la didáctica de la escuela francesa. Revista EIA. Volumen 10. (Pp. 55-71).
- Bitácora COL. (2008). Competencias para el desarrollo de las habilidades de pensamiento. Documento en línea. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/242635905/BITACORA-COL-pdf>. Consulta: 10/05/2013.
- Bruner, J. (1988). Desarrollo cognitivo y educación. España. Editorial Morata.
- Cabot, E. (2012). Una alternativa didáctica para el perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Revista Ibero-Americana de Educação. Edición 58. (Pp. 81-97).
- Campanario, J. (1997). ¿Por qué a los científicos y a nuestros alumnos les cuesta tanto, a veces, cambiar sus ideas científicas? Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Número 11. (Pp. 31-62).
- Campanario, J. (1998). ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencias? Una revisión de estudios recientes. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado. Número 33. (Pp. 121-149).



- Campirán, A. (1999a). Critical Thinking y desarrollo de competencias. En Moreno, R. (comp.) La Razón Comunicada. Materiales del taller de didáctica de la lógica. México. Universidad Veracruzana.
- Campirán, A. (1999b). El taller visto como competencia. En Campirán, A.; Guevara, G. y Sánchez, L. (comp.). Habilidades de pensamiento crítico y creativo. México. Universidad Veracruzana.
- Caravita, S. y Halldént, O. (1994). Re-framing and modeling the processes of conceptual change. Learning and instruction. Año 4, número 1. (Pp. 89-111).
- Carey, S. (1985). Conceptual change in childhood. Estados Unidos. The MIT Press.
- Chi, M.; Slotta, J. y De Leeuw, N. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning concepts. Learning and Instruction. Año 4, número 1. (Pp. 27-44).
- Chinn, C. y Brewer, W. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science education. Review of Educational Research. Volumen 63, número 1. (Pp. 1-49).
- Cleminson, R. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and how children learn science. Journal of Research in Science Teaching. Volumen 27, edición 5. (Pp. 429-445).
- De Bartolomeis, F. (1986). La actividad educativa. Organización, instrumentos, métodos. España. Editorial Laia.
- Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. International Journal for Philosophy of Chemistry. Volumen 6, número 1. (Pp. 5-15).
- DiSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. En Forman, G. y Pufall, P. (comps.), Constructivism in the computer age. Estados Unidos. Lawrence Erlbaum.
- DiSessa, A. (1993). Towards an epistemology of physics. Cognition and Instruction. Volumen 10, edición 2-3. (Pp. 105-225).
- Fernández-Huerta, J. (1990). Niveles epistemológicos, epistemagógicos y epistemodidácticos en las didácticas especiales. Enseñanza. Edición 8. (Pp. 11-29).
- Gallego, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Volumen 3, número 3. (Pp. 1-19).
- Gallego, R. y Pérez-Miranda, R. (1997). La enseñanza de las ciencias experimentales. Colombia. Cooperativa Editorial Magisterio.
- Giere, R. (1992). La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo. México. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.



- Gil, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. Investigación en la Escuela. Volumen 23. (Pp. 17-32).
- ITESM. (2008). El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica. Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño. México. Vicerrectoría Académica, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias de la naturaleza y matemáticas. España. MEC.
- Joshua, S. y Dupin, J. (1993). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Francia. Presses Universitaires de France.
- Kuhn, T. (1971). La estructura de las revoluciones científicas. México. Fondo de Cultura Económica.
- Limón, M. y Carretero, M. (1997). Construir y enseñar ciencias experimentales. Argentina. Aique Grupo Editor S.A.
- Moreira, M. y Greca, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. Ciência e Educação, Bauru. Volumen 9, número 2. (Pp. 301-315).
- Peme-Aranega, C. (1997). El carácter epistemológico interdisciplinario de la didáctica de las ciencias. Educación en Ciencias. Volumen 1, número 2. (Pp. 5-13).
- Piaget, J. (1996). La epistemología genética. España. Editorial Debate.
- Piaget, J. (1981). Psicología y epistemología. España. Editorial Ariel.
- Piaget, J. (1987). Nascimento da inteligência na criança. Brasil. Editorial Guanabara.
- Porlán, A. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias, Enseñanza de las Ciencias. Volumen 16, número 1. (Pp. 175-185).
- Pozo, J. (1993). Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza, ¿concepciones alternativas? Infancia y Aprendizaje. Número 62-63. (Pp. 187-204).
- Reif, F. y Larkin, J. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications. Journal of Research in Science Teaching. Volumen 28, número 9. (Pp. 733-760).
- Ribot, S. (2007). Aproximación teórica al modelo didáctico del profesor universitario. VII Reunión Nacional de Currículo y I Congreso Internacional de Calidad e Innovación en Educación Superior. Caracas, Venezuela.



- Spada, H. (1994). Conceptual change or multiple representations? *Learning and Instruction*. Volumen 4, número 1. (Pp. 113-116).
- Strike, K. y Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En Duschl, R. y Hamilton, R. (eds.). *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. Estados Unidos. SUNY Press.
- Tamayo-Alzate, O. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Vicentelli, H. y Álvarez, M. (1998). Condiciones socioeconómicas y académicas del aspirante a cursar estudios en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (Núcleo Maracay). *Paradigma*. Año, 19, número 2. (Pp. 167-182).
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*. Volumen 4, número 1. (Pp. 45-70).
- White, R. y Gunstone, R. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education*. Volumen 1, número monográfico 1. (Pp. 577-586).