

# Investigación y desarrollo en la enseñanza de las ciencias naturales

Ma. Antonia Candela M.

*Departamento de Investigaciones Educativas*

*Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional*

*Apartado postal 19-197, México, D.F.*

(Recibido el 4 de abril de 1990; aceptado el 2 de abril de 1991)

**Resumen.** Este artículo revisa las corrientes internacionales más importantes de investigación en enseñanza de las ciencias de los años sesenta a la fecha. El trabajo hace una descripción de las ideas principales de la corriente denominada "aprendizaje por descubrimiento" y de los resultados de su aplicación en el desarrollo curricular. También se resumen las dificultades para lograr cambios en la enseñanza de las ciencias en el aula.

En esta revisión, se exponen los principales argumentos contra la posición empirista que domina la enseñanza de la ciencia y se analizan algunas de las investigaciones y concepciones que se han desarrollado con una perspectiva constructivista.

La última parte del trabajo presenta algunas notas sobre nuestra investigación actual en enseñanza de la ciencia en el contexto de la escuela primaria.

PACS: 01.40.Ej; 01.40.Gm

## 1. Introducción

El lanzamiento del Sputnik soviético en 1957, desencadenó, primero en EU y más tarde en otros países de occidente, un movimiento por la renovación de la enseñanza de las ciencias naturales en todos los niveles de la educación.

La contienda político-militar entre los dos bloques sociales, liderados por EU y la URSS, hizo patente la necesidad de impulsar el desarrollo científico y tecnológico.<sup>1</sup> A partir de entonces, se destinaron recursos económicos y humanos sin precedentes para promover la formación científica entre la población. Estos recursos fueron canalizados básicamente hacia la producción de nuevos materiales didácticos de ciencias naturales.

En la realización de estos proyectos, se llevó a cabo un debate entre científicos y psicólogos en torno a la estructura de las disciplinas, el aprendizaje del alumno,

---

<sup>1</sup>En EU se impulsó una reforma global del sistema educativo con el objetivo de aprovechar al máximo los recursos intelectuales que permitieran impulsar un periodo de nuevo progreso. En 1960 la Conferencia General de la UNESCO, consideró a la educación como un factor de desarrollo y promovió misiones educativo-económica a países subdesarrollados, para formar expertos que promovieran innovaciones educativas.

los métodos de enseñanza y las características del desarrollo de la ciencia. Las concepciones debatidas se sustentaban, explícita o implícitamente, en diferentes posturas epistemológicas, psicológicas, de política científica y de teoría educativa [1]. El propósito de este trabajo, es dar cuenta de algunas de las posturas teóricas más importantes desarrolladas en este campo, de ciertos aspectos relevantes del debate acerca del aprendizaje del alumno y de las propuestas didácticas derivadas de éste. Con esta revisión no es posible, ni se pretende, abarcar todas las corrientes que han influido en los modelos de investigación y desarrollo de enseñanza de la ciencia, por lo que me limito a describir algunos de los aspectos que desde mi punto de vista son más significativos. Comienzo por exponer el aspecto innovador, quizás más importante, de las propuestas de educación científica en los años sesenta: el aprendizaje por descubrimiento.

## 2. Aprendizaje por descubrimiento

La concepción de aprendizaje por descubrimiento, fue difundida principalmente por Jerome Bruner en su libro *El Proceso de la Educación*, publicado en 1963. En este libro, Bruner parte de la premisa de que la actividad intelectual es la misma en la frontera de la ciencia que en un aula de tercer grado, y sostiene que el descubrimiento es la correlación entre las estructuras de la disciplina o de un fenómeno exterior al sujeto y las estructuras intelectuales de éste. Este psicólogo, de orientación cognoscitivista, consideraba, en este trabajo, que los fundamentos de cualquier materia pueden enseñarse a cualquier persona de cualquier edad en alguna forma, y que el niño puede captar, desde las primeras etapas de desarrollo, las ideas básicas de la ciencia.

En *El proceso de la Educación*, el autor sostiene que la formación científica tiene una relación estrecha con la transmisión de la estructura de la disciplina científica que se pretende enseñar, lo cual permite hacer transferencia de los principios y actitudes científicas (que son parte de las ideas básicas) a nuevas situaciones. Se entiende que la estructura se forma a partir de las relaciones que se establecen entre los fenómenos, y se plantea que para captar la estructura de un tema es necesario comprender las relaciones entre sus partes y la forma como se vincula con otros temas afines. El aprendizaje de la estructura,<sup>2</sup> pasa por la intuición de las ideas básicas de la disciplina, mismas que posteriormente pueden ser formalizadas y manipuladas. Estas ideas básicas son tan sencillas como poderosas, por lo que el plan de estudios debe plantear los conceptos importantes de cada disciplina lo antes posible y elaborarse en espiral alrededor de estos temas y principios. Por intuición, Bruner entiende la capacidad de producir conjeturas, hipótesis, formulaciones plausibles y conclusiones provisionales; y para desarrollarla hay que enfrentar a los alumnos a la realización de actividades en las que pueden encontrar incongruencias entre lo

---

<sup>2</sup>Estamos hablando de uno de los psicólogos cognitivos intelectualmente más activos de las últimas décadas, cuyas posturas han tenido una interesante evolución que no es objeto de este trabajo analizar. Por eso nos referimos solamente a las concepciones que Bruner tenía en ese periodo y que influyeron sobre el movimiento renovador de los años sesenta.

que piensan y lo que observan. Los alumnos pueden resolver estas incongruencias "descubriendo" un nuevo concepto, mismo que puede coincidir con las "ideas básicas de la ciencia".

Bruner ponía énfasis en el proceso de descubrimiento como un objetivo de la enseñanza mucho más importante que el aprendizaje de respuestas "correctas". Para él, la calificación y el hincapié en las respuestas "correctas" inhiben el pensamiento intuitivo y la actividad intelectual creativa de los alumnos. Sugiere así, la conveniencia de aceptar una gama de respuestas alternativas frente a las expectativas de una sola opción que limitan el desarrollo intelectual del educando.

"El desarrollo intelectual se caracteriza por la reciente capacidad para considerar varias alternativas simultáneamente, por la creciente independencia de la reacción respecto a la naturaleza inmediata del estímulo... El desarrollo intelectual entraña una creciente capacidad para explicarse y explicar a los demás mediante palabras o símbolos lo que uno ha hecho o va a hacer... El desarrollo intelectual depende de una relación sistemática y contingente entre el profesor y el alumno" [2].

En el proceso de aplicación práctica de estas tesis, existió mucha ambigüedad, en particular cuando se pasaba de la teoría a la elaboración de materiales didácticos. Algunos materiales utilizaron el "aprendizaje por descubrimiento" como un método de instrucción frente al método "tradicional", "expositivo" o "guiado"; otros, lo utilizaron como un objetivo de la enseñanza: "aprender a descubrir", confrontándolo con la enseñanza de contenidos y de la estructura de la materia. Se planteó también, como el cambio interno que debe de ser promovido en el alumno, en vez de impulsar sólo el aprendizaje de conductas que se adquieren en un proceso guiado desde el exterior, como sostienen los conductistas.

En la práctica, el objetivo fundamental de la enseñanza de la ciencia dentro de la corriente de "aprendizaje por descubrimiento", ha sido el de la enseñanza del "método científico" a partir del desarrollo de actividades experimentales dirigidas a que los alumnos descubran, de manera autónoma e inductiva, los conceptos científicos. Esta posición, que modificaba los planteamientos de Bruner, pretendió superar la enseñanza tradicional centrada en la transmisión verbal de los contenidos científicos por parte del maestro.

Desde el inicio de la puesta en práctica de los nuevos currícula se encontró, en diversos trabajos de seguimiento y evaluación, que éstos tenían un efecto muy pobre sobre el trabajo escolar, esto era aún más evidente cuando se analizaban estos resultados a la luz de las expectativas que se habían creado. Surgió así, la necesidad de estudiar detenidamente tanto los planteamientos teóricos como la forma de implementarlos y las concepciones en las que se apoyaban. Las primeras revisiones sugirieron modificaciones en la forma de presentación y en la selección de los contenidos que se iban a enseñar, siguiendo la idea de que las propuestas didácticas fueran capaces de atraer el interés del educando.

A partir de estas revisiones, se produjeron currícula alrededor de "núcleos de interés" de los alumnos. Se generalizó una corriente, que tuvo una presencia importante en los años setentas, que destacaba la necesidad de que el material elaborado tuviera un enfoque interdisciplinario. Más tarde, en los años ochenta, también ad-

quirieron cierta importancia las propuestas que organizaban el contenido en torno a los problemas que surgen de la relación entre la ciencia y la sociedad.

Sin embargo, se encontró que estas diferencias en la estructura, en el lenguaje y en la forma de presentación del contenido no producían cambios sustanciales en el trabajo escolar ni tampoco lograban, como era uno de sus objetivos, desarrollar actitudes más positivas de los alumnos hacia la ciencia. La elaboración de material didáctico para los maestros, las modificaciones en la redacción de los objetivos educativos, el desarrollo de diversos proyectos de capacitación para maestros y la utilización de nuevos medios técnicos para presentar el material (videos, folletos, equipos de experimentación, y más recientemente, las computadoras) tampoco parecían producir resultados significativamente distintos entre los proyectos de "aprendizaje por descubrimiento" y los de enseñanza expositiva o de aprendizaje guiado [1,3,4,5,6,7]. Se empezó a pensar que era una falsa polaridad la que se había presentado entre el "aprendizaje por descubrimiento" y el "aprendizaje guiado", característico de las concepciones conductistas [8].

El trabajo de Yager y Penich [9], producto de una revisión de gran magnitud realizada en 1977 en EU, sintetiza las conclusiones de una evaluación nacional encargada por la National Science Foundation.<sup>3</sup> Entre los resultados más interesantes de este trabajo se encuentran los siguientes:

- 90% de los maestros de ciencias naturales utilizan un libro de texto el 90% del tiempo.
- La exposición del maestro, la lectura del libro y la recitación posterior por parte de los alumnos siguen siendo las formas fundamentales de instrucción.
- Las actividades experimentales se limitan a ejercicios y prácticas de verificación de la información dada por el libro de texto o por el maestro.
- Se sigue evaluando repetición de contenidos, vocabulario, definiciones, fórmulas, leyes, etcétera.
- La ciencia en la escuela no retoma las ideas ni la experiencia extraescolar de los alumnos.
- La enseñanza de la ciencia no tiene incidencia sobre lo que los alumnos piensan ni sobre lo que hacen.

Estas apreciaciones coinciden con las de Ausubel [3], quien afirma que "Como los términos laboratorio y método científico se volvieron sacrosantos (...), los estudiantes fueron obligados a remedar los aspectos exteriores, conspicuos e inherentemente triviales del método científico (...). En realidad, con este procedimiento aprendieron poco de la materia y menos aún del método científico".

---

<sup>3</sup>Esta evaluación se apoyó en tres estudios: uno que recogía toda la literatura sobre la enseñanza de la ciencia, elaborado en EU del 57 al 75; otro sobre currícula y métodos de enseñanza, obtenido en la aplicación de cuestionarios a maestros, administradores y personal escolar en todo el país y el último sobre observaciones de clase en 11 centro de enseñanza básica, representativos de diferentes comunidades.

En otros países se obtuvieron conclusiones semejantes, por lo que a finales de los años setenta ya se hablaba del “fracaso” del movimiento renovador, mismo que no logró impulsar una formación científica, donde los alumnos desarrollaran actitudes científicas y pusieran en práctica el “método científico”.

### 3. La crítica al empirismo

Al tratar de explicarse las razones de lo que se llamó el “fracaso” de las innovaciones en la enseñanza de las ciencias naturales, se generalizó gradualmente la conciencia de que existían problemas que no estaban siendo considerados.

Desde la sociología, se cuestionó la pretensión de que la modificación de uno solo de los múltiples factores que intervienen en el proceso educativo, como es, en este caso, el material didáctico, pudiera producir cambios en una dirección predefinida, sin tomar en cuenta las resistencias del propio sistema y la tendencia a la reproducción de las prácticas dominantes [10].

Estudios sobre las concepciones de los alumnos [11], mostraban que, a pesar de su paso por la escuela e incluso hasta después de una formación científica de nivel superior, los alumnos mantenían concepciones sobre los fenómenos físicos distintas a las que manejaban escolarmente.<sup>4</sup> Esto fue convenciendo a los especialistas en enseñanza de la ciencia de la necesidad de una revisión a fondo de los planteamientos educativos sustentados en años anteriores.

Paralelamente, se empezó a cuestionar el enfoque epistemológico empirista en el que se apoyaban las propuestas de “aprendizaje por descubrimiento” [13,6], para explicar por qué no era posible que estos proyectos operaran como se proponía. Sin entrar a fondo en el debate contra el empirismo, plantearé a continuación algunos de los postulados básicos de esta concepción que han sido debatidos.

En primer lugar, se puso en cuestión el mito del cientificismo que planteaba la superioridad del conocimiento científico sobre otras formas de conocimiento [14]. Hoy existe un debate en este aspecto, encontrándose incluso posiciones extremas que sostienen el relativismo de teorías científicas alternativas [15], argumentando que las teorías se validan dentro de sus propios marcos de referencia (o paradigmas) y que los distintos paradigmas son inconmensurables, de modo que no puede probarse que uno sea superior a otro.

Para el empirismo, la superioridad del conocimiento científico se basa en la supuesta objetividad de la observación. Según esta corriente, la observación neutral y objetiva y la invariabilidad de los significados de un observable son el origen del conocimiento y aportan la evidencia que permite refutar o validar una teoría. Así, la observación de un fenómeno o los resultados de un experimento conducen a una conclusión única. Este hecho haría posible el descubrimiento autónomo e inductivo de los conceptos científicos en el proceso educativo.

La ciencia, desde una postura empirista, es el producto de la acumulación de respuestas “verdaderas” que se derivan de la aplicación del “método científico” y que,

---

<sup>4</sup>Por ejemplo, una concepción aristotélica sobre el movimiento [12].

por asociación, van formando las ideas y teorías donde se articulan conceptos cada vez más complejos y abstractos. Estos planteamientos tienen fuertes consecuencias en la enseñanza de las ciencias naturales, al conducir a la consideración de que la realización de los experimentos puede llevar a los alumnos, independientemente de su edad, de su experiencia y de su ambiente social y cultural, a una conclusión, y que ésta debe coincidir con la que actualmente sostiene la ciencia. De aquí la validez que se da al trabajo individual y a la posibilidad de que el alumno descubra, de manera autónoma, los conceptos y las ideas científicas.

En contra del supuesto de la objetividad de la observación, actualmente se considera que “la teoría, hipótesis, marco de referencia y conocimientos previos que sostiene un investigador influyen fuertemente sobre lo que observa” [16]. Se ha encontrado que esto también ocurre, de manera muy evidente, con los alumnos. También se ha visto que existe un conjunto de teorías que son compatibles con una evidencia concreta, y se reconoce que dentro de una teoría se hacen adecuaciones y ajustes para explicar los contraejemplos sin que se requiera desecharla, mas que en el caso de que ésta ya no sea capaz de mantener la coherencia interna ni de explicar un conjunto de fenómenos, cuando concepciones alternativas son capaces de hacerlo de manera más adecuad [17,18].

Por eso se cae en el experimentalismo cuando se asume que la experiencia verifica o refuta de manera contundente una hipótesis, y cuando se plantea que la “evidencia” modifica directa e inmediatamente las ideas, conceptos y teorías que sostienen a la hipótesis, sin tomar en cuenta que generalmente no se “ve” esa evidencia y que, cuando ésta se percibe, suelen ponerse en juego una serie de recursos de argumentación para sostener las ideas y teorías a pesar de la evidencia en contra.

El empirismo olvida el papel central que juega en la ciencia la elaboración de hipótesis diversas sobre un fenómeno, así como la importancia que tiene el pensamiento divergente en el trabajo científico [19]. Además, no toma en cuenta el carácter social y dirigido (por los paradigmas dominantes) que ha tenido la construcción del conocimiento científico en la historia.

A la luz de la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia, en la actualidad se reconoce que más que un proceso progresivo, acumulativo y lineal, la historia de la construcción científica está llena de equívocos, de problemas, de explicaciones alternativas y contrapuestas sobre un mismo fenómeno, así como de rupturas conceptuales que cuestionan las explicaciones previas que se tenían.

Ciertos filósofos de la ciencia, como Feyerabend [20], sostienen que el “método científico” apoyado en principios firmes e invariables también es un mito. A la luz de la historia de la ciencia. . . “Encontramos que no existe ni una simple regla, por más plausible y firmemente apoyada que esté en la epistemología, que no sea violada en un momento u otro. Se vuelve evidente que tales violaciones no son eventos accidentales. . . por el contrario son necesarias para el progreso”.

El trabajo de Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, hace ver que la ciencia se desarrolla en el marco de grandes paradigmas que marcan las teorías y concepciones que son aceptadas en un cierto momento por la comunidad científica, las preguntas y los problemas que se considera válido investigar, la interpretación que se hace de los hechos, e incluso las reglas y los criterios que se utilizan en los

juicios y razonamientos. Kuhn plantea que con el cambio de paradigma se realizan verdaderas revoluciones en donde se transforma la interpretación de la realidad.

#### 4. Hacia una nueva propuesta en la enseñanza de la ciencia: el constructivismo

La inoperancia de los modelos de “aprendizaje por descubrimiento” y las críticas al empirismo condujeron, en los años ochenta, independientemente de algunos intentos por volver al modelo de transmisión/asimilación de conocimientos ya elaborados [3,6,21], a la emergencia de un nuevo paradigma para la enseñanza de las ciencias naturales sustentado en una concepción constructivista del aprendizaje.

Si bien ya desde los años sesenta existían varios currícula de ciencias naturales con una orientación constructivista, sólo durante los últimos años empezó a hacerse dominante esta concepción en los proyectos de desarrollo y de investigación en enseñanza de las ciencias naturales. La relevancia que está adquiriendo el enfoque constructivista, no implica que hayan desaparecido las tendencias empiristas; éstas siguen teniendo importancia, por ejemplo, en las propuestas impulsadas por ciertos sectores de las autoridades educativas ubicadas dentro de la línea de la “tecnología educativa”.

Una idea básica del constructivismo, que desarrolló originalmente Jean Piaget en sus trabajos sobre epistemología genética [22], consiste en concebir que a todos los niveles de desarrollo existen dos instrumentos para la adquisición de conocimientos: la asimilación de los objetos o eventos a los esquemas o estructuras anteriores del sujeto; la acomodación de estos esquemas o estructuras en función del objeto que se habrá de asimilar. La naturaleza asimiladora, y no simplemente registradora, del conocimiento hace que el desarrollo cognitivo sea un proceso interactivo y constructivo. Interactivo porque involucra la relación del sujeto (y sus esquemas de asimilación) con el objeto (y sus propiedades). El carácter constructivo del conocimiento se refiere tanto al sujeto como al objeto, pues ambos están en un proceso de permanente construcción y, en consecuencia, el conocimiento siempre es relativo a un momento de este proceso y es producto de la interacción entre el sujeto y el objeto [23].

Desde el constructivismo, el aprendizaje escolar no puede concebirse como la recepción pasiva de conocimientos, sino como un proceso activo de elaboración de los mismos. Los esquemas de asimilación involucran la acción que aparece como origen de todo conocimiento. La acción, en este caso, se refiere tanto a la manipulación de materiales como a las acciones sociales o a las acciones internalizadas. La acción involucra: a) una transformación física o conceptual del objeto; b) una transformación del sujeto, que consiste en una ampliación del dominio de aplicación de sus esquemas cognitivos o en una modificación de dichos esquemas [24].

La psicología genética también cuestiona la pretendida objetividad de la observación: “La asimilación de los estímulos es siempre más o menos deformante, según los sistemas de asimilación (las estructuras cognitivas) implicados en el proceso, lo que provoca interpretaciones a menudo no unívocas de un mismo observable, así como la tendencia a deformar los datos de la experiencia” [25]. De esta manera, los errores no pueden entenderse como algo que es posible evitar, sino como etapas

necesarias del proceso de construcción del conocimiento. Además, los sujetos a cualquier edad elaboran representaciones, hipótesis y teorías sobre los fenómenos con los que interactúan; a partir de estas concepciones, observan e interpretan la realidad [26]. Las opiniones divergentes de los alumnos, pueden corresponder a los esquemas alternativos que han construido, y éstos pueden diferir esencialmente de los que sostiene actualmente la ciencia. En ocasiones, se encuentra cierta relación entre estos esquemas alternativos y las concepciones que han existido en la historia del conocimiento científico.

En la ciencia, en particular en la física, los niños elaboran modelos sobre su medio ambiente físico. Como plantea G. Bachelard [27], y se corrobora en las investigaciones de Karmiloff e Inhelder [26], estos modelos pueden constituir un obstáculo epistemológico para acceder al conocimiento científico. En la transición de un estado de espíritu precientífico a un estado de espíritu científico, para Bachelard, se modifica la manera de aprehender la realidad. En consecuencia, se cuestiona la posición de Bruner acerca de que los niños pueden intuir las ideas básicas de la ciencia. Asimismo, se refuerza la importancia de que el trabajo escolar analice y parta de las concepciones de los alumnos y tome en cuenta su pensamiento divergente, para desarrollar dichas concepciones, pero sin pretender que este proceso pueda llevar, en todos los casos, hasta las ideas, conceptos y teorías que actualmente sostiene la ciencia.

La línea de investigación más desarrollada en la didáctica de las ciencias en los últimos años es el estudio de las prenociones y nociones intuitivas de los alumnos sobre el mundo físico, en todos los niveles de la educación [11,12,28,29,30], así como el estudio de su proceso "natural" de desarrollo. Se han efectuado también trabajos sobre las conductas espontáneas de experimentación de los niños [25,31] y sobre las teorías y los marcos alternativos de referencia de los que parten los alumnos. Se han podido ratificar, desde distintas perspectivas de investigación, algunos de los descubrimientos de la psicología genética, y se ha llegado a un cierto consenso sobre los siguientes aspectos:

- Los alumnos construyen su propia representación del mundo físico y elaboran hipótesis y teorías sobre los fenómenos que observan.
- Estas ideas no coinciden y a veces incluso entran en contradicción con la interpretación que tiene la ciencia.
- Estas concepciones están dotadas de cierta coherencia interna.
- Son comunes a estudiantes de diferentes medios y edades.
- Presentan semejanza con concepciones que estuvieron vigentes en la historia del pensamiento.
- Presentan mucha resistencia a ser modificadas con la enseñanza habitual [32].

Para tratar de superar estas dificultades, se han desarrollado algunos modelos alternativos, dentro de la concepción constructivista, para la enseñanza de la ciencia, sobre todo en el nivel medio y superior.

El modelo de “aprendizaje como cambio conceptual” desarrollado por Posner, Strike, Hewson y Gertzog [33] en 1982, plantea que el aprendizaje significativo de las ciencias es una actividad racional semejante a la investigación científica y que este aprendizaje, concebido como un cambio conceptual, se da en condiciones equivalentes a las que se requieren para que haya un cambio de paradigma en la ciencia. Estos autores plantean que todavía no se entiende cómo interactúan las ideas de los niños con aquéllas que son incompatibles con las suyas. Enfocan el problema del aprendizaje de las concepciones científicas en el “contenido de las ideas más que en las supuestas estructuras lógicas que las sustentan” sobre las que trabajaba Piaget.

En el trabajo de Posner *et al.* se trata de dar respuesta a lo que probablemente sea hoy la pregunta fundamental en la enseñanza de la ciencia: ¿En qué condiciones se cambia un concepto o un conjunto de conceptos centrales por otro conjunto alternativo? A partir de sus investigaciones, estos autores consideran que las condiciones que debe reunir un conjunto de conceptos para ser aceptado son:

- a) Insatisfacción del sujeto con sus conceptos actuales. Se debe demostrar que las cosas no se arreglan con cambios menores.
- b) Que la nueva concepción sea inteligible para el sujeto.
- c) Que resulte coherente con otras concepciones que se tienen.
- d) Que sea útil en términos de poder resolver más problemas y de manera más elegante y económica (sencilla).

Sin haber profundizado en el planteamiento de estos autores y en las bases que tiene consideramos que, como advierten Cañal y Porlán [34], existe el riesgo de hacer transferencias mecánicas del proceso de investigación científica al del aprendizaje en condiciones escolares. Como plantea Coll [35], es necesario reconstruir estas investigaciones en el contexto escolar.

Otros investigadores [36] añaden que la dificultad en la adquisición de los conocimientos científicos no está sólo en el problema de cambiar concepciones fuertemente arraigadas, sino, además, en la necesidad de superar la “metodología del sentido común”, presente también en la física pregalileana. Las características de esta metodología son, según Giordan [37]: ver sólo el lado aparente de las cosas; registrar lo que más sorprende sin analizarlo; intentar analogías externas; asumir que se sabe porque se ve; no razonar sobre lo que se supone y sobre otras opciones explicativas. Se propone una metodología alternativa que cuestione la lógica de “sentido común” para acceder, a través de la abstracción, a construcciones más esenciales [38] desligadas de la experiencia inmediata y a veces hasta polemizando con ella. Para esto, se considera necesario ampliar el campo de experiencia del sujeto, logrando que éste construya y verbalice sus representaciones y que las justifique y confronte con representaciones alternativas [37]. Desde nuestro punto de vista, estos planteamientos deben ser desarrollados y profundizados para describir, superando la mera calificación de conductas, la diferencia entre los mecanismos metodológicos del “sentido común” y los “científicos”.

A partir de estas reflexiones, fue propuesto un modelo de enseñanza [39] basado en la resolución de problemas de acuerdo a la metodología científica. Dicho modelo ha tenido influencia a nivel internacional sobre todo para orientar la educación media superior y superior.

También existen propuestas interesantes, como es la de Pozo [40], que combinan la transmisión de teorías y concepciones con la realización de actividades de descubrimiento. Se intenta que los alumnos hagan conciencia de sus concepciones, al mismo tiempo que se les genere un conflicto cognitivo, para que se den cuenta de las limitaciones que éstas tienen. Para Pozo, el conflicto o desequilibrio en las teorías y concepciones del alumno juega un papel fundamental para que éste acceda a una nueva forma de explicación; por tanto, él analiza distintos tipos de conflictos y su papel en el aprendizaje. Los cambios conceptuales deben entenderse como un objetivo de largo plazo en el aprendizaje de la ciencia.

Pozo sostiene, en su libro *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*, que las teorías de los niños son causales porque tienen un carácter explicativo y no sólo descriptivo. En contra de las posiciones espontaneístas, características de los seguidores de Piaget, mantiene que el aprendizaje de la ciencia no es algo intuitivo o incidental, sino consciente e intencional, que debe ser provocado y construido con un esfuerzo dirigido. Una vez generado el conflicto cognitivo es necesario dar información a los alumnos sobre las teorías alternativas que permiten resolver el conflicto.

Esta última propuesta, elimina la confrontación entre el aprendizaje por descubrimiento y el aprendizaje guiado, que era uno de los aspectos centrales del debate sobre la formación científica en los años sesenta. Se considera que es necesaria una combinación adecuada de guía, autonomía y confrontación de opiniones que parta de las concepciones de los alumnos, de tal modo que les permita recorrer un proceso para la construcción del conocimiento científico.

Dentro de la orientación constructivista, existe un debate mayor acerca de cómo plantear la enseñanza de las ciencias naturales en el nivel básico de la educación. Existen posiciones que consideran que no es conveniente que se enseñen ciencias naturales en la escuela primaria porque los alumnos no tienen el desarrollo intelectual requerido, y que por tanto, la educación básica sólo debe abocarse a sistematizar y darle coherencia a las concepciones de sentido común [32]. Por otro lado, se considera la posibilidad de aplicar los modelos de cambio conceptual y llegar hasta donde los alumnos puedan desarrollar sus nociones [40,41]. Existen también posiciones que sostienen que, en estas edades, el énfasis debe ser puesto en la formación de una actitud científica [25,41,42].

Sin embargo, todos los enfoques se apoyan, de una u otra manera, en la realización de actividades experimentales. Mientras que para el empirismo la actividad experimental se plantea en la escuela primaria como la vía para que los alumnos "descubran" los conceptos de la ciencia y desarrollen las actitudes y habilidades para utilizar el método científico, el objetivo de la realización de actividades experimentales en la primaria para algunos constructivistas (tomando en cuenta que es necesario un proceso para llegar a construir los conceptos actuales de la ciencia), es el de "la formación de una actitud científica, entendida ésta como la formulación de hipótesis

y su verificación posterior a través de las experiencias adecuadas, apoyándose y desarrollando la actividad espontánea de investigación de los niños" [25].

Desde la corriente constructivista, se considera que existe un proceso de desarrollo de las conductas de exploración que permite llegar a utilizar un método experimental riguroso. No se ha encontrado, sin embargo, un modelo lineal ni una jerarquía en la génesis de las conductas exploratorias. En la actividad exploratoria, el objeto a explorar determina la conducta del sujeto en mucha mayor medida que en otras áreas de la conducta estudiadas [25].

Acerca de la capacidad de verificar hipótesis como uno de los componentes fundamentales del método experimental, Christophides [43] encuentra que: "La aptitud del niño para proporcionar pruebas depende del problema que le planteemos, es decir del contexto experimental, en mayor medida que del estadio operatorio en que se encuentra. . . siendo capaces de aportar pruebas válidas aun que no estén en el nivel de operaciones formales".

Algunos trabajos, también de orientación constructivista, han desarrollado con más detalle el concepto de actitud científica, como el componente más importante de una formación científica. Para Giordan [41], la actitud científica es el punto hacia donde puede evolucionar una actitud explicativa (que está presente en todas las edades) cuando existe un proceso de desarrollo en cada uno de los parámetros en los que este autor la descompone, a saber:

- 1) Curiosidad. Ser capaz de plantearse preguntas durante el trabajo o el juego y tener deseos de conocer.
- 2) Creatividad. Saber considerar direcciones múltiples de razonamiento (inteligencia divergente) y encontrar soluciones nuevas ante una situación dada.
- 3) Confianza en sí mismo. Posibilidad de encontrar una solución por sí mismo.
- 4) Pensamiento crítico. Estar dispuesto a basarse en la experiencia (en sentido amplio) para volver a dudar de las representaciones personales así como de las afirmaciones recibidas de otros.
- 5) Actividad investigadora. Tratar espontáneamente de pasar de la intención al acto e intentar organizar una actividad que permita encaminarse hacia un objetivo buscado.
- 6) Apertura a los otros. Saber tener en cuenta a los otros tanto en lo que se refiere al pensamiento (comunicación) como a la acción (cooperación).
- 7) Toma de conciencia en la utilización del medio social y natural. En el curso del acercamiento al medio natural y a los seres vivos, y tener la intención de mantener la vida salvo exigencia contraria." [41]

Karmiloff e Inhelder [26] plantean que existe una tendencia en los niños a elaborar una teoría única lo más general y simple posible. Esta tendencia es la que conduce a la búsqueda de una coherencia conceptual en las representaciones que los sujetos se forman de los fenómenos de su medio ambiente.

En síntesis, en el panorama actual de investigación dentro de la línea constructivista de enseñanza de las ciencias naturales, domina la investigación psicopedagógica dirigida a estudiar las concepciones de los alumnos sobre temas científicos y el camino que siguen (en condiciones experimentales controladas) para la construcción de contenidos escolares específicos. Se trabaja también sobre el diseño de modelos alternativos de enseñanza de la ciencia, estudiando su aplicación en el aula [37,44]. Se trata de comprender, a partir de una propuesta diseñada por los investigadores y donde la participación del maestro es más o menos controlada por éstos, cuales son las intervenciones didácticas que en el ámbito escolar ayudan a que evolucionen las concepciones de los alumnos [45,46].

Al buscar otros factores que influyen sobre el aprendizaje, A.N. Perret-Clermont [47] encontró que los avances intelectuales de los niños dependen de su relación con el objeto de estudio, pero también, y en gran medida, de las posibilidades de que exista una interacción entre iguales para explicarse un fenómeno observado y transmitir a un tercero sus resultados [48]. Adquiere entonces nueva relevancia, la necesidad de fomentar la confrontación de diversas opiniones entre los alumnos, para hacer evolucionar sus ideas. Estos estudios de interacción colectiva, aunque todavía experimentales, presentan condiciones más cercanas a la situación escolar que los estudios experimentales de nociones científicas y por tanto, aportan más elementos útiles para hacer propuestas didácticas.

## 5. Del constructivismo individualista al constructivismo social

Ante la complejidad del fenómeno educativo en la escuela y la creciente conciencia de que no es posible trasladar al campo de la pedagogía las conclusiones que sobre el aprendizaje ha realizado la psicología, ni llevar los avances de la epistemología de la ciencia directamente al aula, se está adquiriendo conciencia de que es necesario estudiar la construcción del conocimiento en condiciones escolares.

Trabajos recientes, y cada vez con mayor consenso dentro de la investigación educativa, plantean que el aprendizaje significativo depende del contexto interactivo en el que es producido y no sólo de las ideas previas de los sujetos y de su evolución espontánea [49].

La construcción de nociones científicas no es la misma en una situación experimental, en la que el niño se enfrenta individualmente a una actividad experimental, que la que se puede realizar frente a la misma tarea en situación escolar, donde es clara la intencionalidad de enseñanza y está presente la trama interactiva con el maestro y los demás alumnos.

Por otro lado se empieza a hacer conciencia [50,35], de que el auge del constructivismo ha llevado a considerar el proceso de construcción del conocimiento como una actividad autoestructurante básicamente individual, que contrasta con los procesos de comprensión compartida, característicos de la situación escolar [51].

Piaget estudia los mecanismos por medio de los cuales los niños elaboran sus estructuras cognitivas en un proceso de relación con su medio natural. Para él, la interacción social juega un papel en el aprendizaje sólo si en el sujeto ya existen las

estructuras formadas en la interacción con el mundo físico. Esta posición fortalece la tendencia al trabajo individual del sujeto frente al mundo físico.

Para Vygotski [52], en cambio, el lenguaje constituye un medio para desarrollar el razonamiento del niño. El aprendizaje consiste en la interiorización de procesos sociales interactivos, por lo cual las tareas de cooperación y ayuda son importantes. No sólo la discusión y la confrontación, sino también la imitación, la guía y la demostración, permiten estimular los procesos internos de desarrollo abriendo una "zona de desarrollo potencial" (un andamiaje) por donde después el sujeto puede transitar para realizar las tareas individuales.

Según Vygotski la comprensión del mundo físico, está fuertemente influida por categorizaciones sociales que se realizan en un cierto contexto social y cultural y que a su vez influyen sobre las interpretaciones y las construcciones que se hacen del fenómeno natural. Para él y para Bruner [53], en la actualidad el conocimiento y el pensamiento humano son básicamente culturales.<sup>5</sup>

De acuerdo con estas concepciones, que compartimos, el conocimiento es una construcción social y para hacer propuestas de enseñanza de las ciencias naturales en la escuela es necesario comprender las características de la construcción social del conocimiento en el contexto escolar.

Actualmente, existen múltiples estudios sobre la construcción del conocimiento en la escuela desde enfoques lingüísticos [54,55], sociológicos y antropológicos [56-63]. Los últimos en incorporarse a los estudios del discurso en el aula han sido los psicólogos, quienes están más influidos por los estudios experimentales controlados que por los estudios basados en observaciones naturales.

Los científicos, como los psicólogos, acostumbrados a medir y cuantificar, desconfían de los análisis cualitativos e interpretativos de los enfoques socioculturales utilizados para estudiar el sistema de interacciones en el aula. Quizás por ello, los aportes y las consideraciones que los estudios socioculturales han realizado no han tenido todavía influencia en la investigación sobre enseñanza de las ciencias naturales.

Asumir una posición constructivista del aprendizaje escolar de las ciencias naturales, desde nuestro punto de vista, implica asumir el proceso de construcción del conocimiento científico como un proceso social que requiere el estudio de las interacciones comunicativas en el contexto propio de la educación: el salón de clases. En el aula no sólo los alumnos construyen su conocimiento; el maestro también es un sujeto constructor de su propio quehacer que parte de concepciones sobre la ciencia y su enseñanza. Dichas concepciones influyen sobre la interacción y pueden ser muy resistentes al cambio. Sin considerar esta dimensión, los procesos estudiados tienen poco que ver con las condiciones escolares, culturales y psicosociales que influyen en el proceso colectivo de construcción del conocimiento en la institución escolar. La misma institución escolar impone normas y condiciones a la enseñanza que es necesario tomar en cuenta y que también pueden ser modificadas con la participación de los actores del proceso educativo.

La investigación psicológica sobre la construcción de nociones científicas en un

<sup>5</sup>"Cada vez soy más consciente de que la mayor parte del aprendizaje es una actividad comunitaria, un compartir la cultura".

contexto experimental, aporta elementos de análisis para comprender porqué los alumnos no pueden entender ciertas concepciones. Asimismo, es de gran utilidad para orientar un trabajo paulatino de formación de maestros, pero no debe ser trasladada a modelos de como enseñar las ciencias naturales en un salón de clases.

## 6. Nuestra perspectiva actual de investigación sobre la enseñanza de las ciencias naturales

Después de una trayectoria [64] que comienza con la elaboración de los Libros de Texto Gratuitos de Ciencias Naturales para la educación primaria, en 1972, el equipo de enseñanza de las Ciencias Naturales que coordinó en el Departamento de Investigaciones Educativas del Centro de Investigación y Estudios Avanzados, integra la perspectiva etnográfica [61,65] con un enfoque constructivista [63] que considera la dimensión social de la elaboración del conocimiento científico, para estudiar la enseñanza del área desde la institución escolar, en este caso, la escuela primaria.

Tomando en cuenta que no se conocen suficientemente las prácticas educativas sobre las que se pretende influir, investigamos los procesos socio-culturales que tienen lugar en la escuela y que influyen sobre la enseñanza de la ciencia, como una tarea necesaria para tender los puentes indispensables entre la investigación didáctica y psicológica y el trabajo en el aula.

Con estas bases realizamos dos tipos de aproximación al estudio de la enseñanza de las ciencias naturales en el contexto escolar. Una investigación de las características que tiene la construcción del conocimiento científico en condiciones cotidianas en el salón de clases de la escuela oficial [63,65], y el estudio de las posibilidades de cambio de las formas de enseñanza a través de un proceso de trabajo con maestros de primaria, centrado en la reflexión colectiva sobre su propia práctica [67].

En este segundo trabajo, se estudian los procesos posibles de cambio de los maestros. A partir de la reflexión sobre registros etnográficos tomados de clases de ciencias naturales, los maestros detectan algunos problemas de su práctica. Con base en la discusión colectiva y con el apoyo de algunas lecturas teóricas, los docentes junto con los investigadores diseñan una clase donde se intenta resolver algunos de los problemas detectados por ellos mismos. Esta clase se experimenta, se toma registro etnográfico de ella y se vuelven a revisar colectivamente. De esta manera se ubica a los maestros, con el apoyo de los investigadores, como sujetos constructores de su proceso de transformación. También se estudian así las posibilidades de transformación de la institución escolar en un proceso paulatino que permite ir conociendo las normas y la lógica de la institución, los roles que juega cada sector y la cultura y tradiciones que pueden propiciar u oponerse a ciertos cambios.

En el trabajo sobre prácticas cotidianas [63,65], se parte de la idea de que las propuestas externas pueden modificar la realidad escolar, pero sobre todo, cuando se vinculan con y permiten desarrollar tendencias y relaciones existentes, al menos en germen, en la dinámica habitual del salón de clases. Por lo tanto se estudia, en la realidad escolar, cuales son estas situaciones que pueden servir de punto de partida para generar formas de trabajo científicamente más formativas. Se analizan

registros de clases de ciencias naturales haciendo una descripción de la dinámica de la interacción entre el docente, los alumnos y el contenido científico, para identificar las condiciones y el tipo de intervenciones didácticas del docente que propician la participación de los alumnos en la construcción del conocimiento sobre la ciencia, así como el desarrollo de sus actitudes científicas.

Algunos de los resultados de este trabajo son los siguientes:

- 1) El conocimiento sobre temas científicos se reconstruye colectivamente en el aula.<sup>6</sup>
- 2) La memorización de datos, la guía, la demostración o la información previa de las conclusiones a las que “hay que llegar”, no impiden el pensamiento divergente de los alumnos cuando su reflexión tiene un referente alternativo al razonamiento que demanda la dinámica de la interacción con el maestro, como son las actividades experimentales.
- 3) El razonamiento de los alumnos genera nuevas preguntas, permite formular explicaciones alternativas a las “dadas” y aporta argumentos de validación para las ideas propias. Esto ocurre cuando existe un factor afectivo y de intencionalidad como la necesidad de entender.
- 4) Es falsa la dicotomía de enseñar contenidos o enseñar métodos pues no es posible acercarse a los procedimientos científicos sin un contenido cognitivo y afectivamente significativo.
- 5) En la práctica educativa cotidiana existen estrategias docentes que propician el razonamiento de los alumnos y la expresión de concepciones alternativas como son:
  - retomar las preguntas de los niños e incluirlas en la dinámica de la clase.
  - devolver las preguntas para que los niños encuentren sus propias respuestas.
  - confrontar los distintos puntos de vista de los alumnos.
  - incorporar los errores como parte del proceso de construcción del conocimiento y no descalificarlos.
  - introducir dudas a la información considerada como evidente.
  - dar posibilidades de imaginar varias explicaciones alternativas.
  - solicitar pruebas y argumentos de las afirmaciones de los niños.
- 6) La utilización de estas estrategias por el docente, depende de una relación abierta con el conocimiento así como de factores anímicos y motivacionales como:

---

<sup>6</sup>El maestro retoma los planteamientos de los libros de texto y los modifica (por ejemplo, transformando los problemas en demostraciones). Los alumnos negocian el conocimiento presentado, aportando sus concepciones y alterando la dinámica de la interacción cuando el contenido resulta significativo para ellos.

- interés porque los niños entiendan.
- actitud reflexiva frente a la interacción con los alumnos.
- dejarse sorprender y estar abierto frente a lo imprevisto.
- seguir el razonamiento de los alumnos.
- asumir la tarea docente como una fuente de aprendizaje.
- seguridad en el conocimiento propio pero respeto por el ajeno.

Este tipo de estudio puede dar pistas muy importantes para comprender la relevancia de ciertas intervenciones didácticas de los maestros para la construcción del conocimiento. Esta información no ha sido tomada en cuenta en las propuestas constructivas y sin embargo muestra su validez en condiciones escolares.

Pensamos que este tipo de investigaciones presentadas a los docentes que tienen interés por mejorar su forma de enseñanza, les permiten tener un referente real de cuales son las actitudes más positivas para propiciar el proceso colectivo de construcción del conocimiento en el aula. Mostrar la capacidad de los alumnos de elaborar explicaciones coherentes y de desarrollar actitudes científicas en la argumentación de sus concepciones y en la incorporación de otras opiniones, puede resultar de gran utilidad para que los maestros sigan la lógica de los alumnos y apoyen su proceso de reflexión.

Además de los resultados de la investigación que nos permiten ir entendiendo ese complejo y rico mundo de la enseñanza escolar, actualmente estamos en mejores condiciones de realizar proyectos de desarrollo en enseñanza de las ciencias naturales donde se pueden integrar algunos resultados de la investigación a la elaboración de material didáctico<sup>7</sup> con un conocimiento sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje que no se tenía en otros tiempos.

## Referencias

1. Shulman, L.S. y P. Tamir, "Research on teaching in the natural sciences" en: W. Travers Ed. *Second Handbook of Research of Teaching*, Rand McNally, Chicago (1973).
2. Bruner, J., *Hacia una teoría de la instrucción*. UTEHA, México, núm. 373 (1969).
3. Ausubel, B.P., *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, Trillas, México (1978).
4. Rachelson, S., "A question of balance: a wholistic view of scientific inquiry" en: *Science Education* 1 (1977).

---

<sup>7</sup>Con enfoque constructivista y tomando en cuenta algunas de las características de la labor docente que se encontraron en los estudios etnográficos realizados [63,66], así como de registros etnográficos del trabajo que se realiza en el aula de las escuelas comunitarias de rancherías de diversas comunidades del país, en el DIE se elaboró el material para educación básica en escuelas unitarias del medio rural: "Dialogar y descubrir: Manual del instructor comunitario" Niveles I y II (de 1o. a 4o. grado) del Consejo Nacional de Fomento Educativo. Actualmente se está elaborando el manual para el instructor y cuadernos de trabajo para los niños de nivel III (5o. y 6o. grado).

5. Gil, Pérez D., "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias" *Enseñanza de las ciencias I* (1983) 23-33.
6. Hodson, D., "Philosophy of science, science and science education" en: *Studies in Science Education* 12 (1985) 25-57.
7. White, R.T. y Tisher, R.P., "Research of natural sciences", en: M.C. Wittrock Ed, *Handbook of Research on Teaching*, 3rd. Edition, Mac Millan, New York (1986).
8. Shulman, L.S., "Reconstruction of educational research" en: *Review of Educational Research* 40 No. 3 (1970).
9. Yager, R.E. y J.E. Penick, "Análisis de los problemas actuales de la ciencia en la escuela en los Estados Unidos", en: *European Journal of Science Education* 5 (1983).
10. Eggleston, J., *Sociología del currículo escolar*, Edit. Troquel, Buenos Aires (1980).
11. Veinnot, L., "Spontaneous reasoning in elementary dynamics" en: *European Journal of Science Education* 1 No. 2 (1979).
12. Mc Dermont, L.C., "Critical review of research in the domain of mechanics" en: *Research on Physics Education* (1984).
13. Phillips, S., "Acquisition of rules for appropriate speechusage" en: J. Alatis (comp.) *Bilingualism and Language Contact*, Washington D.C. Univ. Press. Georgetown.
14. Dewey, J., *Democracy and education*, Free Press, New York (1946).
15. Kuhn, T., *La estructura de las revoluciones científicas*, Breviarios del Fondo de Cultura Económica, México (1971).
16. Hanson, N., *Patterns of discovery*, Cambridge University Press, Cambridge, England (1958).
17. Lakatos, I., "Falsification and the methodology of scientific research programmes" en: *Criticism and the Growth of Knowledge*, I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.) Cambridge University Press, Cambridge (1970).
18. Canguilhem, G., "La connaissance de la vie" en: *El oficio del sociólogo* de P. Bourdieu, J.C. Chamboredon y J.C. Passeron, Siglo XXI Editores, México (1975).
19. Hampel, G.G., *Filosofía de la ciencia natural*, Alianza, Madrid (1977).
20. Feyerabend, P., *Contra el método: Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, Ariel, Barcelona (1975).
21. Novak, J.D., "The importance of emerging constructivist epistemology for mathematics education" en: *Journal of Mathematical Behavior* 5 (1986).
22. Piaget, J., *Psicología y pedagogía*, Edit. Ariel, Barcelona (1969).
23. Coll, D., "Las aportaciones de la psicología a la educación: el caso de la teoría genética y de los aprendizajes escolares" en: *Psicología Genética y Aprendizajes Escolares*, C. Coll (Comp.), Siglo XXI, Madrid (1983).
24. Ferreiro, E., "Psicogénesis y educación", Ponencia presentada en el Coloquio de Educación, Posgrado de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. (1985).
25. Coll, C., *La conducta experimental en el niño*, Edit. CEAC, Barcelona (1978).
26. Karmiloff, A. y B. Inhelder, "Si quieres avanzar, hazte con una teoría". *Cognition International Journal of Cognitive Psychology* 3 No. 3, Elsevier Secuola S.A., Lausanne (1975).
27. Bachelard, G., *La formación del espíritu científico*, Siglo XXI, México (1981).
28. Driver, R., "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos" en: *Enseñanza de las Ciencias* 4 No. 1 (1986).
29. Driver, R. y Erickson G., "Theories into action: some theoretical empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science" en: *Studies in Science Education* IV (1983) 37-70.
30. Osborne, R. y Gilbert, J., "Science teaching and children views of the world" en: *European Journal of Science Education* 5 No. 1 (1983) 1-14.
31. Núñez, M.S., M. Solé y A.I. León, "Desarrollo de un modelo de enseñanza de las

- ciencias experimentales y la tecnología en la escuela primaria”, Informe General (8 vols), DIE-Cinvestav-IPN, México (1983).
32. Gil Pérez, D., “La metodología científica y la enseñanza de las ciencias, unas relaciones controvertidas” en: *Enseñanza de las Ciencias* 4 No. 2 (1986).
  33. Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A., “Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change”, en *Science Education* 61 (1982).
  34. Cañal, P. y Porlan, R., “Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo” en: *Enseñanza de las Ciencias* 5 No. 2 (1987).
  35. Coll, C., “Acción, interacción y construcción del conocimiento en situación escolar” en: *Revista de Educación* 279 (1986) 9-25, España.
  36. Gil, Pérez, D. y J. Carrascosa, “Science learning as conceptual and methodological change” en: *European Journal of Science Education* 7 No. 3 (1985).
  37. Giordan, A., “Para una educación científica, cambiar la relación del alumno con el saber” en: *Raison Presente* 41 (1983)
  38. Averbuj, E., “Entre la razón y el placer” en: *Cuadernos de Pedagogía*, Año VI, Núm. 67-68, (1980).
  39. Gil Pérez, D. y J. Martínez-Torregrosa, “A model for problem solving in accordance with scientific methodology” en: *European Journal of Science Education* 5 No. 4 (1983).
  40. Pozo, J.I., *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*, Aprendizaje Visor, Madrid (1987).
  41. Giordan, A., *La enseñanza de las ciencias*, Siglo XXI, Madrid (1982).
  42. Morckus, A., “Formación básica y actitud científica”, en: *Educación y Cultura* 17 (1989) 11-16.
  43. Christophides, A. y C. Coll, “L’enseignement des sciences experimentales a l’école primaire: perspectives piagetianes”, Université de Genève. Communication Présentée au Séminaire International pour l’enseignement de la Physique. Montpellier (1976).
  44. Giordan, A., “Observación-experimentación: pero ¿cómo aprenden los alumnos?”, en: *Infancia y Aprendizaje* 13 21-33 (1981).
  45. Pontecorvo, C., “Scienza dei bambini, pensiero dei bambini: di che cosa si tratta?” en: *I Quaderni di Villa Falconieri* 6, Frascati, CEDE (1985).
  46. Coll, C., “Por una opción constructivista de la intervención pedagógica en el currículo escolar” en *Psicología y Educación*, Aprendizaje-Visor, España, (1987).
  47. Perret-Clermont, A.N., “Perspectivas psicosociológicas del aprendizaje en situación colectiva” en: *Infancia y Aprendizaje* 16 (1981) 29-41.
  48. Coll, C., “Estructura grupal, interacción entre alumnos y aprendizaje escolar” en: *Infancia y Aprendizaje* 27-28 (1984) 119-138.
  49. Cicourel, A., “Some basic theoretical issues in the assessment of the child’s performance in testing and classroom settings” en *Lenguaje Use and School Performance* (1974).
  50. Bruner, J., *Acción, pensamiento y lenguaje*. Alianza Psicología, Madrid (1984).
  51. Edwards, D. y Mercer, N., *El conocimiento compartido: El desarrollo de la comprensión en el aula*. Paidós/MEC España (1988).
  52. Vygotski, L.S., “Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar” en *Infancia y aprendizaje* 27-28 (1984) 105-116.
  53. Bruner, J., *Realidad mental y mundos posibles*. Edit. Gedisa, Barcelona, España (1988).
  54. Sinclair, J. y Coulthard, R., *Towards an analysis of discourse: The English used by teachers and pupils*. Oxford University Press. Londres.
  55. Stubbs, M., *Lenguaje y escuela*, Cincel, Madrid (1984).

56. Young, M., *Knowledge and control: new directions for the sociology of education*. Collier-Macmillan, Londres (1971).
57. Hammersley, M., "Classroom ethnography", en *Educational Analysis* 2 No. 2, 47-74 (1980).
58. Erickson, F., "Métodos cualitativos en investigación de la enseñanza" en Wittrock, M. *La investigación de la enseñanza II*. Paidós Educador-MEC (1989), 195-246. Publicado originalmente en: *Handbook of Research on Teaching*. Ed. Macmillan Publishing Co. New York (1986).
59. Edwards, V., "Los sujetos y la construcción social del conocimiento escolar en primaria: un estudio etnográfico". Tesis de maestría, Departamento de Investigaciones Educativas, Cinvestav-IPN (1985) México.
60. Paradise, R., "Socialización para el trabajo: la interacción maestro-alumno en el salón de clase", Tesis de maestría, *Cuadernos de Investigación Educativa* 5 DIE-Cinvestav-IPN (1979) México.
61. Rockwell, E. y Gálvez, G., "Formas de transmisión del conocimiento científico, un análisis cualitativo" en: *Educación* 42, Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación, (1982) 97-139.
62. Hernández, J., "La enseñanza de las ciencias naturales: (re) descripción de una experiencia cotidiana y una resignificación del conocimiento escolar". Tesis de Maestría, DIE-Cinvestav-IPN, (1989) México.
63. Candela Ma. A., "La necesidad de entender, explicar y argumentar: Los alumnos de primaria en la actividad experimental". Tesis de Maestría, Departamento de Investigaciones, Cinvestav-IPN, (1989) México.
64. Candela, M.A., "Los libros de texto gratuitos y la enseñanza de las ciencias" en: *Avance y Perspectiva* 37 (1989) 5-13.
65. Rockwell, E., "Etnografía y teoría de la investigación educativa". *Documentos*, Departamento de Investigaciones Educativas, México (1982).
66. Candela, M.A., "Investigación etnográfica en el aula: El razonamiento de los alumnos en una clase de ciencias naturales en la escuela primaria" en: *Investigación en la Escuela* 11 (1990) 13-23.
67. León, A.I. y N. Venegas, "En busca de espacios de reflexión para maestros y alumnos" en: A. Candela, A.I. León y N. Venegas (comps.), *Módulo Científico-Tecnológico del Plan de Actividades Culturales de Apoyo a la Educación Primaria*, SEP (1987) México.

**Abstract.** This paper is a review of the most important currents in science education research from the 60's to our days. The work describes the main ideas of the current "learning by discovery" and the results of its application in curriculum development. The difficulties in changing the ways of teaching science in the classroom are also summarized.

This review presents the principal arguments against empiricism in science education, and some of the research and conceptions that had been developed with a constructivistic perspective are analyzed.

The last part of the work presents some notes about our present research in science education in the elementary school context.