

# Concepciones de ciencia y la enseñanza de la ciencia

**María Eugenia Alvarado Rodríguez**

Investigadora del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH-UNAM)

## Introducción

En la investigación educativa, dos de los grandes ausentes han sido, el investigador, y las concepciones de ciencia; para atender estos aspectos poco trabajados, realizamos este ensayo que aborda, en primer lugar, un breve desarrollo histórico sobre las concepciones de ciencia y posteriormente su vínculo con la investigación educativa y más específicamente con la enseñanza de la ciencia.

La importancia de atender las concepciones de ciencia resultan de gran trascendencia, pues consideramos que las funciones que se desarrollan en la universidad, son orientadas, por las concepciones de ciencia que poseen los académicos en lo general y los investigadores en lo particular, y que éstas ubican y marcan de alguna manera el trabajo desarrollado por académicos, sean investigadores, profesores e incluso funcionarios, ya que llegan a reproducirlas con sus alumnos y colegas.

Al parecer, en últimas fechas se ha dado un incremento en el interés por los estudios sobre las concepciones e imágenes de ciencia, ello lo comprobamos a partir del número de reportes en las revistas científicas, pese a lo cual encontramos una diferencia en cuanto a los tipos de poblaciones atendidas por las investigaciones, es decir, son en mayor número de profesores, en menor de estudiantes, y pocas con investigadores, por tal razón consideramos de gran relevancia la necesidad de este tipo de trabajos. Así, hemos puesto un especial énfasis en la importancia de las concepciones de ciencia, su principio y su situación en nuestros días.

## Antecedentes

Desde los albores de la humanidad, el hombre en su existencia, se ha interesado en conocer, comprender y explicar la realidad en la que vive; en este trayecto, han sido

múltiples las interrogantes que lo han acechado, entre ellas, una de las más antiguas, que tiene que ver con el origen, la producción y la adquisición del conocimiento. A todo esto, le sumamos el de la producción científica, que inmersa en este proceso de permanencias, cambios y retos, ha visto en su propio desarrollo, la manifestación de esa serie de modificaciones y motivaciones surgidas por la actividad del hombre.

En este devenir de la humanidad, producto de esta búsqueda y de la relación del hombre (sujeto) con su entorno (objeto), se han presentado, desde la antigüedad, los aportes de hombres considerados como precursores y padres de las corrientes del pensamiento: los presocráticos, entre los cuales se encuentran: Demócrito, Tales de Mileto y Pitágoras; posteriormente, Sócrates, Platón y Aristóteles, quienes dieron una cierta explicación al origen del universo y a su propia existencia y, por ende, empiezan a dar una idea sobre lo que será la ciencia.

Entre las explicaciones que se dieron acerca del origen del mundo, desde la Antigüedad, surgen dos enfoques filosóficos diferentes que prevalecen hasta nuestros días: el primero, conocido como *idealismo* cuyos principales representantes fueron Sócrates y Platón; el segundo, el *materialismo*, con: Tales de Mileto, Demócrito y Aristóteles. En la primera concepción, se dice que el sujeto es el poseedor del conocimiento y el productor del mismo; en la segunda corriente, la del materialismo, se dice que es el objeto donde se encuentra el conocimiento, siendo el sujeto, el hombre, quien puede esclarecer las leyes de la naturaleza; se habla de una relación mecánica entre el sujeto y el objeto.<sup>1</sup>

Estas formas de explicar la realidad, su origen y constitución, se sostienen a lo largo de los siglos. Mucho más tarde, los representantes de ambas corrientes de pensamiento son: para el *idealismo*, Husser, Leibniz, Kant y Hegel; para el *materialismo*: Santo Tomás de Aquino, Comte, Mill y Spencer.

Durante muchos años, estas concepciones coexistieron y René Descartes fue quien postuló que ambas son condiciones inherentes al ser humano, las cuales juegan un papel importante y, entonces, dividió al individuo en dos sustancias pensantes: la *res cogitans*, que no ocupa lugar en el espacio y es indivisible; y la *res extensa*, que sí es divisible por naturaleza y que ocupa lugar en el espacio. Hasta antes de Descartes, los componentes del proceso de conocimiento eran dos: el sujeto y el objeto; este filósofo reconoce al sujeto como constituido por dos partes: una física, extensa, y otra espiritual, inextensa, y el objeto más allá del sujeto; por esta razón, a Descartes se le conoce como el pilar del racionalismo moderno.

---

<sup>1</sup> SCHAFF, A.1974.

## Concepciones de ciencia contemporáneas

En los albores del siglo XX, Jean Piaget, investigador suizo, biólogo y epistemólogo, se abocó a contestar a la pregunta sobre el conocimiento humano. Para responderla, señaló que los tres términos del conocimiento son: *a.* el sujeto y su actividad cognoscente; *b.* las estimulaciones del medio; y *c.* los mecanismos de interacción entre el organismo y el medio que le rodea. La noción de *interacción* se refiere a la naturaleza de las relaciones entre el sujeto y el medio, en tanto que es un proceso permanente en el cual el sujeto actúa sobre el medio para transformarlo y, a su vez, debido a ese contacto, es transformado.

El proceso de interacción permanente lo explicó Piaget,<sup>2</sup> a partir de los conceptos fundamentales de *acomodación*, *asimilación* y *equilibración*. Postuló que el desarrollo del intelecto humano radica en una adaptación activa que tiene lugar en un proceso doble e indisoluble de mutua transformación, en el que el sujeto asimila los estímulos que le presenta la realidad externa y, al mismo tiempo, los acomoda a su estructura interna para responder congruentemente con lo asimilado; este proceso es el de la adaptación intelectual.

La estructura interna tiende a mantenerse en *equilibrio*, lo que posibilita el desarrollo intelectual. Para explicarlo, Piaget<sup>3</sup> recurre a la noción de estadios o etapas de desarrollo del sujeto, cada una de las cuales posee su propio conjunto de características. En la transformación de una etapa a otra se da un salto cualitativo. Destaca que las operaciones que no existían en una etapa previa se manifiesten claramente en la posterior, las operaciones que estaban desligadas en una etapa se encuentran relacionadas en la posterior, de esta forma suscita una relación interactiva entre el sujeto y el medio que lo rodea para generar el conocimiento. Así, el sujeto en desarrollo es quien asimila, acomoda y modifica su estructura interior, de acuerdo con lo que recibe del medio ambiente, en una constante interacción sujeto-objeto.<sup>4</sup>

En síntesis, la teoría piagetiana plantea: a) un origen común, que es la acción del sujeto sobre el objeto, y b) un desarrollo paralelo, que surge de la oposición dialéctica entre los aportes del sujeto y los del objeto. De esta interacción aparecerán las dos clases cognoscitivas, a saber: el *conocimiento de la realidad* (que sólo es accesible a través de la acción del sujeto sobre los objetos) y las *estructuras lógico-matemáticas*,

---

<sup>2</sup> PIAGET, 1967.

<sup>3</sup> *Idem.*

<sup>4</sup> PIAGET, 1975.

que nacen de la coordinación de las acciones del sujeto y que constituirán, a su vez, los instrumentos indispensables de la asimilación.

Por lo arriba mencionado, podemos inferir que existen diferentes formas tanto para explicar y realizar el proceso de construcción del conocimiento científico, como para definir los criterios que permiten distinguir al conocimiento científico de aquellos conocimientos que no lo son. Ésta es la tarea de la epistemología.

En el proceso de construcción del conocimiento científico, se ha dado el debate en el plano filosófico al hablar de lo epistemológico como: lo idealista, lo materialista y lo materialista dialéctico, que podemos decir son las más conocidas. Es procedente señalar que desde la investigación, que da origen a la ciencia, se habla de los enfoques cuantitativo y cualitativo,<sup>5</sup> que implican, cada uno de ellos, una concepción determinada de la ciencia y el conocimiento.

Mucho se ha escrito en torno a la concepción idealista, materialista y del materialismo dialéctico, y en la realización de este trabajo, algunos de los teóricos seleccionados, precisamente son representantes de estas corrientes. Se analizará, al mismo tiempo, cuál ha sido el proceso de transición en la construcción de la ciencia, y cómo en la educación se ha ido del empirismo a una posición constructivista, que se conforma en la enseñanza de la ciencia, asociada a conocimientos y a nuevos métodos de enseñanza.

Gastón Bachelard es uno de los autores que mayor influencia ha tenido en esta búsqueda de una nueva concepción en la enseñanza de las ciencias, ya que plantea un parteaguas en la manera de enunciar la construcción del conocimiento –un conocimiento sobre otro–, concibiendo a la ciencia y a la participación del hombre en este quehacer eminentemente humano. Señala que la ciencia es la estética de la inteligencia y que, ante todo, hay que saber plantear los problemas, puesto que el problema es el indicador del verdadero espíritu científico, todo conocimiento es respuesta a una pregunta, todo se construye, cuando se investigan las condiciones del progreso de la ciencia, planteado en términos del problema y de los obstáculos.

La noción de *obstáculo epistemológico* es otro de los grandes aportes de Bachelard; los obstáculos epistemológicos son las causas del estancamiento, del retroceso y de la inercia en el acto de conocer; aparecen por una especie de necesidad funcional:

---

<sup>5</sup> JIMÉNEZ LOZANO, 1994.

*Un obstáculo se incrusta en el conocimiento no formulado. Costumbres intelectuales que fueron útiles y sanas pueden, a la larga, trabar la investigación.*<sup>6</sup>

Para la formación del espíritu científico, Bachelard plantea los obstáculos siguientes: el primero, la *experiencia básica* que está por encima y por delante de la crítica; el segundo, el *conocimiento general*, obstáculo para el conocimiento científico, pues por su generalidad y estaticidad inmoviliza al pensamiento. El tercero, se encuentran los *hábitos puramente verbales*, ya que son una extensión abusiva de las imágenes familiares. *La intuición básica*, es un obstáculo que sólo una ilustración que trabaja más allá del concepto puede ayudar al pensamiento científico. El *conocimiento unitario y pragmático* es considerado también como un obstáculo para el conocimiento científico. El *obstáculo sustancialista*, como todos los obstáculos, es polimorfo; se compone de la reunión de las intuiciones más alejadas hasta las más opuestas. Por una tendencia casi natural, el espíritu científico centra sobre un objeto todos los conocimientos en los que ese objeto desempeña un papel, sin preocuparse por las jerarquías de los papeles empíricos.

La tesis central del planteamiento de Bachelard señala la supremacía del pensamiento abstracto y científico sobre el conocimiento básico e intuitivo; para explicar esto, presenta tres grandes periodos del pensamiento científico, que auxilian al mismo tiempo a la comprensión de su evolución; éstos son: el *estado precientífico*, que comprende la Antigüedad clásica, el Renacimiento y los siglos XVI, XVII y aun el XVIII. El segundo periodo representa el *estado científico* en preparación desde las postrimerías del siglo XVIII y que se extendió hasta el siglo XIX y principios del XX. En tercer lugar, se encuentra el *nuevo espíritu científico*, surgido en 1905, en el momento en que la relatividad einsteniana deformaba conceptos que se creían fijos para siempre; a partir de entonces, la razón multiplica sus objeciones, disocia y reconfigura las nociones fundamentales y ensaya las abstracciones más audaces.<sup>7</sup>

En relación con el plano individual, Bachelard plantea igualmente tres estados: el *estado concreto*, en el que el espíritu se recrea con las primeras imágenes del fenómeno y se apoya sobre una literatura filosófica que glorifica a la naturaleza, que extrañamente canta al mismo tiempo a la unidad del mundo y a la diversidad de las cosas. El *estado concreto-abstracto*, en el que el espíritu adjunta a la experiencia física esquemas geométricos y se apoya sobre una filosofía de la simplicidad. El espíritu se mantiene todavía en una situación paradójica: está tanto más seguro de su

<sup>6</sup> BACHELARD, 1987, pp. 16- 17.

<sup>7</sup> BACHELARD, 1987, p. 9.

abstracción cuanto más claramente esta abstracción está representada por una intuición sensible. El *estado abstracto*, en el que el espíritu emprende informaciones voluntariamente sustraídas a la intuición del espacio real, voluntariamente desligadas de la experiencia inmediata y hasta polemizando abiertamente con la realidad: *Hay que aceptar para la epistemología –señala Bachelard– el siguiente postulado: el objeto no puede designarse de inmediato como objetivo, ya que su marcha hacia el objeto no es inicialmente objetiva.*<sup>8</sup>

El instrumento de medida siempre termina por ser una teoría y, de esta manera, la precisión discursiva y social hace estallar las insuficiencias intuitivas y personales; mientras más fina es una medida más indirecta es, por eso dice que la ciencia del solitario es cualitativa y la ciencia socializada es cuantitativa.<sup>9</sup>

La objetividad se afirma como un método discursivo, más acá de la medida y no más allá de la medida, como intuición directa de un objeto. En síntesis, hay que reflexionar para medir y no medir para reflexionar.<sup>10</sup>

Bachelard incursiona en el terreno de la enseñanza de la ciencia, y plantea una serie de preceptos de lo que debería ser la educación y la cultura científica. De acuerdo con esto, señala que el principio de la educación científica es, en el reino de lo intelectual, aquel ascetismo que constituye el pensamiento abstracto, ya que sólo esto puede conducir a dominar el conocimiento experimental.

La noción de obstáculo pedagógico en la educación, es igualmente desconocida y lo que se debe intentar con los alumnos es cambiar la cultura experimental que ya poseen, y no que adopten una que no les pertenece. Para enseñar a los alumnos a inventar, es bueno darles la sensación de que ellos pueden descubrir.

El problema más grave con los maestros es que no tienen el sentido del fracaso, porque se creen maestros y dicen que el que sabe manda. No consideran que en la enseñanza, la ciencia moderna se aparta de toda referencia de erudición e incluso de mala gana, da cabida a la historia de las ideas científicas.

En la obra de la ciencia sólo se puede amar aquello que se destruye. Únicamente puede continuarse hacia el presente, negando el pasado. Así, la escuela es continua a lo largo de la vida. Una cultura detenida en un periodo escolar es la cabal negación de

---

<sup>8</sup> *Idem.*, p. 282.

<sup>9</sup> *Idem.*, p. 285.

<sup>10</sup> *Idem.*, p. 251.

la cultura científica. No hay ciencia sino mediante una escuela permanente, aquella que ha de fundar la ciencia.

En la misma línea de pensamiento que Bachelard y asociado con la enseñanza de la ciencia, se encuentra Alexandre Koyré, quien ha realizado aportes al discurso de la construcción del conocimiento. Físico de profesión, en el transcurso de su desarrollo como científico, se orienta después al análisis de la historia de la ciencia y cómo se produce ésta. Para ello, primero se ocupa de la historia de la astronomía y, posteriormente, de la historia de la física y de las matemáticas. Como consecuencia de estos estudios, hace resaltar el hecho de que cada vez es más estrecha la relación entre ellas, y que éste es el origen de la ciencia moderna.

Koyré postula que la evolución del pensamiento científico está estrechamente relacionada con las ideas transcientíficas, filosóficas, metafísicas y religiosas, y que el análisis de la evolución (y de las revoluciones) de las ideas científicas nos pone de manifiesto las contiendas libradas por la mente humana con la realidad; nos revela sus derrotas, sus victorias; muestra el gran esfuerzo que le ha costado cada paso en el camino de la comprensión de lo real.

Según este autor nadie puede escribir la historia de las ciencias, ni siquiera la de una de ellas, ya que la historia de cualquiera de éstas, es un problema muy generalizado debido principalmente al problema de la superespecialización y de la fragmentación.<sup>11</sup>

Koyré dice que la ciencia de nuestra época, al igual que la de los griegos, es esencialmente *theoria*, búsqueda de la verdad y que por esto tiene –y siempre ha tenido– una vida propia, una historia inmanente y que sólo en función con sus propios problemas, con su propia historia, que puede ser comprendida por sus historiadores; considera que ésa es justamente la razón de la gran importancia de la historia de las ciencias, del pensamiento científico, para la historia general.<sup>12</sup>

Para que la ciencia nazca y se desarrolle, es necesario que se cumplan ciertas condiciones. Por ejemplo, que existan hombres que dispongan de ratos de ocio; que aparezcan hombres que encuentren placer en la comprensión de la teoría, y que esta actividad científica tenga un valor ante los ojos de la sociedad.

La búsqueda de la verdad para Koyré, es una persecución incesante, insatisfecha y renovada de un objetivo que siempre se escapa; recorrer el camino hacia la verdad,

<sup>11</sup> KOYRÉ, 1981, p. 381.

<sup>12</sup> *Idem.*

es salvar una serie de obstáculos, de callejones sin salida, de fracasos, de estudiar errores; señala, al igual que Bachelard, que es precisamente con los errores como se progresa para llegar hacia la verdad.

Esta posición es retomada por la pedagogía clásica, la que generalmente atribuye los errores de los alumnos al proceso de aprendizaje. Desde Bachelard, se desarrolla una postura completamente opuesta en la investigación e innovación pedagógica;<sup>13</sup> sin embargo, no ha llegado todavía al medio escolar. Para él, el error es un paso obligado, puesto que el saber se construye, y esta construcción se enfrenta a resistencias. Las primeras evidencias son las ideas preconcebidas, los hábitos que representan obstáculos epistemológicos frente a la construcción del saber. Canghilhem, dice que el error es necesario y no sólo como algo externo al conocimiento, sino para el propio acto de conocer.<sup>14</sup>

A Matinad se le debe un acercamiento a los trabajos de epistemología de la didáctica de las ciencias. Ha insistido en el cambio de óptica que subyace al concepto de obstáculo: el error no es un defecto de pensamiento, sino testigo inevitable de un proceso de búsqueda. Además, es válido tanto para el paso del conocimiento común al conocimiento científico, como en el interior de éste. Se aprende no sólo contra, sino también con y gracias a los errores, es decir, es ilusorio purgar o provocar una catarsis de las ideas falsas, como impartir las clases frontalmente. Se trata, por lo tanto, de definirlos mejor, situarlos y conocerlos, a fin de tenerlos en cuenta en el proceso educativo.<sup>15</sup>

El camino que nos describe Koyré para el desarrollo de la ciencia, conlleva una visión del mundo que lo rodea y la influencia del pensamiento científico, que es una convicción transformada en principio de investigación fecunda que estructura el pensamiento científico.

Gerald Holton, discípulo de Alexandre Koyré y físico como él, plantea un enfoque para el estudio de la historia de las ciencias buscando las ideas más fructíferas en campos que van desde la filosofía y la sociología de la ciencia, hasta la psicología y la estética. Señala que la ciencia tiene dos sentidos: el de la lucha personal (S1) y como una actividad distinta en su aspecto público o institucional (S2). Para explicarlo, dice que todas las filosofías de la ciencia convienen en el significado de dos afirmaciones

---

<sup>13</sup> BACHELARD, 1987.

<sup>14</sup> CANGHILHEM, 1968, citado por Giordan, 1985.

<sup>15</sup> MATINAD, 1981, citado por Giordan, 1985.

científicas: proposiciones concernientes a cuestiones empíricas de hecho (*fenoménicas*), y proposiciones concernientes a la lógica y las matemáticas (*analíticas*). Se pueden imaginar como un conjunto de proposiciones contingentes, donde una *proposición contingente* es aquella cuya verdad o falsedad es aplicable a la experiencia en contra de las lógicamente necesarias. El *plano contingente* es aquel cuyo concepto científico o proposición científica tienen aplicación empírica y analítica.<sup>16</sup>

El análisis de contingencias incluye un componente activo y necesario, descubre la existencia de los prejuicios que parecen inevitables hacia el pensamiento científico, pero que en sí mismos no son verificables, ni refutables. Holton señala que, en actualmente no existe una opinión unánime relacionada con la forma cómo se construyen las teorías científicas, y propone distintos usos y propiedades de los temas entre los cuales se encuentran: *a.* que un concepto temático es análogo a un elemento lineal en el espacio; *b.* que tiene una proyección significativa sobre la dimensión temática; *c.* que un tema sirve de guía en la prosecución del trabajo científico; y *d.* que una proposición o hipótesis temática contiene uno o más conceptos y puede, a su vez, ser producto de un análisis temático. Las propiedades que tienen estos temas son los relativos a su fuente.

Otra vertiente para el análisis temático fundamental en la obra de Holton, consiste en las dimensiones más fundamentales de la cultura, que establecen: *a.* el estado histórico de la ciencia; *b.* la trayectoria del tiempo del estado de conocimiento público científico, que concluye en un momento específico; y *c.* el medio sociológico, así como los acontecimientos ideológicos o políticos que pudieran haber influido sobre la labor del hombre de ciencia y en la estructura epistemológica o lógica de la obra útil en el análisis de la obra científica.

Este análisis temático tridimensional propuesto por Holton, es un espacio de proposiciones a partir de la disciplina de la ciencia. Su primera dimensión es la *empírica o fenoménica*, la segunda es la *heurística o analítica* y la tercera es la de los *presupuestos fundamentales*; estas tres dimensiones son las características básicas de las grandes revoluciones científicas, cuyo fin es renovar las teorías científicas, ya que desde el principio hasta la actualidad, la ciencia ha sido forjada y ha recibido significado, no sólo por sus descubrimientos detallados y específicos, sino aun más y fundamentalmente por sus análisis temáticos.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> HOLTON, 1985.

<sup>17</sup> HOLTON, 1985.

Thomas Kuhn, contemporáneo de Holton, es quien a partir de su propia experiencia y transición que va de ser un científico estudioso de la física, para ser un estudioso de la historia de la ciencia y, posteriormente, pasa al ámbito de la epistemología, al reconocer que constituye una falacia pensar que los científicos naturales estaban todos de común acuerdo en torno a la naturaleza, sus problemas y métodos científicos. Este planteamiento, lo conduce a reconocer el papel que juegan los paradigmas en la investigación científica.

Kuhn dará varias acepciones al término *paradigma*, pero lo más importante es que los considera como *realizaciones científicas universalmente reconocidas, que durante cierto tiempo proporcionan modelos de problemas y soluciones a la comunidad científica*. Para sustentar esta conceptualización, se apoya en el desarrollo histórico de las ciencias físicas, principalmente para intentar una posición de la ciencia que sugiera la fecundidad potencial de nuevos tipos de investigación.<sup>18</sup> Así, la noción de paradigma le da la pauta para señalar que cada revolución científica modifica la perspectiva histórica de la comunidad que la experimenta, por lo cual ese cambio de perspectiva afectará toda la producción científica que se realice posteriormente a esa revolución.

También tiene una posición muy clara en cuanto a que la historia no es un cúmulo de acontecimientos, como tampoco la ciencia lo es de hechos. Esta posición será de gran importancia para destacar que los estudios históricos sugieren la posibilidad de una imagen nueva de ciencia. La *ciencia normal*, es la actividad cotidiana que realizan los científicos del mundo en la que invierten todo su tiempo.

En esta ciencia normal sucede que algunos problemas no son resueltos o que no se tienen los resultados que se esperaban y, entonces, se dice que la ciencia normal tiene extravíos; tales anomalías, cuando son inobjectables e ineludibles, ya no se pueden pasar por alto, rompen las tradiciones a las que estaban ligadas, y se dice, por tanto, que surgen las revoluciones científicas, transiciones para que se empiece a generar un nuevo paradigma, como base para la construcción de una ciencia madura.

El patrón usual del desarrollo de una ciencia madura, es la transformación sucesiva de un paradigma a otro por medio de una revolución. La adquisición de un paradigma es precisamente lo que representa un signo de madurez en los científicos, ya que dicho paradigma es el que obliga a los científicos a investigar de manera detallada y profunda algunas de las partes de la naturaleza, que sería inimaginable en otras condiciones.

---

<sup>18</sup> KUHN, 1982.

Lo expuesto hasta este momento, nos permite vincular el desarrollo que se ha dado en las propuestas de enseñanza de la ciencia, las cuales se han desarrollado de acuerdo con las concepciones presentadas, que van desde el *inductivismo*, pasando por el aprendizaje, por el descubrimiento, hasta el *constructivismo*, que cada día va ganando más adeptos y que tiene sus bases epistemológicas principalmente en los trabajos de Kuhn.

### Epistemología y enseñanza de las ciencias

En la enseñanza de las ciencias, es indispensable hacer explícita la concepción epistemológica de la disciplina que tiene el profesor, ya que sin ella el alumno hereda una idea no asumida con autonomía, sin conciencia de lo que aprende; por lo cual se hace necesario el análisis de que enseñar ciencias, presupone la capacidad del profesor para elaborar una concepción de la disciplina, para que el alumno pueda aprender y construir; este conocimiento es una de las vertientes que han sido poco investigadas, sin embargo, cada día parece que se incrementa este interés. Con el propósito de dar una respuesta, presentaremos aquello que algunos autores, abocados a este aspecto de enseñanza de la ciencia, plantean en una relación con la epistemología, desde diferentes vertientes de la literatura internacional. Se enuncian los trabajos siguientes:

En 1985, Derek Hodson,<sup>19</sup> realizó una revisión de la imagen de la ciencia proporcionada por el currículum y las experiencias de trabajo. Los resultados que encontró fueron: que entre el profesorado y los alumnos, existe hoy en día una concepción de la naturaleza de la metodología científica marcada por el inductivismo; que se lleva a los alumnos a pensar en que la ciencia consiste en verdades incontrovertibles; que se trabaja con la concepción del aprendizaje por descubrimiento, basada en concepciones empírico-inductivistas de la ciencia; y que prevalece la actitud de los profesores de ciencias para intentar moldear el comportamiento de sus alumnos a esa misma imagen. Hodson concluye con la necesidad de revisar lo que se puede interpretar radicalmente como actitud científica, si se quiere modificar la visión vigente distorsionada y perjudicial acerca de la ciencia.<sup>20</sup>

En la línea de las herramientas para la enseñanza de la ciencia, se encuentra el trabajo de Giordan, quien subraya la importancia de la historia de la ciencia, ya que es ella la que puede mostrar en detalle algunos de los momentos de transformación profunda de una ciencia e indicar las relaciones sociales, económicas y políticas que

<sup>19</sup> Citado por Gil, 1986.

<sup>20</sup> GIL, 1986; Arana *et al.*, 1987; Cañal, 1989; Salcedo, 1996.

entraron en juego en este cambio, de manera que el alumno llegue a comprender el proceso de construcción de una ciencia<sup>21</sup>. Con esta idea del papel de la historia de la ciencia, se propone acabar con el mito de la neutralidad de la ciencia y, para ello, marcar que la ciencia posee un sistema de valores que la constituyen, adecuados al modo de conocimientos de una realidad, cumpliendo funciones legitimadoras de dominio.<sup>22</sup>

Sumados a este enfoque, están quienes insisten en recuperar la historia de las ciencias, con sus trabajos que hablan de las actitudes de los científicos, de los maestros y de los alumnos que participan para propiciar o, en algunos casos, obstaculizar la enseñanza de las ciencias; entre ellos se hallan: Uzzell, Escudero, Polo, Catalán y Catany.<sup>23</sup>

Existe una línea de trabajos que hacen énfasis en la importancia de la construcción, la comprensión y la adquisición de conocimientos. Esta orientación constructivista, supone trabajar con un programa de actividades que posibilite el cambio conceptual. En esta propuesta de trabajo no se han echado las campanas al vuelo, pues se considera que está en sus inicios. En lo que se conoce como didáctica de las ciencias tenemos los trabajos de: Cañal, Novak, Niaz, Gutiérrez, Caicedo, Alvarado, Flores.<sup>24</sup>

Estos trabajos destacan que en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias influyen numerosos factores, unos relacionados con la materia objeto de estudio; otros, con el individuo que ha de aprender. En los últimos decenios, se han producido cambios sustanciales en las concepciones que se tenían sobre la naturaleza de la *ciencia de las ideas*, que trataban sobre cómo se produce el aprendizaje.<sup>25</sup>

Un aspecto de gran importancia que se ha investigado desde la didáctica de las ciencias, y que quizá sea de los más trabajados, es el de las *preconcepciones*, denominadas también *esquemas alternativos*, *primeras evidencias*, *ideas intuitivas*, *errores de los alumnos*, *hábitos*, etcétera, y que llegan a obstaculizar el aprendizaje de la ciencia por parte de los alumnos. Entre los autores que lo han investigado se encuentran: Giordan, Solis Villa, Flores y Gallegos.<sup>26</sup>

---

<sup>21</sup> GIORDAN, 1985; Aguirregabiria, 1989.

<sup>22</sup> CATALÁN, 1986.

<sup>23</sup> UZZELL, 1978; Escudero, 1984; Catalán y Catany, 1986; Polo, 1987

<sup>24</sup> CAÑAL, 1987; Novak, 1988, Niaz, 1987; Gutiérrez, 1987; Caicedo, 1992; Alvarado, 1989, Flores; 1993

<sup>25</sup> HIERREZUELO MORENO, 1991.

<sup>26</sup> GIORDAN, 1982, 1985, 1989; Solis Villa, 1984; Flores y Gallegos, 1993.

Existe otra propuesta constructivista desarrollada para la enseñanza de las ciencias; se trata del modelo de enseñanza y aprendizaje para la investigación.<sup>27</sup> Es importante destacar que la enseñanza de la ciencia es uno de los rubros en el que los países desarrollados han puesto un gran empeño, tanto en el desarrollo de proyectos curriculares, como en el de estrategias de desarrollo.<sup>28</sup>

La preocupación por el mejoramiento de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales, así como su adecuación a las necesidades prioritarias de la sociedad actual, ha generado una nutrida investigación que tiene como objetivo contrarrestar la práctica en la que se educa a la juventud, para que desempeñe tareas específicas y no para que pueda entender la totalidad social, científica y humanística. Esto se debe a que la relación pedagógica está condicionada por la urgencia de generar empleos, lo que está produciendo una visión dogmática del conocimiento y obstaculizando la creación de un espíritu científico.<sup>29</sup>

Algunos precedentes que con notable anticipación, llamaron la atención sobre la historia del aprendizaje,<sup>30</sup> se refirieron a la existencia de barreras epistemológicas, es decir, al hecho de que a menudo se conoce contra un conocimiento anterior.<sup>31</sup> Es necesario no olvidar los trabajos de Piaget,<sup>32</sup> los cuales plantean el rastreo de origen psicológico de las nociones hasta sus estadios precientíficos, o los de Ausubel,<sup>33</sup> quien llega a afirmar que si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: averigüese lo que el alumno ya sabe y enséñese consecuentemente.

Por su parte, Osborne y Wittrock,<sup>34</sup> sitúan su modelo de aprendizaje generativo dentro de la tradición constructivista, con una mención expresa a la influencia de Piaget y una referencia particular a las ideas constructivistas de Kelly,<sup>35</sup> basadas en la similitud del pensamiento ordinario de una persona con el proceso de elaboración de las teorías científicas.<sup>36</sup>

Para Osborne y Wittrock, esta similitud está también apoyada por la comprensión de la naturaleza de la investigación científica alcanzada gracias a los trabajos de Kuhn,

---

<sup>27</sup> GIL, *et al.*, 1991, Salcedo, 1996; Erazo Parga, 1995.

<sup>28</sup> FLORES, 1993.

<sup>29</sup> AMAYA, 1990.

<sup>30</sup> VIGOTSKY, 1992.

<sup>31</sup> BACHELARD, 1987.

<sup>32</sup> PIAGET, 1967.

<sup>33</sup> AUSUBEL, 1989.

<sup>34</sup> OSBORNE y Wittrock 1985.

<sup>35</sup> POPE y Gilbert, 1983, Claxton, 1984.

<sup>36</sup> Citados por Gil, 1986.

Popper y Fayerabend, quienes han mostrado la importancia de las ideas existentes en un momento dado sobre las investigaciones que llevan a cabo.<sup>37</sup>

En relación con las investigaciones que tratan sobre el papel del profesor, se ha destacado que la mayoría de los enseñantes y en concreto los de las ciencias, suelen perder, o quizá nunca han adquirido, la conciencia de que su trabajo en el proceso educativo está integrado tanto cuantitativa como cualitativamente. Renuncian a la explicitación consciente de su función y contribuyen en la transmisión de una ciencia aparentemente neutral, puesto que no se enseña a decidir ni tampoco a actuar; deberían considerar que la ciencia no es neutral. No lo son la metodología docente ni la selección de contenidos que se transmiten. La ciencia posee un sistema de valores constituidos, adecuados a una cierta perspectiva de conocimientos de una realidad y, hoy por hoy, la ciencia cumple funciones legitimadoras de dominio.<sup>38</sup> Plantearse enseñar ciencias supone, para el profesor, ser capaz de elaborar una concepción de disciplina científica y de cómo el alumno aprende y construye conocimiento.

Un aspecto que también se ha estudiado es el de la imagen que los científicos proyectan a la mayor parte de la población. Se ha detectado que es la de alguien alejado de la comunidad, por eso se le considera importante, asimismo, se pretende que los alumnos vean y comprendan a los científicos como seres humanos, interesados por lo que sucede en su medio, que tienen inquietudes y actitudes en las que late una preocupación por los problemas de su entorno y no verlos como los sabios alejados de toda realidad.<sup>39</sup>

Un punto de partida para comprender y explicar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias es considerar el conocimiento científico como un conjunto de saberes agrupados en modelos teóricos, que intentan explicar la realidad, y una metodología de investigación, que permita tener acceso al conocimiento de esta misma realidad. El conocimiento científico no sólo se construye, es cambiante, ya que en cada proceso o revolución epistemológica se reorganizan y estructuran nuevos saberes sobre una determinada parcela de la realidad.<sup>40</sup>

Los alumnos durante la escolaridad han de formarse una determinada concepción sobre lo que es la ciencia, no sólo como cuerpo de conocimientos sino como manera de pensar sobre el mundo y de construir explicaciones. Se tendría, entonces, que la función de la enseñanza, en la didáctica de las ciencias, es la de facilitar la evolución de las concepciones que los alumnos tienen hacia concepciones científicas más

<sup>37</sup> *Idem.*

<sup>38</sup> CATALÁN FERNÁNDEZ y Catany, 1986.

<sup>39</sup> POLO CONDE, 1987.

<sup>40</sup> GÓMEZ IZQUIERDO 1989.

elaboradas. Según la estrategia de cambio conceptual, sería necesario provocar en el alumno la ruptura con las ideas que mantenía hasta el momento, hacerlo progresar en el conocimiento mediante el contraste empírico, y confrontarlo con explicaciones alternativas capaces de resolver mejor algunos de los problemas no solucionados por las ideas o recursos propios.

El cambio conceptual no se da al margen de un cambio metodológico,<sup>41</sup> se aprende un proceso nuevo que presupone el uso de estrategias rigurosas para poder superar los límites de lo que resulta inicialmente evidente, construyendo una concepción más inteligible, plausible y fructífera de la realidad. En este proceso, el profesor actúa como mediador entre los conocimientos del alumno y los conocimientos científicos, e interviene construyendo y negociando un marco de significados mediante los cuales ambos (profesor y alumno), puedan esforzarse en un proceso constructivo de significados más elaborados; esta participación no obsta para que los profesores de ciencia sean conscientes de que la enseñanza de esta disciplina no es una tarea fácil, advirtiéndose en ello un alto fracaso escolar por la falta de comprensión que se tiene de ella.

En síntesis, puede verse que la epistemología y, más específicamente, las concepciones de ciencia se encuentran estrechamente vinculadas con la enseñanza de las ciencias y que esta relación ha sido y es una preocupación constante de los científicos y teóricos que, desde distintos ámbitos, han buscado dar respuesta a uno de los puntos centrales (enseñanza de las ciencias) de esta problemática.▲

## Bibliografía

- AGUIRREGABIRIA, José Ma. “Historia de la ciencia mediante representaciones teatrales Análisis de una experiencia con obras sobre Arquímedes, Galileo y Newton”, en IV Encuentro de Didáctica de Física y Química, Universidad de Cádiz. España, 1983.
- . 1989. “Aprovechamiento didáctico de una base de datos documental informatizada sobre historia de la ciencia”, en *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra (III Congreso), t. 2.
- ALVARADO, R. María Eugenia. “Propuesta didáctica para la formación de docentes en una disciplina”, en *Perfiles Educativos*, enero-junio. México, 1989.
- AMAYA DE OCHOA, Graciela. “Un modelo académico para la formación docente”, en *Educación y Cultura*, núm. 21, diciembre. Bogotá, Colombia, 1990.
- ARANA PÉREZ, J. *et al.* “Imagen de las asignaturas de ciencias en la transición de la educación básica a la secundaria”, en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 5, núm. 1, febrero, 1987.
- AUSUBEL DAVID, P. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, México, 1989.
- BACHELARD, Gastón. *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI. México, 1987.
- CAICEDO LÓPEZ, Humberto. “Viabilidad de una línea de investigación sobre la enseñanza de las ciencias”, en *Revista Colombiana de Educación*, núm. 24, Santa Fe de Bogotá, 1992.
- CAÑAL, P. “La evolución de las concepciones sobre la didáctica de las ciencias en la formación inicial del

<sup>41</sup> CARRASCOSA y Gil, 1985.

- profesorado de EGB: una propuesta didáctica basada en el modelo sistémico investigativo”, en *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, (III Congreso), t. 2. Barcelona, 1989.
- CARRASCOSA y Gil D. “La metodología de la superficialidad en el aprendizaje de las ciencias”, S. d. vol. 3. 1985.
- CATALÁN FERNÁNDEZ, A. y Catany M. “Contra el mito de la neutralidad de la ciencia: el papel de la historia”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, núm. 2. Barcelona, 1986.
- ERAZO PARGA, M. y Elsa T. Benítez, 1995. “Hacia una enseñanza de las ciencias por investigación”, *Educación y Cultura*, núm. 38, agosto. Bogotá, 1995. agosto, pp. 37-44.
- ESCUADERO ESCORZA, T. y Lacasta Zabalza, E., 1984. “Las actitudes científicas de los futuros maestros en relación con sus conocimientos”. S. n. vol. 2, núm. 3, noviembre, 1984.
- FLORES CAMACHO, F. y L. Gallegos. “Consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas y la enseñanza de la ciencia”, en *Perfiles Educativos*, núm. 62, octubre-diciembre, México, 1993.
- GUTIÉRREZ, R., 1987. “Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Ausubel”, en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 5, núm. 2, mayo. Barcelona, pp. 118-126.
- HIERREZUELO MORENO et al., 1991. “Una nueva generación de materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias los programas guía de actividades”, *Revista de Educación*, núm. 295, España, 1991.
- HOLTON, Gerald. *La imaginación científica*. FCE. México, 1985.
- GIL PÉREZ, Daniel, “La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas”, en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, núm. 2. Barcelona, 1986.
- GIORDAN, A. *La enseñanza de las ciencias*. Pablo del Río Editor/Siglo XXI. España, 1982.
- GIORDAN, A. y G. Vecchi. *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Diada. Sevilla, 1987.
- . “Representaciones sobre la utilización didáctica de las representaciones”, en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, núm. 1. Barcelona, 1989.
- . “Interés didáctico de los errores de los alumnos”, en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, núm. 1, febrero. Barcelona, 1985.
- JIMÉNEZ LOZANO, Blanca. “Epistemología y métodos de las ciencias”, en *Perfiles Educativos*, núm. 63, enero-marzo. México, 1994.
- KOYRÉ, Alexandre. *Estudios galileanos*. Siglo XXI. México, 1981.
- KUHN, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. FCE. México, 1982.
- . *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la y el cambio en el ámbito de la ciencia*. FCE. México, 1982.
- NIÁZ, M., “Estilo cognoscitivo y su importancia para la enseñanza de la ciencia”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 5, núm. 2, mayo. Barcelona, 1987.
- NOVAK, Joseph D. “El proceso de aprendizaje y la efectividad de los métodos de enseñanza”. *Perfiles Educativos*, núm. 1, julio-agosto-septiembre. México, 1978.
- . *Teoría y práctica de la educación*. Alianza Editorial. Madrid, 1982.
- . “Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender” en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 9, núm. 3. Barcelona, 1991.
- . “Constructivismo humano. Un consenso emergente”, en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6 núm. 3. Barcelona, 1988.
- NOVAK, J. y B. Gowin. *Aprendiendo a aprender*. Martínez Roca. Barcelona, 1988.
- PIAGET, Jean. *Seis estudios de psicología*. Seix Barral. Barcelona, 1967.
- . *Problemas de psicología genética*. Ariel. Barcelona, 1975.
- POLO CONDE, F. y J. A. López Cancio. “Los científicos y sus actitudes políticas ante los problemas de nuestro tiempo”, en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 5, núm. 2. Barcelona, 1987.
- SCHAFF, Adam. “La relación cognitiva. El proceso de conocimiento: la verdad”, en *Historia y verdad*. Grijalbo. México, 1974.
- SALCEDO TORRES, Luis, et al. “Evaluación en la enseñanza de las ciencias”, en *Educación y Cultura*. núm. 39, marzo. S. l., 1966.
- SOLÍS VILLA, R. “Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias”, en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 2, núm. 2, junio. Barcelona, 1984.
- UZZELL, P. “The Changing Aims of Science Teaching”, en *School Science Review*, num. 210. S. l., 1978.
- VIGOTSKY, Lev. 1992. *Pensamiento y lenguaje*. Ediciones Quinto Sol. México, 1992.