
MODELO DIDACTICO PARA LA FORMACION DE CONCEPTOS CIENTIFICOS EN ALUMNOS DE SECUNDARIA BASICA⁺*

Nelsy Perfecto Pérez Ponce de León

Segifredo Luis González Bello

Departamento de Física – ISP “José de la Luz y Caballero”

Holguín – Cuba

Resumen

En el trabajo se presenta un estudio realizado sobre la formación de conceptos científicos en la escuela. Se enfatiza en el papel que juega el diagnóstico de los preconceptos, y se propone un modelo didáctico con su fundamentación psicológica y epistemológica, para darle tratamiento a algunos conceptos físicos. Se busca la aproximación al conocimiento científico empleando el método dialéctico y se sugiere un conjunto de procedimientos heurísticos para dirigir el proceso de aprendizaje mediante la solución de tareas docentes.

Palabras claves: *Aprendizaje, formación de conceptos, diagnóstico, tareas docentes, método dialéctico.*

Abstract

The article presents a study carried out about the formation of scientific concepts in schools. Emphasis is given to the role played by the diagnostic of preconcepts and a didactic model with a psychological and epistemological foundation is proposed, in order to deal with physical concepts. An approximation to scientific knowledge using the dialectic method is also presented and a set of heuristic procedures to direct the learning process by means of the solution of learning tasks is also suggested.

Keywords: *Learning, formation of concepts, diagnostic, learning task, dialectical method.*

⁺ Didactic model for the formation of scientific concepts in junior high school students

* *Recebido: junho de 2000.*

Aceito: dezembro de 2002.

I. Introducción

En Cuba las investigaciones relacionadas con la formación de conceptos han estado dirigidas a la elaboración de metodologías para estimular los procesos de análisis, síntesis, comparación y abstracción, necesarios para la generalización conceptual (Ramos, 1993; Concepción, 1994), sin embargo, han sido débilmente tratadas las ideas previas de los alumnos y su influencia en el aprendizaje de las ciencias.

Numerosas investigaciones señalan que los conocimientos de la mayoría de los alumnos prácticamente no evolucionan con la enseñanza. Las mismas han estado relacionadas con el diagnóstico de las concepciones alternativas (Eckhard, 1990; Curbero, 1993; Gavrina y Buchweitz, 1994; Hurtado, 1994; Martínez y Pérez, 1997), a la explicación de su génesis (Astolfi, 1988; Mellado y Carracedo, 1993; De Posada, 1993), y a la elaboración de estrategias para el tratamiento a los contenidos (Novak, 1988; Gil, 1993; Galagovsky, 1993; Valera y Martínez, 1995; Gil y Valdés, 1996).

No obstante, después de 30 años de investigación sigue siendo un hecho que los alumnos del nivel secundario *no forman ideas correctas respecto a los principales fenómenos que estudian* (Carrascosa y Gil, 1999). La solución al problema planteado se orienta mediante la búsqueda de respuestas a las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los condicionantes esenciales del surgimiento y desarrollo de las ideas que se van formando los alumnos respecto a los fenómenos físicos?

¿Cómo actuar, para incidir eficientemente en la formación y desarrollo de esas ideas, de manera que se acerquen al conocimiento científico?

II. La formación de conceptos científicos en la escuela

La formación de los conceptos se produce esencialmente a través del proceso enseñanza - aprendizaje en la escuela, donde se traza una profunda división entre las ideas sobre la realidad, desarrolladas a través de los propios esfuerzos mentales y aquellos influidos decisivamente por los adultos y en especial la escuela. Los conceptos científicos y espontáneos se desarrollan en contextos diferentes, asumiendo en muchos casos, direcciones inversas. Comienzan apartados y avanzan hasta formar las ideas definitivas, que sobre el objeto o fenómeno el alumno se formará. Este es el punto clave del papel que juegan los conceptos cotidianos en la formación de conceptos científicos.

Las investigaciones de Vigotsky en los años 20 del presente siglo (Vigotsky, 1982), aunque no enfocaron esta cuestión en la misma dirección que las iniciadas en los años 60, aportan elementos teóricos importantes para la solución de un problema de tanta actualidad. En ellas se hizo un estudio del desarrollo de las

posibilidades de los niños para la elaboración conceptual, tanto en su proceso como en sus resultados (Stipcich y Toledo, 2001).

La evolución de los procesos por los cuales resulta eventual la formación del concepto comienza en la primera infancia. Las funciones intelectuales que en una combinación específica integran dicho proceso maduran, toman forma, solamente en la pubertad y transcurren evolutivamente según una secuencia de etapas o fases.

- **Fase de conglomeración sincrética vaga de los objetos individuales:**

Los objetos se reúnen por casualidad, se unen en la mente en una imagen de carácter sincrético altamente inestable. Para Vigotsky (1982) esta tendencia compensa la insuficiencia de relaciones subjetivas, por eso confunden los vínculos subjetivos con enlaces reales, no obstante, estos “montones” reflejan relaciones objetivas por la coincidencia de las percepciones con algún atributo (cambiante) del grupo de objetos que forman el conglomerado, que se designa con alguna palabra o sonido.

- **Fase del pensamiento en complejos:**

Un complejo es una agrupación concreta de objetos conectados por vínculos reales. Como no se forman en el plano del pensamiento lógico-abstracto, las uniones que crea y las que ayuda a formar, carecen de unidad lógica y pueden ser diferentes (asociativos, en colecciones, de cadena y difusos).

La fase más desarrollada de este tipo de formaciones generalizadoras ocurre en forma de pseudoconceptos. En este estadio, los niños son capaces de agrupar los objetos por un rasgo común, con lo cual parece como si el agrupamiento se hubiese realizado sobre la base de un concepto. Aunque el resultado es el mismo, los procesos para llegar al concepto y al pseudoconcepto son diferentes, no obstante, este último constituye un eslabón de transición entre el pensamiento en complejos y el conceptual.

La aparición de los pseudoconceptos se debe, a la regulación externa, normativa del adulto en el proceso de comunicación. ...“*El lenguaje del medio ambiente, con sus significados estables y permanentes, señalan la dirección que seguirá la generalización del niño*”... (Vigotsky, 1982, p.70). Sin embargo, el adulto no puede transmitir al niño su forma de pensar, solo puede transmitir el significado ya hecho de la palabra, alrededor de la cual éste forma un complejo, aún cuando su producto parece ser fruto del pensamiento conceptual.

- **Formación de conceptos potenciales:**

El análisis de la formación de los **pseudoconceptos** no explica el proceso de la formación de los conceptos, pues el análisis, la abstracción y la síntesis no pueden tener idénticas funciones en el concepto y en el pseudoconcepto. Cuando el niño agrupa los objetos que tienen mayor similitud, aunque sean no similares en más de un aspecto, se abstrae de conjuntos de características, pero no distingue claramente una de la otra, mas, se ha abierto una brecha en su percepción global, pues los atributos han sido divididos en dos partes a las que se presta desigual atención.

Cuando el agrupamiento se hace atendiendo a un solo atributo, pero ese atributo no significa lo formalmente general consciente en el niño, estamos en presencia de una abstracción precursora (**concepto potencial**). Los conceptos potenciales se forman tanto en la esfera perceptual como en la práctica.

Esto significa que el niño, como fruto de su propia actividad práctica – cognoscitiva y bajo la influencia de sus relaciones sociales con “mayores” (niños, adolescentes o adultos), va formando determinadas ideas del mundo que lo rodea. Durante esta etapa, el aprendizaje tiene un componente espontáneo muy fuerte y las estructuras cognitivas aún no permiten generalizaciones conceptuales propiamente dichas. En estas condiciones comienza a asistir a la escuela, donde se desarrolla una actividad sistemática dirigida a la identificación, ordenamiento y clasificación de objetos y fenómenos; es esta actividad escolarizada la que acelera el desarrollo de las estructuras que permiten la generalización conceptual. Ahora las nuevas ideas del niño y más tarde del adolescente, se forman en la combinación dialéctica, mediatizada por cada sujeto, de las ideas formadas espontáneamente y de la actividad escolar.

Caracterizar un *concepto* significa ubicarlo entre dos continuos, en el que uno representa el contenido objetivo, y el otro los procesos del pensamiento que conducen a su formación. Para que el aprendizaje de las ciencias exista, son necesarias las operaciones intelectuales correspondientes (análisis, síntesis, abstracción y generalización). El desarrollo de esas operaciones requiere de algún movimiento dentro de la trama evolutiva en la estructura de la generalización, así los **conceptos nuevos** y superiores, transforman a su vez el significado de los anteriores, incluyendo la capacidad para efectuar cambios de un sistema a otro, es decir, de un conocimiento ya formado a un nuevo nivel de conocimientos.

Esto no significa que el alumno tenga que reestructurar todos los conceptos anteriores simultáneamente, lo que ocurre es que una vez que una nueva estructura se ha formado, se expande gradualmente sobre los **viejos conceptos**, al ingresar éstos en estructuras y operaciones de orden superior.

¿Cómo explicar, desde estas posiciones teóricas las propiedades determinantes de los preconceptos?

III. Propiedades determinantes de los preconceptos. Posiciones teóricas de partida para su tratamiento en el salón de clases

Los preconceptos son generalizaciones inacabadas, pero no necesariamente erróneas (Bermúdez y Rodríguez, 1996), por eso, este tipo de generalización puede conducir a un primer nivel de comprensión del objeto de estudio. Se han formado como constructos personales, necesarios en la comunicación con los demás y en la solución de determinados problemas prácticos, por lo que poseen un alto valor heurístico y afectivo para quien los construyó (Bermúdez y Rodríguez, 1996 y Carrascosa y Gil, 1999).

La interacción compleja entre los preconceptos y las nuevas estructuras, determinan la formación de las nuevas ideas (juicios, “conceptos” y razonamientos, “hipótesis”). Este proceso se repite de forma cíclica durante toda la niñez. En la enseñanza primaria, cada vez con mayores posibilidades para generalizar, se hacen más firmes sus ideas respecto a los fenómenos, hechos y procesos que observa, e incluso estudia. La evolución de los preconceptos es un proceso que dura “toda la vida anterior” del sujeto que se enfrenta a una nueva interpretación de un hecho, fenómeno o proceso dado, aspecto por el cual no debe asombrar su **resistencia al cambio**, ni que algunos alumnos formen concepciones, cuando menos, próximas a las ideas científicas. En este sentido la evolución histórica de los preconceptos es análoga a la formación de las teorías científicas.

Durante la enseñanza el alumno se ve “forzado” a sistematizar lo aprendido, el maestro hace, repetidamente, preguntas que lo hacen relacionar y jerarquizar lo aprendido. Las respuestas de los sujetos reflejan las relaciones que, de acuerdo con sus intereses y experiencias previas, resultan significativas para ellos; no obstante, tales ideas van desarrollando las estructuras que permiten que el alumno relacione nuevos aspectos de la realidad con lo que aprende. Así surge la posibilidad de que, si no todos, una parte de los alumnos formen una estructura preconceptual, que en la literatura didáctica se le ha dado el nombre de **microteorías**.

En cualquier región del mundo para que el movimiento, incluso a velocidad constante, se mantenga es necesario realizar una acción continua, o por lo menos frecuente, sobre el cuerpo en movimiento. De igual manera, los objetos metálicos, al tacto parecen más “fríos” o “calientes” que los metálicos, las personas hablan en términos de “hace frío” o “hace calor” y los conocimientos que exigen los diferentes currículos de ciencias no se diferencien sustancialmente (Nieda y Macedo, 1997). Precisamente el basamento empírico de la formación de las ideas previas y la

integridad del comportamiento de los fenómenos naturales, tanto en su aspecto externo como en su esencia, condicionan su propiedad de **universalidad**.

El **paralelismo** que guardan la mayoría de estas ideas con algunas concepciones que predominaron en determinadas etapas del desarrollo de las ciencias, como ha conceptualizado Daniel Gil (1993), se debe a que los “métodos de aprendizaje espontáneos” y de enseñanza tradicional son similares, en cierta medida, a los de las ciencias naturales en su etapa inicial de desarrollo histórico. En cierto sentido cada hombre en su desarrollo ontogenético repite la evolución misma de la especie humana ...“La historia del pensamiento científico no es sólo la historia del concepto teórico, sino también la historia del preconcepto”... (Bermúdez y Rodríguez, 1996, p. 130).

La propia historia de las ciencias demuestra que los cambios metodológicos han recorrido un largo y difícil camino, que aún hoy no ha concluido y en principio no debe tener final. Pensar que un alumno, en breve tiempo, pueda formar las ideas que sustentan el método científico de las ciencias desarrolladas (Moreira y Ostermann, 1993) raya en posiciones tradicionalistas de aprendizaje por transmisión - recepción. Es más coherente con la condición humana de la niñez y la adolescencia temprana un modelo que se parta de un paradigma de ciencia no desarrollada, que evoluciona con la mayor celeridad posible al de ciencia desarrollada.

Los aspectos precedentes parecen indicar que la mejor manera de eliminar algunas consecuencias “indeseables” de los preconceptos sería no incluir en la enseñanza primaria cuestiones de ciencias naturales, ya que ésta juega un papel determinante en su desarrollo, sin embargo, la escuela en sus primeros años es la responsable de ampliar el nivel experiencial del niño, de desarrollar las estructuras cognitivas que permiten, en estadios posteriores, formar los conocimientos científicos. Si en la escuela el proceso enseñanza-aprendizaje ha transcurrido normalmente, los adolescentes tempranos están en condiciones de superar algunos de sus preconceptos, mediante ideas que generalizan la esencia de los fenómenos. La importancia de la formación de los preconceptos es tal, como veremos más adelante, que sin ella es imposible la formación de los conceptos científicos.

De las valoraciones precedentes se derivan siete conclusiones básicas relacionadas con las ideas previas y sus funciones en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias: a) la modificación de las preconcepciones requiere la implicación afectiva de quien aprende; b) los nuevos conocimientos deben ser útiles y plausibles; c) el aprendizaje debe requerir un proceso, en principio diferente del que medió para la formación de los preconceptos; d) los nuevos conocimientos requieren un tiempo, más o menos extenso para su formación, de manera que el objeto de estudio entre en nuevas relaciones que condicionan diversos momentos de síntesis y, por lo tanto, la comprensión gradual de las propiedades esenciales, ideas que hay que poner a prueba

repetidas veces, e) es necesario que el alumno acceda al dominio metacognitivo de tales ideas, f) el nivel de estructuración de las ideas previas es un indicador del estado de desarrollo intelectual de los alumnos y g) sus propiedades (paralelismo y universalidad), tienen una función heurística en la enseñanza de las ciencias.

Las conclusiones precedentes, tomadas de forma integrada, tienen consecuencias directas para el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias.

IV. La formación de los conocimientos en la Didáctica de la Física, sus enfoques actuales

En la Didáctica de las Ciencias, la búsqueda de soluciones de cara a mejorar la eficiencia de los aprendizajes ha conducido frecuentemente a apoyarse en la filosofía, y la historia de las ciencias (Majmutov, 1983; Razumovsky, 1987; Astolfi, 1988; Novak, 1988; Mellado y Carracedo, 1993 y Gil, 1993).

En Occidente priman las concepciones antinductivistas basadas en las ideas de Popper, Lakatos, Toulmin, Kuhn y Laudan (Novak, 1988 y Mellado y Carracedo, 1993), quienes han estudiado el problema del desarrollo de las ciencias, pero sostienen diferentes puntos de vista respecto a cómo se desarrollan las teorías científicas.

Estas posiciones epistemológicas tienen hoy una influencia muy grande en la didáctica de las ciencias, pues el modelo emergente (constructivismo) las asume como base teórica del aprendizaje humano en general. En la mayoría de estos trabajos no se discute si la enseñanza debe realizarse por vía inductiva, deductiva o hipotético-deductiva. Aunque muchos de los modelos propuestos (cambio conceptual o el cambio conceptual y metodológico) sostienen posiciones cercanas a la del modelo del ciclo del conocimiento científico (Razumovsky, 1987; González y Pérez, 1998). En ellos se refleja, en cierta medida, el tratamiento dialéctico al contenido.

En los trabajos anteriores y en otras publicaciones dedicadas al estudio de las concepciones alternativas, los modelos mentales, o los mapas conceptuales (Valera y Martínez, 1995), aunque no enfocan el problema desde las posiciones lógico formales de la inducción, la deducción o las analogías, tampoco alcanzan el nivel lógico dialéctico. Para estos investigadores el problema es comprender cómo los hombres aprenden, y cómo crear situaciones de aprendizaje que faciliten la construcción de los conocimientos por parte de los alumnos, sin embargo, no abordan, directamente, el papel de los conceptos como elemento básico de la teoría, ni las operaciones intelectuales que dan lugar a su formación. En otros casos, el esquema de

generalización asumido sólo revela lo que hay de igual en las definiciones habituales (preconceptos) y científicas (Petrovsky, 1981; Talízina, 1988; González y otros, 1995), pero no expresa la especificidad de estas últimas respecto a las primeras. La influencia de limitar el estudio psicológico del aprendizaje a su aspecto lógico formal y de la propia psicología en las didácticas particulares han hecho que el tratamiento tradicional a los contenidos, conduzca a la formación de las mismas estructuras y tipos de generalización que las desarrolladas durante la formación de los preconceptos, lo cual explica, como ya vimos, muchas regularidades encontradas en su estudio.

Al analizar este problema, algunos autores han diferenciado la generalización empírica de la teórica, sin embargo, en algunos casos relacionan el tratamiento lógico formal con el nivel empírico del conocimiento y el lógico dialéctico con el nivel teórico. Un estudio diferente del problema se observa en los trabajos de Rubinstein (1977) y Bermúdez y Rodríguez (1996) quienes reconocen el papel del conocimiento sensorial, pero destacan, que para el raciocinio poder reflejar el ser en sus múltiples relaciones y mediaciones internas, se requiere del pensamiento dialéctico.

El pensamiento científico, mediante el cual se produjeron generalizaciones empíricas (leyes empíricas, como las de Kepler y la de Ohm) no se explica según el esquema de razonamiento de la lógica formal. Para llegar a ese nivel de conocimiento de la realidad hizo falta un análisis lógico dialéctico de la naturaleza, que condujo a la formación de ideas que, a primera vista, parecen una generalización de los rasgos externos de los fenómenos estudiados, sin embargo, la historia de las ciencias demuestra que la formación del conocimiento empírico no responde a un esquema tan sencillo de razonamiento. El denominado método científico surgió cuando los hombres (algunos de ellos) comenzaron a usar consciente o inconscientemente las hipótesis como instrumento metodológico.

Sobre esa base surgieron las primeras ideas que más tarde conformaron las teorías científicas iniciales, no obstante, resulta inadmisibles pensar que se hubiese podido acceder al conocimiento científico sin un pensamiento lógico formal que permita evaluar las consecuencias de los supuestos hipotéticos y su pertinencia con determinado cuerpo de conocimientos o con la experiencia práctica.

Precisamente, algunos psicólogos y didactas cubanos han tenido en cuenta estos elementos, al realizar transformaciones en la fundamentación lógica y psicológica de la formación de los nuevos conocimientos, aún en los primeros estadios del desarrollo infantil (Ferrer, 1995; Bermúdez y Rodríguez, 1996 y Silvestre, 1997).

El modelo de investigación dirigida (Gil, 1993; Gil y Valdés, 1996; Carrascosa y Gil, 1999), el aprendizaje es enfocado a partir del tratamiento a situaciones problemáticas abiertas, que integran los elementos esenciales del ciclo del conocimiento científico (Razumovsky, 1987).

Lo novedoso del modelo es que al hablar de construcción de hipótesis, elaboración de estrategias, resolución de problemas, etc., no se refieren únicamente a investigaciones experimentales, sino que incluyen variados aspectos del quehacer científico llevados al salón de clases, por lo que pueden incluirse situaciones muy diversas, como lecturas y discusión de noticias científicas, realización de experimentos, visitas a laboratorios e industrias; entrevistas, indagaciones en el ambiente casero, todo integrado en un modelo único

Aunque estos autores no lo declaran, diferencian la enseñanza empírica de la teórica y el abordaje distintivo de estos dos niveles del conocimiento científico. La secuencia de etapas que proponen conduce al tratamiento dialéctico del contenido, sin embargo, el modelo refleja las características de las ciencias desarrolladas y presupone que el alumno pueda actuar en correspondencia. Esta es una de las razones fundamentales por las cuales necesita algunas precisiones para el nivel inicial de aprendizaje sistemático de la Física.

Además, al no enfocar abiertamente el problema de la formación del pensamiento dialéctico, no da las vías para revelar la contradicción o contradicciones dialécticas en los objetos y fenómenos. Se debe señalar que, a pesar de estas limitaciones, propicia otros elementos de la dialéctica del pensar al estimular el desarrollo del pensamiento reflexivo y crítico; focalizar la relación entre lo afectivo y lo cognitivo (análisis del posible interés de la situación problemática) y establecer un balance adecuado entre lo cualitativo y lo cuantitativo en el aprendizaje.

Teniendo en cuenta que al iniciar el curso de Física los estudiantes no tienen formados conceptos científicos relacionados con esta ciencia, resulta imposible el tratamiento del contenido en el sentido que se entiende en la ciencia contemporánea, donde la relación entre lo empírico y lo teórico se centra más bien en interpretar los hechos desde la teoría, que en las posibilidades de los hechos para desarrollarla.

El nivel de desarrollo de los alumnos condiciona que el proceso enseñanza-aprendizaje de la Física en el nivel secundario refleje la metódica de las ciencias no desarrolladas, para luego acceder a las posiciones de las ciencias desarrolladas. A partir de los elementos antes señalados, se sustenta la idea de introducir, desde las primeras clases, elementos lógico-dialécticos (Fig. 1) que van formando las bases del pensamiento reflexivo y polémico. A continuación se explican los elementos fundamentales.

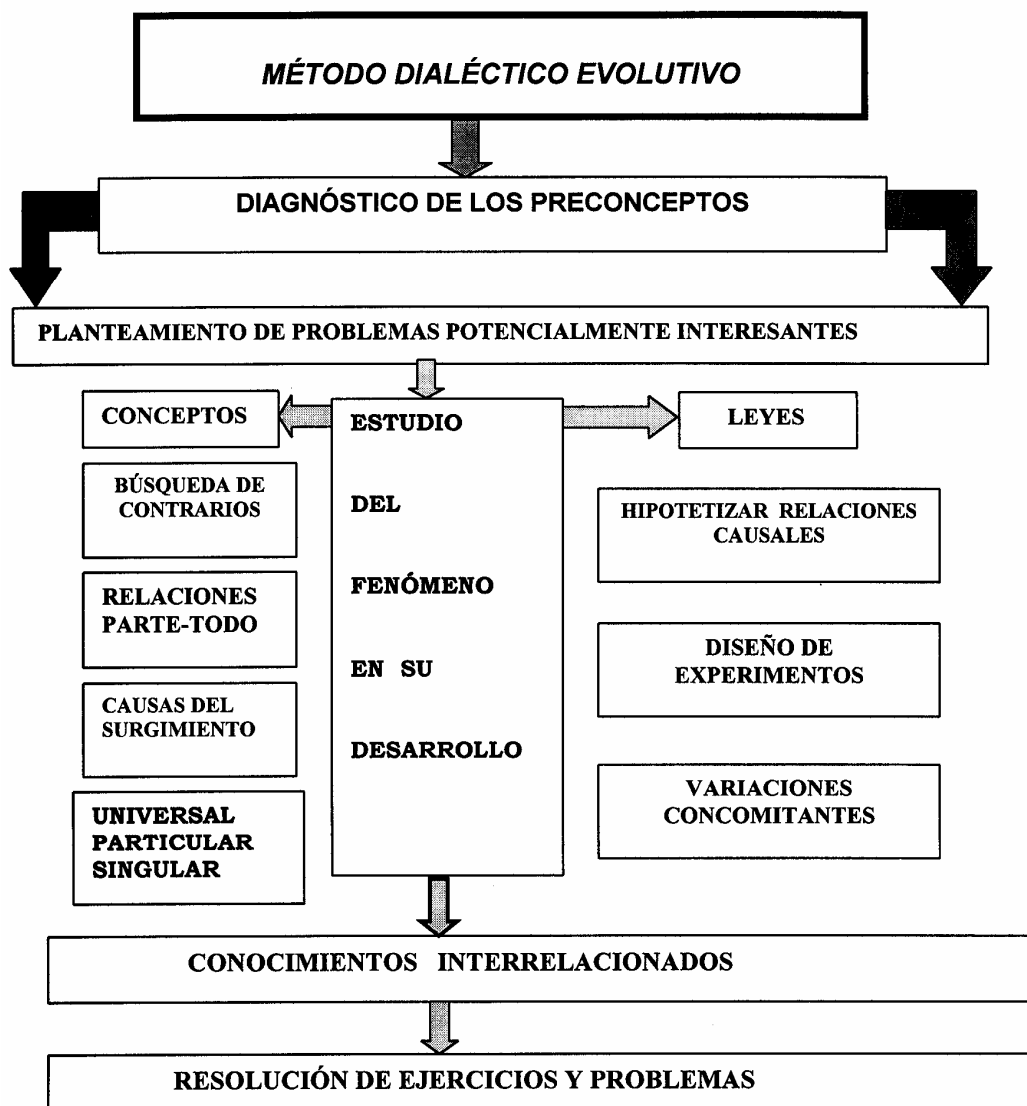


Fig. 1

El estudio del fenómeno en su desarrollo:

Es necesario que el profesor no solo conozca los fundamentos de la ciencia moderna, sino también, cuando menos a grandes rasgos, la evolución de las ideas científicas respecto a los conocimientos que ha de enseñar, incluidos los métodos de medición y las teorías rivales insertadas en los fenómenos que los alumnos estudian. Esto condiciona que el profesor pueda “recrear”, en la medida posible y siempre de forma simplificada, el proceso que condujo a tales descubrimientos, para lo cual son necesarias, incluso, intervenciones expositivas. Es necesario vaticinar los posibles momentos de síntesis de las ideas esenciales y la secuencia en que se integran, al resolver nuevas tareas, más abarcadoras y complejas.

En este sentido, durante la autopreparación para la clase es necesario cuestionarse *qué es, cómo surgió, cómo ha evolucionado* y en consecuencia la estimación de *cómo organizar el proceso de aprendizaje*, de manera que se pueda avizorar la secuencia óptima para que los alumnos comprendan los factores condicionantes del surgimiento y desarrollo de los fenómenos que estudian desde una perspectiva científica. En consecuencia, las tareas permitirán que el proceso de aprendizaje tenga una orientación enrumada hacia tales cuestiones.

La búsqueda de los **contrarios** que se manifiestan en los propios objetos y fenómenos estudiados es otro elemento favorable para determinar la esencia de lo que se estudia y en consecuencia lograr la generalización conceptual. Los fenómenos naturales surgen y se desarrollan porque dentro del enorme cúmulo de propiedades que los determinan, en dependencia de las condiciones en que ellos se manifiestan, algunas actúan de tal manera que el proceso de desarrollo de tales fenómenos tiene que transcurrir necesariamente.

Por ejemplo, la *dilatación térmica* es un proceso determinado por la existencia de fuerzas de origen electromagnético, que son simultáneamente de atracción y repulsión. El predominio de unas u otras se supedita a la energía correspondiente a las partículas que componen el cuerpo, que interactúan y establecen el equilibrio para ciertos valores de distancia media entre ellas, lo que en definitiva determina si aumenta o disminuye el volumen del cuerpo al variar la temperatura; sin embargo, en la secundaria no es posible que la mayoría de los alumnos logren tal profundidad en la comprensión del fenómeno, no obstante, pueden comprender que tanto el aumento como la disminución del volumen son fenómenos de dilatación térmica.

En la práctica educativa, al no tener en cuenta este aspecto, la enseñanza se dirige sólo a la dilatación, por esta razón el profesor durante la autopreparación debe dirigir la atención a la delimitación de las propiedades que se niegan y presuponen, y que a su vez condicionan, el transcurso del proceso.

Un rasgo distintivo del conocimiento científico es su carácter sistémico y cada vez más generalizado. La valoración de las relaciones entre lo singular, lo particular y lo general facilitan que los conocimientos que se estudian en la escuela se sistematicen.

Siguiendo el ejemplo de la dilatación térmica, el descuido de las relaciones existentes entre **lo general, lo particular y lo singular** condiciona que en muchas ocasiones los alumnos tengan la concepción de que la dilatación es sólo aumento de volumen, al incrementarse la temperatura, siendo lo *general*, desde el

punto de vista externo, que el volumen varíe al hacerlo la temperatura. Este proceso se manifiesta en dos procesos *particulares*: dilatación o contracción con el aumento o disminución de la temperatura. La *singularidad* se produce en las sustancias anómalas (agua) y en todos los fenómenos específicos en los que esos procesos se manifiestan. Para evitar tales descuidos, los profesores de Secundaria Básica deben preguntarse *cuál es la interpretación cualitativa más abarcadora* de los fenómenos o procesos que ha de enseñar, *qué regularidades se producen ante condiciones similares y estables*, y *cómo se manifiestan en determinadas condiciones específicas*.

La atención a las categorías de *esencia y fenómeno, calidad y cantidad*, llevarán a que el docente comprenda con profundidad qué aspectos del fenómeno estudiado son productos de la percepción y del reflejo conceptual de las propiedades externas de los objetos y qué ideas de los alumnos manifiestan la comprensión de la esencia de lo estudiado. Esto no significa que tales categorías sirvan de guía sólo en el diagnóstico y evaluación, sino también durante todo el proceso de dirección del aprendizaje, sobre todo al brindar ayuda heurística y al ofrecerse colectivamente las soluciones de los alumnos. Por otra parte han de conducir a que se comprenda la necesidad del tratamiento cualitativo inicial como única condición que conduce al dominio profundo de las relaciones cuantitativas presentes en los fenómenos naturales.

El docente, en su preparación previa para formular y seleccionar las tareas docentes, debe reflexionar acerca de *cuáles son las propiedades directamente observables* más llamativas y, por tanto, a la que la mayoría de los alumnos ha prestado mayor atención, *qué generalizaciones empíricas se derivan de ellas*, *cuáles son las respuestas más probables* ante las tareas que se asignarán, *cuáles son las propiedades esenciales* y *bajo qué circunstancias pudieran comprenderse*, *cuáles son las ideas básicas que viabilizan la comprensión* del objeto de estudio, *en qué momento y de qué forma se introducen las magnitudes y las relaciones cuantitativas* que profundizan la comprensión de la teoría manejada.

Los aspectos señalados se complementan con un conjunto de exigencias para el proceso a partir del cual se realizan los aprendizajes los alumnos han de realizar.

1) El proceso de aprendizaje se dirige a partir del planteamiento y solución de sistemas de tareas docentes¹, que condicionan los elementos que a continuación se relacionan:

- Contener tareas cualitativas abiertas, dirigidas a la formación de las primeras ideas científicas sobre los subsistemas conceptuales de cada unidad didáctica

¹ La tarea docente incluye todo tipo de encargo o misión en el que de forma explícita o implícita, en su formulación (oral o escrita) se dan las condiciones para su realización. La tarea requiere un proceso interpretativo de su formulación y exige un tiempo aproximado para su solución.

- Incluir tareas cualitativas y cuantitativas variadas por el conjunto y formas de manifestarse los fenómenos a los que ellas se refieren y por su vínculo con otras áreas del saber.

- Prever diferentes momentos de síntesis y generalización

- El aumento gradual del nivel de complejidad de las tareas cuya función es la aplicación de los conocimientos a nuevas situaciones, en cada uno de los subsistemas de clases de la Unidad.

- Compendiar tareas que conduzcan a diversas fuentes y medios para obtener información, incluida la exposición de determinados temas, que no es pertinente desarrollarlos de otra manera.

2) Cada tarea debe contribuir a:

- La estimulación de las funciones del pensamiento durante la solución de problemas, fundamentalmente la analítico sintética y la generalización.

- La comprensión del significado de los nuevos términos que se estudian.

- La exploración de las ideas previas de los alumnos.

- La búsqueda de información relevante.

- La reflexión sobre el posible interés de resolver la tarea.

- El reconocimiento de que todo problema tiene determinadas condiciones en las que, de forma explícita o implícita, aparecen los datos y la(s) incógnita(s).

- La emisión de hipótesis a partir de preconceptos o conocimientos adquiridos.

- La evidencia del reflejo cognoscitivo que ha permitido llegar a la esencia de los fenómenos que estudian.

3) El proceso se organiza de manera que:

- El trabajo en pequeños grupos estimula la emisión de ideas y el control del proceso de solución de unos alumnos sobre los otros, así como la valoración de lo realizado al confrontar sus resultados teóricos o prácticos.

- Se producen momentos de trabajo independiente y colectivo.

- Se contrastan las hipótesis elaboradas en el trabajo individual o colectivo.

- El modelo sobre el cual se erige el proceso de enseñanza-aprendizaje transita de un planteamiento inductivo al hipotético deductivo.

V. Implicaciones didácticas del modelo

El diagnóstico de las preconcepciones de los alumnos resulta necesario no solo para conocer las que no se corresponden con las ideas científicas, sino porque es la vía para iniciar a los alumnos en el aprendizaje de las ciencias. *Aprender ciencias significa una evolución de las ideas, que transcurre del preconcepto al concepto científico empírico y de éste a las leyes y la teoría.* Parece poco probable que alguien aprenda sin relacionar lo nuevo con alguna idea anterior, pues sin interrelación, sólo se repiten frases de memoria sin significado alguno para quien las dice.

Lo antes expuesto conduce a una manera distinta de abordar la enseñanza de las ciencias, en particular las leyes del movimiento mecánico en el nivel secundario. Este enfoque implica superar definitivamente la idea de que hay clases específicas dedicadas a determinadas funciones didácticas (nuevo contenido, desarrollo de habilidades), sino también a un tema específico. Por el contrario el proceso de aprendizaje debe conducirse mediante un sistema de tareas en las que se vayan formando las ideas sobre los conceptos claves de la teoría, de manera que las leyes se “estudien” cuando haya un “adecuado nivel” de comprensión de dichos conceptos, sobre los cuales se elaboran suposiciones que se acercan más, a lo que en el ambiente científico se conoce como hipótesis.

El proceso de enseñanza ha de concebirse de manera que el alumno comprenda que elaborar nuevas suposiciones científicas es una tarea difícil, pero posible. En general se parte de la idea de que “los descubrimientos” de los alumnos sólo son posibles en condiciones de “ciencia madura”. Esta debe resultar una vía efectiva para lograr un aprendizaje significativo, donde los nuevos conocimientos se formen en una verdadera interrelación con otros que se han formado antes o se van formado casi simultáneamente. Precisamente organizar el proceso de aprendizaje según la secuencia descrita, condiciona el estudio del fenómeno en su desarrollo, haciendo posible el tratamiento cíclico al contenido, aún en los currículos lineales, condición considerada necesaria para la superación de las preconcepciones (Mellado y Carracedo, 1993).

Para el nivel inicial del estudio sistemático de las ciencias la elaboración, orientación y ejecución del sistema de tareas se realiza, a tenor con las ideas antes expuestas, a partir de los siguientes requisitos:

1) Conducir a la formación de situaciones problemáticas (Majmutov, 1983; Carrascosa y Gil, 1999) que, teniendo en cuenta el nivel de desarrollo de los alumnos, puedan generar interés y condicionar nuevos estadios de desarrollo.

2) Contener como condiciones, datos e incógnitas, fenómenos del ambiente cotidiano, preconceptos y/o conceptos empíricos que funcionen como hechos de partida para la formación de nuevos conceptos en los que se revele un primer nivel de esencialidad de los fenómenos estudiados.

3) Conducir a la búsqueda de información y de vías de solución, al replanteamiento de la tarea inicial, al trabajo individual y colectivo y al diseño de estrategias para contrastar las hipótesis.

4) Revelar las contradicciones que se dan en los propios fenómenos y procesos naturales.

El sistema de tareas debe:

1) Responder inicialmente a secuencias empíricas en las que se generan conclusiones a partir de solucionar las contradicciones que se dan entre sus ideas iniciales y los fenómenos estudiados.

2) Propiciar la formulación de hipótesis, a partir de razonamientos inductivos o deductivos, que se realizan sobre la base de los conceptos empíricos previamente elaborados.

3) Atender al desarrollo de la imaginación y la abstracción como estructuras cognitivas necesarias para el cambio metodológico, en específico, del paradigma de ciencia desarrollada.

4) El estudio del fenómeno en su desarrollo, al abordarlo desde diferentes ángulos, en diversos momentos y desde diferentes estadios de desarrollo de las ideas acerca del mismo.

5) Revelar las contradicciones que se dan en los fenómenos y los procesos que condicionan su decursar.

6) Propiciar diferentes momentos de síntesis de las ideas que se van formando, de manera que sean inteligibles las relaciones que se dan entre lo singular, lo particular y lo general y entre las partes y el todo (conceptos y leyes y sus mutuas y múltiples interrelaciones en la teoría).

7) Conducir a la necesidad del tratamiento cuantitativo de algunas magnitudes físicas (mediciones y cálculos) y su representación modelada.

Para la introducción del modelo en la práctica pedagógica, la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje se ha organizado a partir de las concepciones de enseñanza mediante solución de problemas (Campistrous y Rizo, 1999), de manera que la estructura de la clase correspondió aproximadamente a la siguiente secuencia:

a) **Presentación de la tarea:** Proceso dirigido a su comprensión, que incluye el análisis de la posible importancia de la solución, la delimitación de sus elementos (datos, incógnitas y condiciones necesarias), la aclaración del significado de los principales conceptos y palabras que aparecen en su formulación y

reformulación de la tarea. Este proceso se dirige mediante las sugerencias heurísticas expuestas en este trabajo.

b) Puesta en común de algunas tareas reformuladas y proceso de trabajo independiente (individual o en pequeños grupos) dirigido a buscar vías de solución y dar respuesta a la tarea, apoyados en las sugerencias heurísticas.

c) La clase termina poniendo en común las posibles soluciones, la deducción de consecuencias y la elaboración de conclusiones por consenso o posibles diseños para contrastar las respuestas-hipótesis, en caso de que se produzcan explicaciones contrapuestas.

VI. Conclusiones

■ El análisis del desarrollo ontogenético del hombre y los resultados de las investigaciones relacionadas con las concepciones alternativas conducen a:

- La formación de los nuevos conocimientos depende, además de las concepciones previas de los alumnos, del desarrollo de las estructuras cognitivas necesarias para la generalización. Los alumnos que han logrado representarse mejor los fenómenos, transforman más fácilmente sus preconcepciones, lo contrario de los que no lo han conseguido.

- Las concepciones previas surgen en la propia actividad práctica del niño y están muy influenciadas por la actividad normativa de los adultos, con lo cual se explica su universalidad. La actividad de aprendizaje escolar hace que la evolución de las estructuras cognitivas avance con mayor rapidez que los conocimientos científicos, con lo cual las concepciones alternativas entran en sistemas de relaciones más amplias provocando así cierta coherencia y una alta resistencia al cambio.

- Las estrategias de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales requieren del diagnóstico de las ideas previas de los alumnos para, sobre esa base, elaborar tareas experimentales concretas que permitan a estos reflejar lo “esencial”, con lo cual se facilita la formación de los conocimientos científicos.

■ El modelo elaborado contempla el nivel de partida del desarrollo evolutivo de los alumnos y el nivel a alcanzar, tiene en cuenta el desarrollo histórico de las ciencias y el aprendizaje como elemento que conduce al desarrollo.

■ Uno de los factores que determina los resultados insuficientes en el aprendizaje de conceptos científicos es que la enseñanza tradicional acude con mucha frecuencia a ejemplos que no estimulan la búsqueda de causas. Las tareas no deben referirse al nivel experiencial próximo sino recurrir a planteamientos más generales, que envuelvan fenómenos en sus diversas manifestaciones.

Para verificar las conclusiones anteriores resulta necesario diseñar experimentos, donde se pueda realizar un adecuado control de las variables ajenas, aplicar pruebas de hipótesis y profundizar en el estudio cualitativo.

VII. Referencias bibliográficas

ASTOLFI, J. P. El aprendizaje de conceptos científicos: Aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 147-155, 1998.

BERMÚDEZ, R.; RODRÍGUEZ, M. **Teoría y metodología del aprendizaje**. La Habana: Pueblo y Educación, 1996. 120 p.

CAMPISTROUS, L.; RIZO, C. **Didáctica y resolución de problemas**. La Habana: Congreso Internacional Pedagogía '99, 1999.

CARRASCOSA J.; GIL, D. **Concepciones alternativas: sus implicaciones didácticas en la renovación de la enseñanza de las ciencias**. La Habana: Academia, 1999.

CONCEPCIÓN, R. **La formación del concepto reacción química**. 1994. Tesis (Doctoral) - Instituto Superior Pedagógico "José de la Luz y Caballero", Holguín, Cuba.

CURBERO, R. **Cómo trabajar en las ideas de los alumnos**. Sevilla: Diada Editora, 1993. 65 p.

DE POSADA, A. Hacia una teoría sobre las ideas científicas de los alumnos: influencia del contexto. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 3, p. 303-314, 1993.

ECKHARD, K. Trabajo sistemático con los conocimientos adquiridos cotidianamente. **Physics in der Schule**, v. 28, n. 4, p. 135-142, 1990.

FERRER, M. **Lo polémico para la reflexión en la clase de Ciencias Naturales**. La Habana: Congreso Internacional Pedagogía '95, 1995.

GALAGOVSKY, L. R. Redes conceptuales: bases teóricas e implicaciones para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 301-307, 1993.

GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, n.1-4, p. 110-119, 1994.

GIL, D.; VALDÉS, P. Tendencias actuales en la enseñanza-aprendizaje de la Física In: **Temas selectos de la didáctica de la Física**. La Habana: Pueblo y Educación, 1996. 167 p.

GIL, D. Contribución de la Historia de la Filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 115-129, 1993.

GONZÁLEZ, S.; PÉREZ, N. El ciclo del conocimiento científico y su influencia en el desarrollo de capacidades creativas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n.1, p. 59-70, abr. 1998.

GONZÁLEZ, V. et al. **Psicología para educadores**. La Habana: Pueblo y Educación, 1995. 186 p.

HURTADO, M. et al. Concepciones intuitivas de los estudiantes sobre el principio de acción y reacción. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, n.1-4, p.120-128, 1994.

MAJMUTOV, M. I. **La enseñanza problémica**. La Habana: Pueblo y Educación, 1983. 324 p.

MARTÍNEZ, J. M.; PÉREZ, B. A. Estudio de las propuestas alternativas para la enseñanza de la termodinámica básica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 287-300, 1997.

MELLADO, V.; CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofía de las ciencias a la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 331-339, 1993.

MOREIRA, M.A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108-117, ago. 1993.

NIEDA, J.; MACEDO, B. **Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años**. España: Española, 1997. 197p.

NOVAK, J. D. Constructivismo humano; un consenso emergente. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 213-223, 1988.

PETROVSKY, A. V. **Psicología General**. La Habana: Pueblo y Educación, 1981. 358 p.

RAMOS, J. **Metodología para la formación de conceptos de magnitudes físicas**. La Habana: Congreso Internacional Pedagogía '93, 1993.

RAZUMOVSKY, M. I. **Desarrollo de las capacidades creadoras de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física**. La Habana: Pueblo y Educación, 1987. 215 p.

RUBINSTEIN, J. L. **Principios de Psicología General**. La Habana: Pueblo y Educación, 1977. 292 p.

SILVESTRE, M. **Técnicas de estimulación de la actividad intelectual**. La Habana: Congreso Internacional Pedagogía '97, 1997.

STIPCICH, S.; TOLEDO, B. Una analogía estructural entre Toulmin y Vigotsky como aporte para desarrollar diseños curriculares. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 1, p. 41-51, abr. 2001.

TALÍZINA, N. **Psicología de la enseñanza**. Moscú: Progreso, 1988. 239 p.

VALERA, M. P.; MARTÍNEZ, M. M. Una estrategia del cambio conceptual: la resolución de problemas como actividad de investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 2, p. 173-178, 1995.

VIGOTSKY, L. S. **Pensamiento y Lenguaje**. La Habana: Pueblo y Educación, 1982. 56 p.