
El cambio conceptual y el “viaje” de la ciencia a la escuela

María Teresa Martínez, Susana Beatriz Gareca y Silvia Isabel Radulovich

Facultad de Humanidades

Esta monografía es una exploración no exhaustiva por la literatura sobre cambio conceptual e intenta aproximar relaciones entre las investigaciones sobre el tema, las grandes líneas epistemológicas sobre “conocer el conocimiento” y algunas posibles incidencias de todo ello a nivel de la epistemología del docente y de la enseñanza de las ciencias naturales.

La pretensión central del trabajo es señalar puntos críticos de ruptura y/o de enlace entre los campos de producción y de pedagogización del saber, sin identificar escenarios específicos, lo que será objeto de otro análisis.

Mucho se ha escrito acerca de la ineficacia de la escuela (no sólo en nuestro país) para la enseñanza de las ciencias, porque los alumnos no “saben” sus contenidos ni durante ni después de la escolarización.

Sin embargo, no hay uniformidad de interpretaciones acerca de por qué esto es así. En ámbitos políticos sobre todo, pero también en los académicos, es frecuente adjudicar a los docentes la responsabilidad central por este estado de cosas (insuficientes días de clase por huelgas, o formación inicial deficiente, entre otras razones). Resulta por lo menos reduccionista descargar en un sólo factor interviniente toda la explicación aunque, por supuesto los docentes no sean ajenos a ella. Este trabajo explorará la posible incidencia de una dimensión en la situación planteada: líneas metodológicas que pueden resultar estratégicas a nivel didáctico, para promover una reconstrucción/comprensión del conocimiento científico en la escuela.

Este conocimiento resulta fundamental para la existencia de la escuela como institución, dado su sentido de “transmisora del saber y de la cultura de la humanidad”. Este enunciado no deja de lado la formación de actitudes críticas

y/o las reconstrucciones situacionales de muchos procesos y producciones culturales. Llegamos aquí a la cuestión central en relación con la “eficacia” de la escuela: *¿Qué relación hay entre los “conocimientos” que circulan en la escuela y los que produce cada campo científico?*

Considerando todo el trabajo acerca de la “transposición didáctica” desarrollado por los franceses en el campo de la enseñanza de la Matemática, poco puede agregarse. Es decir: se plantean grandes **diferencias** entre la producción y la transmisión del conocimiento, en ocasiones, hasta diferencias de **naturaleza** en el conocimiento enseñado. Por lo que podemos afirmar que no hay identidad entre conocimiento científico producido y contenido de enseñanza y/o enseñado. Pero, ¿tendría que haberla? ¿acaso queremos formar pequeños científicos?

Aunque no es el objetivo de este trabajo discutir los fines de la educación institucionalizada, se abordará lateralmente a lo largo del mismo. En cambio, la propuesta es: **explorar/ reflexionar/ discutir algunas posibles relaciones entre el conocimiento como producción propia de la ciencia y como objeto de estudio en la escuela** (particularmente, los contenidos de Ciencias Naturales). Cómo se plantea a nivel de los procesos base de una situación didáctica: I) en el proceso de **aprendizaje** y II) en el proceso de **enseñanza**, a la vez, se enuncian algunas interpretaciones sobre las relaciones probables entre ambos procesos.

Tomando como referencia epistemológica algunas teorías relevantes acerca del conocimiento científico (cómo se produce, como progresa), se exploran algunas posiciones acerca del aprendizaje como cambio conceptual y algunas líneas estratégicas o principios metodológicos para la enseñanza de las ciencias, que podrían promover el aprendizaje como actividad de investigación, acercando más el conocimiento científico al conocimiento escolar.

El cambio conceptual es tomado como una modificación significativa, no contingente, en un campo de conocimiento, que mejora el poder explicativo de conceptos rivales/vigentes, y que se desarrolla a lo largo de la historia de cada ciencia, ya que (...) *lo propio de los conceptos no es ser verdaderos o falsos, sino pertinentes y aplicables; correspondientemente, lo propio de las innovaciones conceptuales es ser “pertinentes” de modo más exacto, más preciso o con mayor detalle, y “aplicables” con mayor generalidad, más extensamente o más incondicionalmente* (Toulmin, 1977: 232).

I. ENFOQUES DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

En esta primera parte se pretende ofrecer una visión histórica de algunos aspectos destacables, aunque parciales, de la naturaleza de la ciencia y del co-

nocimiento científico. A tal fin se analizarán y compararán las concepciones de pensadores y corrientes representativas de diferentes epistemologías, acerca de cómo la ciencia produce, modifica e incrementa el conocimiento científico.

Pretender **conocer el conocimiento** es un desafío muy ambicioso. El ser humano en su doble dimensión, como sujeto que conoce y como posible objeto de conocimiento, plantea una serie de problemas concomitantes, tanto filosóficos, científicos como metodológicos, que se encuentran presentes de manera relevante en la historia del pensamiento humano.

Uno de los problemas que se plantean la filosofía de la Ciencia y la epistemología es el de los cambios científicos. Existen diferentes posiciones al respecto:

1. La visión heredada de la ciencia

Algunos conciben a la ciencia como infalible, aunque esta concepción después de Popper, es prácticamente indefendible. Pero pueden encontrarse vertientes modificadas que giran en torno de la convicción de la infalibilidad de la ciencia. Explican **el cambio científico por medio de la acumulación**. Los conocimientos se van acumulando. Según se adicionan nuevos conocimientos la ciencia va cambiando.

El **empirismo moderno** surge en Inglaterra con Francis Bacon. Para esta postura **toda ciencia debe fundarse en la experiencia**, siendo la **observación y la experimentación** los puntos de partida seguros para construir explicaciones científicas. Plantea el **método inductivista** como único método científico válido.

Por su parte John Locke desarrolla la **teoría gnoseológica empirista** la que parte del supuesto de que **todo conocimiento deriva de la experiencia sensible**. Con **David Hume**, el **empirismo inglés alcanza su desarrollo más acabado** (García y otros, en Díaz, 1996).

El **razonamiento inductivista**, responde a las siguientes proposiciones: la observación fidedigna y sin prejuicios de algún aspecto, hecho o fenómeno de la realidad permite al observador establecer enunciados observacionales verdaderos, éstos enunciados singulares se convertirán en enunciados generales, o leyes universales, a través de un proceso de inferencia y generalización que deberá cumplir las condiciones siguientes: que el número de enunciados singulares obtenidos por la observación directa sea suficientemente grande; que se hayan obtenido en una variedad de condiciones y que ninguno de ellos entre en contradicción con la ley universal que se persigue (Chalmers, en Porlán, 1993).

La falacia de este razonamiento se da al no poder establecer en la práctica, los enunciados observacionales de todos los casos posibles de un mismo hecho. Un ejemplo de ello es el famoso “pavo inductivista” de Russel (en Porlán, 1993: 319).

El razonamiento inductivo presupone, además, **la factibilidad de una observación imparcial**, en tanto que, ni la experiencia personal, ni los conocimientos anteriores, ni las emociones, ni los sentimientos afectarán a un observador científico experimentado, en el momento de realizar la observación.

Los **positivistas lógicos**, como continuadores del empirismo clásico argumentaron que sólo las demandas del conocimiento que se basan directamente en la experiencia son genuinas, por lo tanto una proposición es significativa sólo si se puede verificar empíricamente. El instrumento de análisis que utilizan es la **lógica simbólica** de los principios matemáticos (“precisión cuantitativa”, para Russell).

Los enfoques empírico-inductivistas (visión clásica) que acabamos de describir son falseados por la historia de la ciencia, en la cual se registran errores aceptados como verdades, cambios de rumbos, choque o supervivencia de teorías rivales, así como el triunfo de algunas teorías en detrimento de otras (que se olvidan para siempre, a pesar de haber estado vigentes mucho tiempo). Por lo tanto, **no siempre el conocimiento es acumulación**.

2. La filosofía contemporánea de la ciencia

En oposición al pensamiento absolutista, de la ciencia clásica, que destaca la observación como fuente del conocimiento verdadero, la nueva Filosofía de la Ciencia reconocerá que toda observación está dirigida por alguna teoría o marco conceptual previo.

2.1. Modelos científicos de transición

Según **Popper, la ciencia cambia porque progresa**. La ciencia avanza por ensayo y error, por conjeturas y refutaciones. Cada superación de un error, cada refutación de una conjetura por medio de otra conjetura más audaz, representa un progreso. Popper entiende por progreso “avance hacia la verdad”, acercamiento hacia ella. Además da por sentado que la verdad existe, y que es dable a la ciencia acceder a ella.

Popper (1934, 1963) considera que la alternativa al razonamiento inductivo existe en la medida que se tenga en cuenta que toda observación se hace

desde el marco de alguna teoría. Desde esta postura, el problema de la objetividad de la ciencia estaría centrada en construir libremente conjeturas e **hipótesis especulativas y provisionales** para solucionar los problemas científicos y, posteriormente someterlas a un riguroso **proceso de falsación** o refutación a la luz de procedimientos observacionales y experimentales.

La propuesta de **Popper** será en consecuencia, **antiempirista, antivericacionista, antiinductivista**. Para este autor, el conocimiento científico es refutacionista e hipotético-deductivista, configurando lo que llamó “**racionalismo crítico**”.

Toulmin, haciendo una crítica al pensamiento popperiano, afirma que: *La fuente última de sus normas racionales para juzgar los argumentos y los procedimientos científicos, por ende, sigue siendo en su totalidad un conjunto de condiciones generales a priori, impuestas a todo razonamiento científico desde fuera por su definición, en última instancia arbitraria de lo que debe considerarse como una hipótesis, una teoría o un concepto científico* (1977: 482).

Es evidente la enorme contradicción del argumento falsacionista que hace depender la refutación de una hipótesis. En ese sentido, Chalmers, afirma que “las teorías no se pueden falsar de modo concluyente, porque los enunciados observacionales que sirven de base a la falsación pueden resultar falsos a la luz de posteriores progresos” (1984: 93).

Lákatos desarrolló su idea de la ciencia en un intento por mejorar el falsacionismo popperiano y por superar las objeciones hechas a éste. Apoyó plenamente el objetivismo de Popper y pretendió que su metodología de los programas de investigación científica constituyeran una explicación objetivista de la ciencia. Habló del *desfase entre el conocimiento objetivo y sus reflejos distorsionados en las mentes de los individuos (...)* Pero el valor científico, objetivo, de una teoría es independiente de la mente humana que la crea o la entiende (Lákatos, en Chalmers, 1988: 170).

Lákatos considera las teorías como realidades estructuradas, una teoría no vale por sí misma sino que está estructurada con todos los elementos que entran dentro de un sistema científico. Fundamenta esta afirmación con los siguientes argumentos:

La historia de la ciencia da cuenta de diferentes métodos, (al igual que Kuhn) porque la historia de la ciencia demuestra que hay varios métodos interaccionando, para que se despliegue una teoría. Por ejemplo, la Teoría Copernicana se hizo con una variedad de métodos. Está en contra de Popper en cuanto dice que el método de la ciencia es uno y absoluto y que toda disciplina que no siga el método hipotético-deductivo no es ciencia.

La observación depende de la teoría (en contra del inductivismo), por lo tanto los conceptos o significados que la integran serán más precisos cuanto más precisa sea la teoría que los contiene.

Las distintas teorías que estructuran una teoría general tienen que ser coherentes entre ellas.

La ciencia necesita desarrollarse siguiendo indicaciones y prescripciones que guíen la investigación. Esto es lo que Lákatos llama "**Metodología de los programas de investigación científica**". Destaca como fundamental la "heurística", arte de la adivinación, de la invención, dentro de la investigación.

La característica definitoria de un programa es su núcleo central. Toma la forma de hipótesis teóricas muy generales que constituyen la base a partir de la cual se desarrolla el programa... Cualquier insuficiencia en la confrontación entre un programa de investigación articulado y los datos observacionales no se ha de atribuir a los supuestos que constituyen el núcleo central sino a alguna otra parte de la estructura teórica (Chalmers, 1988: 116). **El cinturón protector** es una estructura conformada por una suerte de **laberinto de supuestos teóricos**. Se trata de hipótesis auxiliares explícitas que completan el núcleo central y lo protegen de falsaciones.

Desde esta perspectiva hay libertad para desarrollar el cinturón protector, siempre que no se afecte al núcleo central y que se ofrezca la posibilidad de hacer nuevas comprobaciones y descubrimientos que permiten el progreso del programa.

En todo programa de investigación científica hay una **heurística positiva y una negativa**. **La heurística negativa de un programa se basa en la exigencia de que no se pueden rechazar ni modificar los supuestos básicos subyacentes al programa**, es decir, a su núcleo central. Cualquier científico que modifique el núcleo central se apartará de ese determinado programa de investigación. En el párrafo anterior encontramos un supuesto en contra de Popper, en cuanto que si se rechaza un enunciado observacional se refuta la teoría. La historia de las ciencias nos muestra que muchas veces hay falsación de enunciados observacionales y la teoría sigue adelante.

Por otra parte, los programas de investigación serán **progresistas o degenerativos** según consigan o no conducir al descubrimiento de fenómenos nuevos. O sea, que **el conocimiento se encuentra en un proceso de desarrollo constante**, de este modo un programa que degenera dará paso a un rival más progresista. Para Lákatos, las teorías tienen altibajos, la investigación científica tiene un carácter autocorrectivo.

Esta visión de la ciencia, aporta una idea central para la nueva filosofía de las ciencias: **las teorías son resistentes al cambio**.

2.2. La imagen relativista de la ciencia

Thomas Kuhn (1922) coincide con Popper en que **la ciencia siempre parte de problemas**, que se origina en un conflicto no resuelto. Pero se va a oponer al resto de la postura popperiana en cuanto al progreso de la ciencia.

Kuhn concibe a la **Ciencia normal** como la actividad de resolver problemas gobernados por las reglas de un paradigma. Al igual que Lákatos, concibe a **las teorías** como estructuras complejas y las denomina **paradigmas**.

Este autor llama **pre-ciencia** al momento en el que las teorías científicas no pueden solucionar los problemas existentes. Cuando por fin se logra imponer una solución, aceptada por la comunidad científica, se inicia una etapa de **ciencia normal** bajo el reinado del paradigma vencedor. Es decir que la desorganizada y diversa actividad que precede a la formación de una ciencia se estructura y dirige finalmente cuando una comunidad científica se adhiere a un solo paradigma.

"Los paradigmas están constituidos por algunos principios metafísicos muy generales (cosmovisiones), por un conjunto de leyes y supuestos teóricos (el equivalente al núcleo central de los programas de investigación de Lákatos), por algunas prescripciones metodológicas globales, y por normas y técnicas instrumentales que permiten aplicar las leyes fundamentales a situaciones diversas del mundo real" (Porlán, 1993: 37).

Los que trabajan dentro de un paradigma practican ciencia normal. La ciencia normal articulará y desarrollará el paradigma en su intento por explicar y acomodar el comportamiento de algunos aspectos importantes del mundo real, tal y como se revelan a través de los resultados de la experimentación.

Uno de los planteamientos más controvertido, de esta descripción histórico-social del cambio conceptual, es la posición de Kuhn en cuanto que los científicos cambian de paradigma sin criterios racionales, a manera de **un cambio de gestalt**, argumentando que no existen planteamientos lógico-formales que demuestren la superioridad de un paradigma sobre otro.

Cuando comienzan a producirse fracasos en la aplicación del paradigma vigente y los mismos se hacen intolerables -**anomalías**- se produce una crisis **en la ciencia**. Durante la crisis se intentan nuevas soluciones. La crisis se resuelven cuando surge un paradigma completamente nuevo que se gana la adhesión de un número de científicos cada vez mayor, hasta que finalmente se abandona el paradigma original, acosado por problemas. En esta instancia se produce un choque entres teorías rivales, una revolución científica. El nuevo paradigma lleno de promesas y no abrumado por dificultades en apariencia insuperables, guía entonces la nueva actividad científica normal hasta que choca con serios problemas y aparece una nueva crisis seguida de una nueva revolución.

Para Kuhn, la mayor racionalidad de una teoría está en el hecho de que “vence” a otra (Díaz, 1992). El éxito se produce dentro de una reestructuración que no obedece a un acercamiento a la verdad, sino a un **cambio de paradigma**.

De acuerdo a lo anterior, el desarrollo de la ciencia no presenta un progreso, sino cambios. Kuhn acepta la noción de progreso únicamente en los límites de un mismo paradigma, de ningún modo entre un paradigma y otro. **El cambio de la ciencia, para este autor, obedece a revoluciones científicas.**

Como puede deducirse, Kuhn desarrolla un punto de vista revolucionario para describir el progreso científico y el cambio conceptual. Así **la ciencia se caracteriza más por los paradigmas de las comunidades de científicos que por su unidad metodológica.**

Las concepciones revolucionarias de Kuhn fueron encuadradas por innumerables autores, en el marco de un cierto **relativismo** moderado o ambiguo, en contraste con las ideas absolutistas que suponen la existencia de principios fijos e inmutables de racionalidad. La ingeniosa combinación de períodos absolutistas y dogmáticos con períodos relativistas y anárquicos ha colocado a la obra de Kuhn en el centro del debate epistemológico en los últimos 30 años y ha permitido, por fin, incorporar en él factores históricos, psicosociales e ideológicos determinantes para comprender la influencia de las variables subjetivas y contextuales en el desarrollo del conocimiento científico (Porlán, 1993).

El planteo de Kuhn tiene varias críticas. A pesar de ello, Esther Díaz piensa que puede usarse el concepto de paradigmas por “fértil”. Sin embargo su utilización en las ciencias sociales, no es tan correcto ya que nunca hubo en éstas un consenso general. Para Kuhn las Ciencias Sociales no tuvieron nunca un paradigma, porque no se llegó nunca a un consenso. Sólo se da en las ciencias naturales.

2.3. La imagen evolucionista del conocimiento

Toulmin (1977) adopta un enfoque ecológico para explicar el desarrollo del conocimiento humano, propone un macroconcepto: **la ecología intelectual**. De acuerdo a esta concepción, las cuestiones de imparcialidad y de juicio racional ya no deben ser consideradas en términos lógico-formales sino en términos ecológicos y contextuales. La adopción de este modelo implica sustituir el análisis sistemático de las actividades cognitivas por **un análisis poblacional y sistémico de las mismas** (Porlán, 1993).

La originalidad de Toulmin, según Porlán (1993), radica en aplicar el mismo esquema teórico de Darwin para explicar la evolución de las especies, a las poblaciones conceptuales. Parte de la hipótesis que *la teoría populacional dar-*

winista de la “variación y selección natural” es un ejemplo de una forma más general de explicación histórica, y en este mismo esquema es también aplicable, en condiciones apropiadas, a entidades y poblaciones históricas de otros tipos (Toulmin, 1977: 145).

Es decir, que la evolución de los conceptos es, al igual que la evolución de las especies, un ejemplo concreto del modelo general de evolución y cambio basado al mismo tiempo en la existencia de distintas variantes en competencia, dentro de un conjunto poblacional dado, y en la existencia, también, de mecanismos ambientales que, a manera de presión exterior, seleccionan las variedades mejores en relación con un determinado contexto espacio-temporal. Al decir de Toulmin, *dentro de una cultura y época particular, las actividades intelectuales de los hombres no forman una gama continua desordenada. Por el contrario, caen en disciplinas más o menos separadas y bien definidas. Pero cada disciplina, aunque mutable, normalmente exhibe una continuidad reconocible... Una explicación evolutiva del desarrollo conceptual, por consiguiente, tiene que explicar dos caracteres separados: por un lado, la coherencia y continuidad por la que identificamos las disciplinas como distintas y, por otro, los profundos cambios a largo plazo por los que se transforman o son superadas* (Toulmin, 1997: 149).

De lo anterior se evidencian dos conceptos antagónicos: **continuidad y cambio poblacional**, conceptos ante los que, tanto Darwin, como después Toulmin, aplican un pensamiento dialógico, que les permite proponer un equilibrio entre la continua emergencia de innovaciones y la selección permanente de las mismas (“selección” supone una metáfora de elección). En otros términos, cuando se necesita solucionar un problema específico no resuelto, se plantean una serie de exigencias teóricas y prácticas a determinadas poblaciones conceptuales. Esto produce una presión selectiva sobre las variantes conceptuales acordes a dichos problemas. Pueden suceder dos cosas: el abandono de las variantes aceptadas, y su cambio por innovaciones más ventajosas, o bien, la perpetuación, sin cambios, de las mismas. Todo depende del juicio crítico del medio intelectual local. Por lo tanto, *la continua emergencia de innovaciones intelectuales (entendidas como “acervo de problemas no resueltos” de la ciencia implicada) se equilibra así con un continuo proceso de selección crítica. Este proceso dual sólo puede engendrar un acentuado cambio conceptual en determinadas condiciones. Las cuestiones problemáticas, pues, se relacionan con las condiciones en que tales novedades pueden probar “ventajas” y, de tal suerte, conquistar un lugar en el conjunto atinente de ideas. Nuevamente deben existir adecuados “foros de competencia” dentro de los cuales las novedades intelectuales puedan sobrevivir durante un tiempo suficiente para mostrar sus méritos o sus defectos, pero en el cual también son criticadas y escudriñadas con*

suficiente severidad como para mantener la coherencia de la disciplina (Toulmin, 1977: 150).

(...) *Las disciplinas científicas, como las especies orgánicas, son “entidades históricas” en evolución y no “seres eternos”* (1977: 150). La unidad y coherencia de una disciplina científica no exige que sus ambiciones intelectuales sean eternas e inmutables, sino sólo que mantenga una continuidad suficiente. No obstante, afirma este autor, cuando las mismas estrategias intelectuales de una ciencia sufren reevaluaciones, todo el proceso de juicio intelectual toma una nueva forma. Las decisiones estratégicas finales deberán ser materia de juicio individual por los **“jueces” científicos autorizados**. Las restricciones objetivas que gobiernan el fructífero desarrollo de los conceptos y las teorías científicas, no se relacionan con cuestiones lógicamente simples, sino con problemas de una variedad mucho más compleja, pero no menos fáctica.

El razonamiento de Toulmin, en ese sentido, es que **si el conocimiento cambia, los criterios de evaluación del mismo también**. Rechaza los criterios formales y abstractos como paradigma de la racionalidad, sustituyéndolos por otros, acordes con la multiplicidad conceptual. *Las teorías, los conceptos y los sistemas conceptuales específicos son productos transitorios o disecciones de ciencias totales en desarrollo histórico* (Toulmin, 1977: 156).

Las disciplinas científicas contempladas como “empresas racionales” en desarrollo histórico dedicadas a la mejora de nuestros procedimientos explicativos están obligadas a su propia transformación. Un sistema proposicional es esencialmente autosuficiente y estático, en cambio una empresa racional, está, de manera igualmente esencial, abierta al desarrollo de acuerdo con sus procedimientos intrínsecos de autocritica (1977: 174). *“Los cambios de largo alcance en la ciencia, no resultan de “saltos” repentinos, sino de la acumulación de modificaciones menores, cada una de las cuales ha sido selectivamente perpetuada en alguna situación problemática local o inmediata. Un “método racional” en la ciencia responde a la especificidad de cada situación intelectual, y la calidad del juicio de un científico se ve (...) en su sensibilidad a las diferencias en los requisitos de su problema. Los problemas surgen cuando nuestras ideas sobre el mundo están en conflicto con la naturaleza. Los problemas conceptuales de la ciencia provienen de la comparación de “ideas” con la “experiencia”. Nuestras presentes facultades explicativas deben ser juzgadas a la luz de las ambiciones y los ideales intelectuales relevantes”* (1977: 160).

De lo anterior se puede deducir que los problemas centrales de una disciplina, son, al mismo tiempo, las preocupaciones centrales de la profesión correspondiente. *La existencia y la unidad de una disciplina intelectual, considerada como una entidad histórica, específica, reflejan la continuidad impuesta a*

sus problemas por el desarrollo de sus ideales y ambiciones intelectuales (Toulmin, 1977: 164). La transmisión intelectual de una disciplina científica, comprende pues, una particular constelación de procedimientos explicativos; y al mostrar que sabe cómo y cuando aplicar esos procedimientos, un hombre evidencia, de que ha logrado la "captación conceptual" de la disciplina.

Desde la posición del aprendiz, éste debe dominar aquellos procedimientos esenciales que hacen a la ciencia genuinamente "racional", es decir, los implicados en su propia transformación, antes de estar totalmente "dentro" de una disciplina científica.

En otros términos, el desarrollo de la ecología intelectual de un individuo se realiza bien por abandono o rechazo de las variantes no ventajosas, por perpetuación de las variantes favorecidas, o sea, de las variantes que resuelven mejor ciertos problemas y aumentan el poder explicativo de la teoría personal, o bien por cambio de las unas por las otras (Porlán, 1993).

Toulmin propone una perspectiva gradualista con respecto al cambio conceptual. En contraposición al agregacionismo y al uniformismo característicos de los enfoques absolutistas, y frente al radicalismo de la postura revolucionaria, se adhiere a una suerte de gradualismo en cuanto que cualquier transformación, sea ésta lenta o rápida, siempre es parcial y está sometida a la selección crítica de la comunidad intelectual. La relativa frecuencia de los cambios en el conocimiento disciplinar se debe a la existencia de foros científicos especializados que ejercen una tenaz selección intelectual. Para este autor, los cambios de los conceptos cotidianos operan de manera diferente, son más lentos. La aparente invarianza de los esquemas cotidianos quizás se deba a que están sumamente protegidos contra los efectos de la innovación y la selección crítica.

Para el estudio del proceso de cambio conceptual hallamos factores intrínsecos o intelectuales y extrínsecos o sociales que influyen sobre él conjuntamente, como dos filtros que actúan independientemente. Para Toulmin: "los factores sociales son necesarios, pero los intelectuales son cruciales" (1977).

II. EL CAMBIO CONCEPTUAL EN LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA CONTEMPORÁNEA Y EN EL APREDIZAJE ESCOLAR

Actualmente somos espectadores del surgimiento de una nueva síntesis entre la psicología, la epistemología y la educación. El punto de convergencia es el consenso en los aspectos psicológicos acerca del papel crucial que los conceptos y las relaciones conceptuales juegan en el significado dado por los humanos, y en el importante papel que juega el lenguaje en la codificación, configuración y adquisición de significados. También en filosofía existe un consenso

creciente en la epistemología que caracteriza el conocimiento y la producción de conocimientos como tramas de conceptos y proposiciones en evolución.

Las casi infinitas permutaciones de las relaciones entre conceptos permiten la variedad idiosincrática que vemos en las estructuras conceptuales individuales y, sin embargo, existe la suficiente coincidencia e isomorfismo entre los significados como para que un discurso sea posible y puedan ser compartidos, aumentados e intercambiados los significados. Es esta realidad la que hace posible la tarea educativa (Novak, 1988: 37).

La construcción del conocimiento desde los modelos psicológicos constructivistas y la nueva filosofía de la ciencia: sus analogías

Si analizamos la psicología del conocimiento humano y la filosofía contemporáneas de la ciencia, encontramos claras analogías entre la concepción constructivista del aprendizaje y la evolución histórica de los conocimientos científicos, desde la concepción de la nueva filosofía de la ciencia, fundamentada en la noción de *cambio conceptual*.

De acuerdo con E. Soler (1992) se entiende por *cambio conceptual* el aprendizaje significativo de elementos conceptuales que modifican estructuras previas del mismo conocimiento. Un concepto es una abstracción que representa un conjunto de elementos interconexiónados bajo alguna determinada forma de relación.

La apropiación de cualquier conocimiento es un proceso que depende del que aprende, principal arquitecto de su aprendizaje, y que se sitúa a la vez en la prolongación de las adquisiciones anteriores y en oposición a las mismas.

Para la tesis constructivista la creación de nuevo conocimiento es, por lo que respecta al creador, una forma de *aprendizaje significativo*. Implica al mismo tiempo, reconocimiento de nuevas regularidades en los hechos u objetos, invención de nuevos, o extensión de antiguos conceptos, reconocimiento de nuevas relaciones (proposiciones) entre conceptos y, en los saltos más creativos, una gran reestructuración de las tramas conceptuales que incluyen relaciones de orden superior. Este aprendizaje significativo parte necesariamente de un conocimiento previo.

En términos piagetianos, podríamos decir que construimos significados integrando o asimilando el nuevo material de aprendizaje a los esquemas que ya poseemos de comprensión de la realidad. Lo que presta un significado al material de aprendizaje es precisamente su asimilación, su inserción, en estos *esquemas previos*. En un caso límite, lo que no podemos asimilar a ningún esquema previo carece totalmente de significado.

Estudios sobre las ideas previas que existen en los niños sobre temas científicos, anteriores al aprendizaje escolar y las dimensiones sustantivas del proceso por el que las personas cambian sus conceptos centrales y organizadores, desde un conjunto de conceptos a otros incompatibles con el primero, han dado lugar -a partir de la década del 70- al surgimiento de diversas *teorías del aprendizaje, que conciben a éste como un proceso de cambio conceptual*, o de transformación de esos conceptos espontáneos en conceptos científicos.

Postner (1988) sostiene que la mayor fuente de hipótesis relativas a este aspecto es la **filosofía contemporánea de la ciencia**, dado que una cuestión central de esta filosofía es cómo los conceptos cambian con el impacto de las nuevas ideas o de las nuevas informaciones.

El interés por las concepciones previas es reciente. Otros autores las denominan "esquemas conceptuales alternativos" (Driver y Easley, 1978), "representaciones" (Giordan, 1985), "teorías ingenuas" (Caramazza, 1981), "ciencias de los niños" (Gilbert y Cols., 1982; Osborne y Wittrock, 1983), "misconception" (Novak, 1984), por ejemplo. Existen, sin embargo, estudios precedentes: por ejemplo, Bachelard (1938) sostiene: *Se conoce contra un conocimiento anterior*; Piaget (1971), plantea el rastreo del origen psicológico de las nociones hasta sus estadios precientíficos; Ausubel (1978), llega a afirmar: *si yo tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: averíguese lo que el alumno ya sabe y enséñese consecuentemente*.

Los conceptos cotidianos se conciben como *producciones originales o, mejor, como universos de significados contruidos por el que aprende, en el que se ponen en juego saberes acumulados, más o menos estructurados, próximos o alejados del conocimiento científico que les sirve de referencia. En cada situación concreta se activará una parte de este conjunto y se movilizará en función del sentido de cada caso, tal como el sujeto la percibe* (Giordan, 1996: 9). Constituyen un bagaje de conocimientos que no sólo cumplen una función meramente informativa sobre el mundo, sino que representan un verdadero "marco conceptual" que guía sus mecanismos de comprensión, atribución, predicción, la planificación de su conducta y por último la propia acción (Rodrigo, 1985).

Asimismo, intervienen en la identificación de cada situación, en la selección de las informaciones pertinentes, en su tratamiento y en la producción del significado (Giordan, 1996: 10).

Origen y características de los conceptos previos

Los estudios sobre estos conocimientos previos coinciden en caracterizarlos como:

- Dotados de una cierta coherencia interna y no de simples concepciones aisladas.
- Comunes a estudiantes de diferentes medios y edades.
- Que presentan cierta semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento.
- Persistentes, es decir no se modifican fácilmente mediante la enseñanza habitual, incluso reiteradas (Gil, 1993: 42/43).

Esta *estructura de recepción* -como la denomina Giordan y Cols. (1995: 88)- *se construye* en el transcurso de la historia social del individuo, en el contacto con la enseñanza, y sobre todo, a través de las informaciones de los medios de comunicación y las experiencias de la vida cotidiana.

En ella se insertan y organizan los conocimientos de los que se apropia y las operaciones mentales que domina. Esta estructura de recepción permite asimilar o no las nuevas informaciones y es un instrumento a partir del cual cada uno va a determinar sus conductas y negociar sus acciones.

Pozo señala otra característica de estas concepciones espontáneas: se *organizan* en forma de “teorías en acción” o “implícitas” (Driver y Erickson, 1983; Karmiloff-Smith e Inhelder, 1975), “teorías personales” (Claxton, 1984) o “Teorías causales” (Pozo, 1987a, 1987b).

Todas estas denominaciones aluden con diversos matices, a dos características: ante todo, los conceptos espontáneos no se yuxtaponen unos a otros -“como guisantes en una vaina” según la feliz expresión de Vygotski (1934)- sino que constituyen estructuras jerarquizadas de conceptos, aunque generalmente implícitas o no conscientes y, en segundo lugar, que esas estructuras de conocimiento tienen una función explicativa. Como consecuencia de su origen en la actividad espontánea y de su organización en teorías, estos conceptos resultan muy “resistentes al cambio” ya que persisten incluso tras una larga instrucción científica. Se ha comprobado que no se abandonan por simple exposición a los conceptos científicos correctos (Pozo, 1989: 242/43).

Esta resistencia al cambio conceptual viene determinada por el origen de los conceptos espontáneos, útiles y altamente predictivos en la vida cotidiana, y su organización en forma de teorías o “pirámides de conceptos”. Ambos factores deben ser tenidos en cuenta al analizar cómo aprender y cómo deben enseñarse los conceptos científicos a través del cambio conceptual.

Condiciones para el cambio conceptual

A partir de las ideas de Toulmin (1977) sobre filosofía de la ciencia, Pos-

ner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) identifican cuatro condiciones para que tenga lugar el cambio conceptual:

1. Que el sujeto se sienta insatisfecho de las concepciones preexistentes, es decir, que se halle ante un conflicto cognitivo.
2. Que la nueva concepción le sea inteligible. Con frecuencia *las metáforas* permiten dotar de cierto sentido inicial al nuevo concepto.
3. Que el nuevo concepto aparezca, comparativamente hablando, como más potente que sus predecesores para resolver los problemas afectados y que guarde cierta coherencia con otros conceptos relacionados entre sí.
4. Que el nuevo concepto sugiera un *plan de actuaciones* (investigaciones) fructífero (Porlán, 1995).

Fases del cambio conceptual en la filosofía de la ciencia y en el aprendizaje escolar

Tanto la filosofía de la ciencia contemporánea como la concepción constructivista del aprendizaje, consideran que el cambio conceptual sólo ocurre: 1º) sobre la base de ideas previas, conceptos ya existentes, que se confrontan con la nueva teoría, y 2º) que el “cambio” en sí se produce cuando estos conceptos centrales necesitan alguna modificación. Estas constituyen las dos fases del cambio conceptual que, consideramos, son análogas en la filosofía de la ciencia y en el aprendizaje.

Primera fase: el trabajo científico se realiza a partir de conceptos centrales que organizan la investigación. Son estos conceptos o “compromisos centrales”, los que definen los problemas, indican las estrategias a utilizar para tratar con ello y especifican criterios para dar aquello que se ofrece como solución (Posner, 1988). Esta constituiría la primera fase del cambio conceptual en la ciencia.

Desde la filosofía de T. Kuhn, como se dijo anteriormente, estos conceptos centrales se denominan “Paradigmas” y a la investigación dominadas por paradigmas, como “Ciencias normal”. En cambio, desde Lákatos, son denominados como su “Esencia teórica pura” o “Núcleo duro” y señala que dichos conceptos centrales generan “Programas de investigación”, diseñados para aplicarlos y protegerlos de la experiencia.

Pautas análogas rigen para el aprendizaje, concebido desde las Teorías de la Reestructuración (definidas así por Pozo, 1989). En su mayor parte, éstas consideran el cambio como un proceso inherente al organismo, adoptando una

posición organicista. Ello las lleva a interesarse por los procesos de desarrollo y por los cambios a largo plazo. De igual modo, al asumir unidades molares, o elementales, se ocupan de la adquisición de conocimiento complejo, organizado en forma de teorías.

Las teorías de la reestructuración (Piaget, Vigostky, Ausubel, entre otras), adoptando una postura constructivista, sostienen que la adquisición de un conocimiento nuevo sólo puede producirse si existen ideas previas o “marcos conceptuales” (Bunge, 1985), que le permiten al estudiante interpretar la realidad, construir significados, en interacción con su experiencia física, social y cultural.

Cuando los alumnos utilizan su ecología conceptual para interpretar los nuevos conceptos se constituye la primera fase del cambio conceptual en el aprendizaje, a la cual Posner (1988) la denomina “Asimilación”.

Estos conceptos centrales de una persona o “Ecología conceptual”, desde la terminología de S. Toulmin, se constituyen en el vehículo mediante el cual un tipo dado de problemas se hacen comprensibles. Sin conceptos el mundo es y seguirá siendo una “confusión molesta y zumbante”, según la definición de Williams James (citado por Posner, 1988: 94).

Kelly (1995, en Poper y Gilbert, 1988) los denomina constructos personales, que terminan siendo una “parrilla de referencia” de trazos genéricos, que influyen la forma en que una persona piensa o responde frente a una nueva experiencia.

Segunda fase: *Cambio Conceptual en la ciencia*: ocurre cuando estos compromisos centrales necesitan alguna modificación. Ante problemas que no puede dar solución, el científico se enfrenta con un reto a los supuestos básicos de su teoría, por lo que deberá reverla, lo cual implicará la adquisición de nuevos conceptos y una nueva forma de ver el mundo.

Kuhn califica a este tipo de cambio conceptual como “Revolución científica” o “Cambio de paradigma”; ello implica que una comunidad científica abandona la estructura teórica por la que se rige normalmente y la sustituye por otra incompatible con la anterior. Para Lákatos, constituyen un cambio en los “programas de investigación”. La simultaneidad de dichos programas es una pieza clave para este filósofo: no hay posibilidad de cambio conceptual si no existen programas en competencia. Para S. Toulmin constituiría un cambio de las “Poblaciones conceptuales en evolución”.

Cambio Conceptual en el aprendizaje: también constituiría un cambio en los conceptos centrales o teorías del que aprende. Muchas veces, los conceptos preexistentes en los estudiantes son inadecuados para permitirle captar los fenómenos satisfactoriamente, por lo cual deben reemplazarlos o reorganizarlos.

A estas formas más radical de cambio, Posner y Cols. la denominan “Acomodación”.

Estos autores sostienen que aunque el cambio sea radical no quiere decir, sin embargo, que sea abrupto. Indudablemente, existen razones para suponer que la acomodación, para los estudiantes, es un asunto gradual y que se efectúa poco a poco. Es difícil que los alumnos puedan captar -desde sus inicios- cualquier teoría en su totalidad y sus implicaciones respecto del mundo. La acomodación, para ellos, puede ser un proceso en el que se dé un primer paso hacia una nueva concepción, aceptando algunas de sus afirmaciones y modificando después, gradualmente, algunas de sus ideas, al darse cuenta con mayor amplitud del significado y las implicaciones de los nuevos compromisos. La acomodación es, sobre todo en el inexperto, más bien un ajuste gradual de sus propias concepciones, de manera que cada nuevo ajuste sienta las bases de ajustes posteriores, un proceso cuyo resultado es una reorganización sustancial de los propios conceptos centrales.

Modelo de desarrollo cognitivo y cambio conceptual

El proceso de reestructuración de los conceptos preexistentes fue interpretado -según distintos autores- como cambios graduales y continuos o como cambios abruptos y discontinuos y de rupturas epistemológicas.

Esta situación le permitió delimitar a Gilbert y Watts (en Porlán, 1995) sistematizar las diferentes posturas en tres modelos de desarrollo cognitivo y de cambio conceptual.

Modelos de cambio por pasos

Concibe el desarrollo como una *continua progresión de esquema conceptuales erróneos de orden inferior*, de tal manera que desde diferentes nociones de partida se puede ir de manera jerárquica y universal hacia un único esquema verdadero. En este proceso ascendente, las concepciones más elementales se pierden en el camino progresivo hacia las concepciones más elementales de orden superior.

Dentro de este modelo podemos considerar, entre otras, a la Teoría de la Asimilación de Ausubel y a la Epistemología Genética de Piaget.

Ausubel sostiene que la adquisición de un concepto científico se puede descomponer en una serie de pasos elementales que se representarían mediante árboles jerárquicos de conceptos. La “Teoría de la Asimilación” de Ausubel, explica que “la nueva información es vinculada a los aspectos *relevantes* y

preexistentes en la estructura cognitiva, y en el proceso se modifican la información recientemente adquirida y la estructura preexistente” (Ausubel, 1991: 71).

La concepción de reestructuración jerárquica de los conocimientos de la teoría de Ausubel incluye dos constructos claves que dan cuenta elocuentemente de la idea de construcción de conocimientos en forma progresiva y jerarquizada: la *diferenciación progresiva o aprendizaje subordinado* (se produce cuando las nuevas ideas se relacionan subordinadamente con ideas relevantes (inclusores) de mayor nivel de abstracción, generalidad e inclusividad) y la *reconciliación integradora o aprendizaje supraordenado* (se produce cuando varios conceptos de menor grado de abstracción, generalización e inclusividad se integran y dar lugar a otra más general -supraordenado-).

La idea de que la mayor parte de los conceptos se adquiere por diferenciación de otros más generales es, cuando menos, discutible, tanto si nos referimos a los aprendizajes naturales o espontáneos como a los artificiales o científicos. Rosch sostiene sobre el particular: “En el caso del aprendizaje de conceptos naturales, se ha comprobado que los primeros conceptos que se adquieren no son ni los más generales ni los más específicos, sino que tienen un nivel de abstracción intermedio” (Rosch, en Pozo, 1997: 72). Así los aprendizajes naturales proceden por diferenciación de conceptos más generales a partir de conceptos subordinados. Igual sucede en el caso de los aprendizajes artificiales.

Los análisis psicológicos de Wertheimer (1945), a los que podrían añadirse los de otros autores (por ejemplo, Piaget y García, 1983), muestran que en la historia de la ciencia, los nuevos conceptos surgen generalmente por integración de otros más simples y no por procesos de diferenciación. Lo realmente nuevo de una teoría suele ser la reorganización de ideas que ya suelen estar presentes en otras teorías anteriores, de tal forma que todas ellas, de acuerdo con los principios del aprendizaje por reestructuración, adquieren nuevo significado.

La Epistemología Genética de Piaget adopta una postura más moderada que la anterior con respecto a la forma en que se producen los cambios. Para Piaget, la adquisición de una coherencia racional completa (los conceptos verdaderos) ya no es una cuestión de todo o nada, sino una meta estratégica a la que las personas se acercan, por aproximaciones sucesivas, mediante la acumulación de conocimientos, habilidades y según un proceso escalonado de asimilaciones, acomodaciones y equilibraciones cognitivas.

Novak (1977) advierte en el planteo epistemológico de Piaget un cierto preformacionismo y apriorismo epistemológico según el cual, el desarrollo de las estructuras cognitivas obedece a una cierta tendencia natural de maduración

de los individuos con la edad, a medida que van acumulando un mayor número de experiencias personales.

Modelo de cambio suave

Dentro de este modelo se encuentra la visión del “alternativismo constructivista” de Kelly (1955). Esta postura sugiere que la gente se entiende a sí misma, a su entorno y anticipa eventualidades futuras por medio de la construcción de modelos de prueba y de la evaluación de estos modelos en contraste con sus criterios personales. El interrogante que al hombre se le plantea no es si la realidad existe o no, sino lo que puede hacer con ella. Para este autor, cualquier suceso es pasible de tantas reconstrucciones como permita la imaginación.

Kelly propuso que cada persona construye un modelo representacional del mundo a modo de hipótesis interrelacionadas: los “*constructos personales*”. Dichos constructos se usan para describir la experiencia presente, predecir sucesos futuros (construcción de teorías) y valorar dichas predicciones a la luz de los resultados de la experiencia. Esto conduce a un proceso permanente de reconstrucción cognitiva idiosincrática, de tal manera que la ontogenia conceptual de las personas no se produce siguiendo un camino definido de antemano (predeterminado), sino según una experiencia y un legado cultural en continua evolución.

Esta perspectiva, en lugar de buscar los “universales” del desarrollo conceptual, es decir, en lugar de tratar de definir el programa del desarrollo cognitivo, por utilizar la analogía del ordenador, pretende estudiar la “autoprogramación” de cada individuo (Claxton, 1984).

Candy (en Porlán, 1988), analizando la teoría de los constructos personales de Kelly y comparándola con los paradigmas de Kuhn, encontró entre ellos ciertos paralelismos, como los siguientes:

- En ambos modelos epistemológicos se contempla el conocimiento como inmerso en un proceso de cambio.
- Ambos consideran las teorías (los paradigmas en la ciencia y los constructos en la persona) como modelos simplificadores de la realidad que tienen un carácter explicativo e hipotético.
- Ambos entienden que dichas teorías se ponen continuamente en comprobación a través de predicciones. Por ello se las debe considerar como insuficientes y revisables.
- Tanto los paradigmas como los constructos personales piden varias a la luz de la experiencia.

No obstante estas analogías, hay también importantes diferencias y justamente la más importante hace alusión a la interpretación que ambos realizan acerca de cómo se produce el cambio conceptual, en lo referente a su frecuencia e intensidad. Kelly sostiene que las transformaciones de los constructos personales -tanto los cotidianos como los científicos- cambian en forma lenta y continua, pudiendo ocasionalmente algunas de ellas provocar una situación de crisis en el individuo. Candy utiliza los conceptos de “revolución periódica” para referirse a las ideas de Kuhn y de “evolución continua” para referirse a las de Kelly.

Otro modelo que ejemplifica con excelencia este modelo de “cambio suave” es el que propone **Toulmin**. Sostiene que “la evolución de los conceptos y la ecología conceptual de las personas no obedecen tan sólo a un proceso exclusivamente individual, son el contrario, el fruto de la comunicación social (directa, escrita, audiovisual, etc.) y de la capacidad de dicha comunicación para resolver los problemas más acuciantes del individuo y del ambiente cultural al que pertenece” (Gilbert y Watts, en Porlán, 1988).

Debido a una permanente producción social de una gran diversidad de conceptos, se puede seleccionar, retener para su uso colectivo, aquéllos con más poder de resolución de cada tipo de problemas concretos. Es justamente este procedimiento lo que permite explicar los cambios, ya sean los lentos y de poca intensidad, como aquellos otros más rápidos y profundos.

Como afirma Toulmin el desarrollo de la ecología conceptual de un individuo se realiza bien por *abandono o rechazo* de las variantes que no le son convenientes, por *perpetuación* de las variantes favorecidas, es decir, de las variantes que resuelven mejor ciertos problemas y aumentan el poder explicativo de la teoría personal, o bien, por *cambio* de las unas por las otras.

Modelo basado en la Teoría de las Catástrofes

Este modelo, basado en la teoría del matemático Thom (1975), sostiene que el cambio conceptual está gobernado por dos factores de control: el coste y el beneficio personal del cambio. El coste, vendrá definido por aspectos tales como el esfuerzo requerido para construir la nueva concepción, la necesidad de defenderla contra la crítica y de evaluarla frente a otras posibilidades, etc.

Nuestro propósito no es describir con detalle este modelo pero sí comparémoslo con Gilbert y Watts, que dicho modelo constructivista introduce elementos de gran potencialidad, en tanto contempla los avances y regresiones, ya sean lentos o rápidos, y los períodos de ambivalencia e incertidumbre, unificando al mismo tiempo factores de control estrictamente cognitivos con otros de carácter emocional.

Algunos principios de procedimiento para optimizar el aprendizaje y la enseñanza del cambio conceptual

Posner (1988) elabora algunos principios de procedimiento para la enseñanza, que orientarían el cambio conceptual de los alumnos, como por ejemplo en cuanto a:

- *Los objetivos curriculares:* Si el proceso de cambio conceptual debe fundamentarse sobre unas bases racionales, los estudiantes deben ser “inmunizados” contra el tipo de adoctrinamiento inevitable que ocurre cuando ni el profesor ni el estudiante conocen sus propias ecologías conceptuales, y aún menos las propias de la ciencia que están enseñando y aprendiendo.

Si la enseñanza pretende producir el cambio conceptual en los alumnos deberá intentar desarrollar, entre otros aspectos: a) La conciencia de sus supuestos fundamentales y de los implícitos en la teoría científica. b) La exigencias de coherencia entre sus creencias sobre el mundo. c) La conciencia de los fundamentos epistemológicos de las nuevas concepciones. d) Alguna comprensión acerca de las posibilidades de las nuevas concepciones.

- *Los contenidos:* deben ser tales que hagan las teorías científicas inteligibles, verosímiles y fructíferas. Para ello se deberá dar mayor énfasis a la consideración de la ecología conceptual de los alumnos y a su reestructuración (a la asimilación y a la acomodación en términos de Posner), que a la simple “carga” de contenidos.

También facilitará este principio, el enseñar a los estudiantes la suficiente teoría observacional, de forma que puedan comprender las anomalías seleccionadas. Usar cualquier metáfora, modelo y analogía disponible que haga a la nueva concepción más inteligible y verosímil.

- *Estrategias didácticas:* serán pensadas en función de concebir a la enseñanza, típicamente, como una actividad que clarifica contenidos que se presentan en textos, que explica la solución de los problemas, demuestra principios, proporciona experimentos de laboratorio y comprueba los recuerdos y la habilidad para aplicar el conocimientos a los problemas.
- *Papel del profesor:* ya no debe ser el tradicional expositor de ideas. Deberá constituirse como “un adversario, en el sentido del tutor socrático” (Posner, 1988: 113), confrontando al estudiante con el problema, provocando sus intentos por asimilar las nuevas concepciones.

Asimismo deberá constituirse en un modelo de pensamiento científico, lo cual implica mostrar una adecuada coherencia interna de sus creencias, el escepticismo ante el exceso de situaciones “ad hoc” en las teorías y una apreciación crítica de cuando las discrepancias entre los resultados pueden estar en “acuerdo razonable” con la teoría.

III. CONOCIMIENTO DEL ALUMNO, CONOCIMIENTO DEL DOCENTE, ¿CONOCIMIENTO CIENTIFICO?

Hablar de “eficacia” de la escuela en la Argentina de HOY, tiene explícitas connotaciones políticas, pero vamos a definir la “eficacia” de la escuela con un sentido más operativo, y a nivel didáctico y epistemológico. Así, entonces, llamaremos eficacia escolar a la *capacidad de la institución educativa para promover aprendizajes relevantes y de largo alcance temporal, en relación con distintos campos de conocimiento*. Estos campos incluyen a las ciencias Naturales y Sociales. La relevancia está referida tanto a la significatividad epistemológica de cada campo de conocimiento como a la transferencia social de lo aprendido. Esta última, a nivel “micro” de la cotidianeidad y a nivel “macro” como inserción social. Sin embargo, sólo aludiremos a relevancia en el primer sentido, y a la transferencia, a nivel “micro”.

Por otro lado, puede afirmarse que un alumno “sabe” una ciencia, si conoce tanto su *núcleo sustantivo* (teorías, interpretaciones, líneas de organización de su estructura, líneas de indagación actuales), como su *base sintáctica* (modos de producción y validación del conocimiento, específicos). Desde luego, no se trata de identificar alumno con científico, pero sí de que el estudiante acceda al conocimiento como estructuras o sistemas de pensamiento construidos históricamente, que pueda aprehender su *lógica de organización* y su *lógica de producción*, junto a su contenido. ¿Es esto posible? Hay por lo menos una primera condición *necesaria*: el docente ha de disponer de ese conocimiento y de lo que se ha dado en llamar “conocimiento didáctico del contenido” (Shulman, Stengel, Cornbleth, en Marcelo García, 1995: 106). Conociendo los contextos formativos de nuestros docentes, no podríamos asegurar de que hoy todos “saben” y “saben enseñar” lo que enseñan, pero sería posible, cambiando no pocas condiciones formativas, de ejercicio profesional y de trabajo en las instituciones educativas.

Hasta tanto, es aceptable/habilitado el *análisis* y la reflexión, en una perspectiva de mejora en la enseñanza y en el aprendizaje.

Desde ese ‘saber’, que incluye sus creencias y el sentido común acumulado por experiencia propia y vicaria, además de crear condiciones para el apren-

dizaje, el docente también interpreta hasta dónde se está produciendo o se ha producido (o no), el aprendizaje. Es decir, que piensa y administra criterios de lectura de la 'aproximación', 'corrección', 'adecuación' de las producciones del alumno a la "norma" científica establecida en los códigos curriculares. Es decir, *evalúa*, de modo más o menos apropiado, pero siempre para concluir en una acreditación formal de lo que cree aprendido.

¿Qué y cómo aprender la ciencia que hay que enseñar?

Dentro de ambas vías de trabajo: a) la enseñanza y b) la evaluación como función/actividad diferenciada dentro de la enseñanza, nuestro docente tipo, suele apoyarse en saberes tácitos acerca de lo que involucra el acto de conocer y la producción del conocimiento científico. La epistemología de un docente se crea informalmente, por cuanto durante su formación no recibe *educación en ciencia*, esto es, no se incluye Historia de la Ciencia ni Filosofía de la Ciencia (HFC). Es por ello que *John Ziman* y muchos otros han indicado *correctamente que la enseñanza ortodoxa de las ciencias ha fomentado durante mucho tiempo el materialismo ingenuo, el positivismo primitivo y la tecnocracia autosuficiente...* (Matthews, 1994). Matthews señala lo que considera necesario en la formación de los docentes de ciencias, quienes, de este modo, darán otro sentido a su tarea de enseñar ciencias en el secundario: una enseñanza sobre la ciencia y en la ciencia. Reseña los estudios que se refieren a este tema y los criterios de organización y de desarrollo de los currícula de varios países, entre ellos, EE.UU. e Inglaterra. Propone la enseñanza de una ciencia contextualizada, es decir, desde la Sociología de la ciencia, (tanto en el aula como en la formación docente), que sean más históricas y más filosóficas o reflexivas. Lo que pone sobre el tapete la posibilidad de varias interpretaciones. En este punto coincide con Toulmin, respecto de que la ciencia Natural, como la Literatura, Historia y Política, tiene su problema hermenéutico, por lo que propone la interpretación hermenéutica de la historiografía de la ciencia.

Por otro lado, temas de Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC) se requieren con mayor frecuencia como competencia de lo que se evalúa como cualidad de un buen profesor de ciencia. ¿Cuál sería el modo adecuado o relevante de implementación? El consenso es que los cursos debieran ser aplicados o prácticos, comenzar con *problemas* significativos. Además, la lectura de textos-fuente (de Darwin, Galileo, Newton, por ejemplo) desde los cuales analizar conceptos filosóficos como realismo, instrumentalismo, autoridad, reduccionismo, causalidad, explicación, idealización, a medida que surgen.

Un aspecto muy interesante en la formación del docente en ciencias (por lo genuinamente relevante) y que expone el autor, es la *idealización*, condición sine qua non de la moderna ciencia matemática. Es poco conocida por los profesores e ignorada por los filósofos que discuten sobre inducción, falsación y comprobación de las teorías. Raramente se encuentra en los textos sobre método científico, y mucha literatura relativa a la enseñanza de las ciencias sobre formación de conceptos, procede de una forma aristotélica, y así, entonces, las idealizaciones se tratan como generalizaciones empíricas. ¿Acaso los conceptos de sistema inercial, masas puntuales, colisión elástica, surgen de mirar los cuerpos e inducir características comunes?

Por otro lado, la historia permite una aproximación fenomenológica de los estudiantes a las idealizaciones, ya que así pueden saber con qué se relacionan. Cita Matthews la expresión de Duhem: *la lógica de un tema no es siempre la lógica de su presentación. Los estudiantes no adquirirán las idealizaciones mirando la naturaleza, porque hay una diferencia entre los objetos reales del mundo y los objetos teóricos de la ciencia. Confundir el primero con el segundo es confundir la ciencia aristotélica con la newtoniana.*

El criterio que permite articular HFC con enseñanza de las ciencias es el concepto de racionalización. En la historia de la ciencia la racionalidad del cambio teórico ha sido fuertemente controvertido y ha dado lugar a posiciones extremas: racionalistas, dogmáticas, irracionalistas. A través de la Historia, se aprecia como se acercan, superponen, relativizan.

No se espera que los alumnos resuelvan el debate realismo-instrumentalismo, pero sí, que capten algo de los aspectos intelectuales que están en juego en esos asuntos, que capten que hay preguntas que pueden formularse, que piensen no sólo en las respuestas, sino sobre lo que *podría* considerarse como respuesta, y qué tipo de evidencias pueden respaldar a las repuestas.

¿Qué y cómo enseñar ciencia?

Reconocer que el conocimiento escolar y el científico son distintos, aunque parezca obvio, se trata de una realidad que no ha sido “evidente” siempre. Esta clarificación epistemológica se desarrolla en profusa bibliografía que se refiere a las visiones deformadas de la ciencia y el trabajo científico transmitidas por la enseñanza de las ciencias. Astolfi (1994: 9) realiza un estudio comparado de contraste que justifica la diversidad de distintos tipos de investigación en didáctica de las ciencias, al que haremos referencia más adelante.

Pero, veamos cuáles son las relaciones posibles entre el conocimiento científico como producto y proceso existencial de la ciencia, y como objeto de cono-

cimiento digno de ser transmitido en la escuela. Es consustancial a esta relación, la *codificación* de la ciencia como *espacio-tiempo* escolar, es decir, a los términos propios de la escuela, que determinan las regulaciones necesarias para su institucionalización.

Una primera forma de codificación se establece al elaborar los documentos *curriculares* donde queda definida la forma de organización: a) por asignaturas como Física, Química, Matemática..., o b) por globalización y/o integración interdisciplinaria, a través de forma modular, de núcleo básico, por objetos de transformación, por ej. Además, quedan traducidas las prioridades dadas a los contenidos, a través de la asignación temporal de los mismos dentro de las unidades de organización curricular. Este aspecto también incluye el tiempo efectivo que comprende cada unidad temporal: 40', 60', 90', o bien, una organización 'epocal' del tiempo donde la unidad es la jornada completa.

Pero el aspecto crucial para el tema que nos ocupa, es el de la *selección y ubicación*, de los conocimientos científicos 'apropiados' en el continuum curricular. La condición de 'apropiado' se refiere al nivel de estudios (involucra la edad de los alumnos y al grado de profundización/complejidad al que se aspira), y además, a la orientación de la formación según sea básica y/o de especialización.

Resulta quizá redundante señalar que en este punto se realiza una trasposición de niveles de conocimiento que debiera realizarse con “vigilancia epistemológica”, para no establecer un abismo de naturaleza entre el conocimiento producido por la ciencia y el que se estima 'enseñable'. Estas consideraciones se refieren tanto al diseño curricular para formar docentes como para el de los alumnos.

Otra forma de codificación tiene que ver con la *organización/administración* del *espacio* y la *cantidad* de personas involucradas en cada espacio: aulas, laboratorios, salones, patios, jardines, invernaderos... para 5, 10, 20, 40, 100 alumnos... Cada situación ofrece posibilidades diferentes para el desarrollo de actividades de enseñanza de las ciencias acercando o alejando en más o en menos, a escuela y ciencia.

Sin agotar las codificaciones espacio-tiempo posibles, hemos reservado para un último tratamiento, la que realiza cada docente en su *enseñanza* donde, además converge el conjunto de los aspectos analizados.

El docente desarrolla su actividad de enseñanza porque institucionalmente está calificado para ello, es decir, ha recibido una formación específica. Sin embargo, su *conocimiento*, ¿guarda alguna relación significativa con la ciencia/s de referencia? En tal caso, ¿la codificación espacio-tiempo de *actividades* promueve esa significatividad epistemológica, al igual que la psicológica y situa-

cional-social, en sus alumnos? Si así fuera, ¿puede determinar con probabilidad/ajuste ecológico que hay comprensión, cambio de perspectiva, *aprendizaje*, al fin?

Como dijimos más arriba, no hay condiciones óptimas, ni siquiera “adecuadas” para la enseñanza y para el aprendizaje de las ciencias, particularmente en la Argentina de hoy, de modo que la nuestra es una *aproximación analítica* a lo que serían algunas condiciones ‘adecuadas’.

Con respecto al conocimiento del profesor, tópico del primer interrogante, es menester apuntar que tiene que ver con estructuras conceptuales, con conocimientos base complejos, dinámicos, multifacéticos, y que no se refieren exclusivamente a lo aprendido durante su formación inicial. También el conocimiento del profesor incluye a los conocimientos tácitos y a sus creencias. Schön (en Villar Angulo, 1988: 14) ha estudiado cómo un científico o un profesional construye un conocimiento que lo convierte en científico o profesional competente, tratando de articular, una *epistemología de la práctica*, es decir, qué construcción del conocimiento-en-la-acción presentan los profesionales. Para este caso, resulta útil la distinción que establecen Argiris y Schön (Calderhead, 1988: 26) entre teorías *expuestas* y teorías en *uso*. Las primeras, referidas al conocimiento que una persona reproduce cuando se le pide que justifique sus acciones, y las segundas, referidas a las estructuras del conocimiento que guían las acciones, no guardan una correspondencia constante. Lo explican por la diferencia de contextos en que ambas se desarrollan. Así, el conocimiento de la formación en ciencia para su enseñanza puede ser traducido en las situaciones didácticas concretas modificando/deformando su significado sustantivo, aunque pueda ser expuesto de manera correcta fuera de ese contexto.

Clark y Peterson (en Villar Angulo, 1988: 26), diferencian el conocimiento de las creencias que tienen los profesores. Estas, constituyen el telón de fondo del contexto en el que se desarrollan los esquemas de acción del profesor, y las entienden como sus ‘influencias modeladoras’ básicas, también por su carga de afectividad.

Pero, resulta relevante incluir el *conocimiento didáctico del contenido*, ligado a las transformaciones que hacen “enseñable” un conocimiento de ciencias que ya ha sufrido otras transformaciones (en el currículum, en los textos), y que tiene su propia lógica y estructura. Es un nivel de conocimiento que, en todo caso, debiera estar estrechamente ligado (¿subordinado?) al conocimiento científico. Es decir, neutralizar el riesgo de presentar como ‘científico’ lo que no lo es.

Hodson, 1993, (Gil Pérez, 1994: 21), afirma que es necesario tomar en consideración la pérdida de coherencia en el paso de la “retórica a la acción”,

identificar los posibles conflictos entre concepciones sobre la ciencia y concepciones sobre el aprendizaje, y reconocer la inestabilidad de las posturas filosóficas del docente cuando son confrontadas con las exigencias de la 'realidad' (programas, tiempo, evaluaciones...). Distingue tres elementos básicos en lo que él denomina *alfabetización científica*: a) adquisición de conocimientos científicos (centrada en el cuerpo de conocimientos conceptuales actualmente aceptados por la comunidad científica); b) comprensión de la naturaleza de la ciencia; c) aprender a hacer ciencia. Estos elementos podrían ser considerados como parte destacada de los criterios para la selección de contenidos.

Es decir, adecuación a la realidad pedagógica, en el marco de un análisis teórico que le da sentido a la acción. Se trabaja tomando contenidos muy relevantes, como el de transformación de la materia, que es transversal a la Biología, y a la Física y Química. Involucra un análisis de la red de obstáculos epistemológicos, psicológicos y pedagógicos, que no se corresponden con los marcos de las disciplinas, sino que las trascienden. Pero, los profesores han de elaborar una diversidad de dispositivos didácticos regulados desde la perspectiva de la "innovación controlada" como marco teórico general, es decir, que la creatividad de los profesores se fundamenta en un esquema proposicional inicial.

Con "las manos en la masa". Algunas ideas en acción.

Una forma de trabajo didáctico más concreto que apunta a avanzar más allá de lo probado con las metodologías de enseñanza basadas en el cambio conceptual, es la que propone Gil Pérez (1994) quien considera el aprendizaje de la ciencia en la escuela, como una investigación de *situaciones problemáticas de interés*, dentro de la trayectoria de diversos estudios como los de Burbules y Lin, 1991; Weathley, 1991; Hodson, 1992; Pinelli y Lefevre, 1993; Porlán, 1993, entre otros.

Coincide con Hodson en que *los objetivos parciales del aprendizaje de conocimientos científicos y de la comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y sus complejas relaciones con la sociedad pueden quedar subsumidos en el de hacer ciencia, es decir, en el de implicar a los alumnos en investigaciones científicas*. Cree que esta línea de trabajo profundiza y modifica las propuestas de cambio conceptual.

Da un nuevo sentido a la idea de cambio conceptual y en particular a las situaciones de conflicto cognitivo. En efecto, ya no suponen para el alumno, el cuestionamiento externo de las ideas personales, ni la reiterada aceptación de las insuficiencias del propio pensamiento (con las consiguientes implicaciones

afectivas), sino un trabajo de profundización en el que unas ideas, tomadas como *hipótesis*, son sustituidas por otras (tan propias como las anteriores).

No se trata de una propuesta en la que los alumnos construyan por sí solos todos los conocimientos que tanto tiempo y esfuerzos exigieron a relevantes científicos, sino de otro modo de concebir la investigación en la escuela. Esta transposición puede inspirarse en el proceso de formación de los propios científicos. Es bien sabido que cuando alguien se incorpora a un equipo de investigadores, puede alcanzar con relativa rapidez el nivel medio del resto del equipo. Y ello, no mediante una explicación verbal, sino abordando los problemas en los que quienes actúan como directores/formadores son expertos. La situación cambia cuando se abordan problemas que son nuevos para todos, el avance, si lo hay, se hace lento y sinuoso.

Vista la complejidad multivariada (y variable) de las relaciones entre conocimiento científico y conocimiento escolar, y aclarado que no podría sustentarse una identificación entre la actividad del científico y la del escolar, proponemos una (breve) exploración de despedida en este “viaje” sinuoso, de la elaboración de Toulmin (1997) sobre cómo el científico aprende su ciencia.

Por su misma naturaleza, los conceptos científicos pueden ser transmitidos, legados y aprendidos, en los procesos por los cuales la disciplina mantiene su existencia, más allá de la vida de sus creadores originales. Es decir, esta disciplina históricamente en desarrollo, forma una *transmisión*. Consiste *necesariamente* en los aspectos comunales o “públicos” de sus conceptos, que pueden pasar de una generación de investigadores, a otra. Entonces, el aprendiz de científico, que está estudiando una ciencia, es decir, empezando a comprender por ejemplo, la óptica, o la termodinámica, ¿cómo demuestra que ‘tiene’, que ‘ha captado’ un concepto, que ha sido *culturalizado* en los procedimientos comunales de la ciencia en cuestión?

Para responder a esta pregunta, Toulmin (1977) afirma que, como (...) *el contenido de una ciencia se transmite (...) por un proceso de **enculturación**, este proceso supone un aprendizaje por el cual ciertas **habilidades explicativas** se transfieren con o sin modificación, de la generación más vieja a la más joven. En este aprendizaje, el núcleo de la transmisión el elemento primario que debe ser aprendido, probado, aplicado, criticado y cambiado, es el repertorio de técnicas, procedimientos y habilidades intelectuales y métodos de representación que se emplean para ‘dar explicaciones’ de sucesos y fenómenos dentro del ámbito de la ciencia involucrada* (1997: 168).

Por ejemplo, cuando un aprendiz de Física adquiere un concepto de ‘energía’, aprende a hacer tres cosas: 1. a efectuar los cálculos que encarnan la aritmética de la energía; 2. a reconocer los problemas y situaciones particulares a

los que son atinentes tales cálculos, y 3. a identificar las magnitudes empíricas que entran en tales cálculos de conservación. Estamos advirtiendo que, al adquirir el concepto mental de 'energía', también aprende a expresar su captación, es decir, a realizar las actividades colectivas del caso. Si sólo aprende las palabras y ecuaciones de una ciencia, queda atrapado en la superestructura lingüística, a menos que pueda aplicarlas tanto a los objetos y situaciones a que se refieren como al tipo de procedimientos prácticos asociados (trazado de diagramas, montaje de aparatos, clasificación de especímenes...).

Esto es así porque la *complejidad* de los conceptos científicos permite distinguir tres aspectos en el uso de tales conceptos: 1. el lenguaje; 2. las técnicas de representación, y 3. los procedimientos de aplicación de la ciencia.

Se incluyen también los procedimientos implicados en su propia transformación, que es lo que hace a la ciencia, genuinamente 'racional'. Estos diferentes aspectos de un concepto científico se hallan con frecuencia relacionados entre sí, pero pueden variar independientemente y en diferentes ocasiones. Las soluciones a problemas teóricos pueden adoptar formas correspondientemente distintas. Los procedimientos de aplicación pueden cambiar, sin que se produzca ningún cambio en los aspectos simbólicos o puede cambiar el lenguaje, sin ningún cambio asociado en sus técnicas de representación o sus procedimientos de aplicación.

Y en la escuela, ¿qué sucede con los conceptos científicos? Advierte Toulmin (1977): *Al hablar de la adquisición de conceptos como una variedad de 'enculturación', no necesitamos suponer que los procedimientos explicativos de una ciencia son otros tantos rituales invariables, que deben realizarse con exactitud litúrgica. La enseñanza científica escolar a veces da esa impresión, al destacar excesivamente las formas detalladas de los procedimientos corrientes y, de tal modo, ocultando las razones por las que éstos adoptan tales formas y la flexibilidad de juicio necesaria en su aplicación empírica* (1997: 173).

Una enseñanza de la ciencia que atienda a la complejidad de los conceptos científicos, según Gil, Pérez (1994) supone una metodología en la que el cambio conceptual adquiera un *carácter funcional*, más que el de un objetivo explícito.

Así como una investigación no se plantea para provocar cambios conceptuales, sino para resolver problemas de interés para los investigadores, en la escuela, la investigación ha de plantearse para abordar problemas *de interés para los alumnos*, no únicamente para los profesores. Problemas que se perciben y abordan, a partir de los conocimientos que se poseen, y de nuevas ideas que se construyen a título tentativo, donde las concepciones iniciales podrán experi-

mentar cambios e incluso ser cuestionadas de manera radical, pero el objetivo será resolver/comprender el problema.

Propone esta metodología un desarrollo en cuatro fases que consideran la integración de aspectos esenciales que afectan la actividad científica y son esenciales para su enseñanza: a) la contextualización (relaciones Ciencia, Técnica y Sociedad y toma de decisiones) y b) componentes afectivos (interés por la tarea, clima colaborativo de trabajo). Las fases son:

1. Planteo de **situaciones problemáticas** que generen interés.
2. Propuesta a los equipos de estudiantes de un **estudio cualitativo** de esas situaciones.
3. **Orientación** en el tratamiento científico de los problemas.
4. Planteo de manejo de los nuevos conocimientos en una **variedad de situaciones**.

El aprendizaje de los alumnos es organizado como construcción de conocimientos dentro de una **investigación dirigida** en dominios perfectamente conocidos por el “director de investigaciones” (el profesor). Los resultados parciales embrionarios, obtenidos por los alumnos pueden ser afirmados, matizados o puestos en cuestión por los **resultados** obtenidos por los científicos que los han precedido. Ello no supone una diferencia cualitativa respecto del conocimiento científico (susceptible siempre a profundizaciones y/o refutaciones), “sí existe una clara diferencia de grado, pues el conocimiento escolar queda, a menudo, bastante alejado del nivel alcanzado por la ciencia contemporánea” (Gil Pérez, 1994: 30).

Para el cierre, una apertura...

Hasta aquí, un planteo general que daría encuadre a un análisis posterior, referido a la eficacia en/de la escuela en esta Argentina de la Transformación Educativa. En contextos curriculares y áulicos específicos algunas preguntas orientadoras podrían ser:

1. ¿Qué sentido asignar a “eficacia” de la escuela?; 2. ¿Qué entender por “saber” una ciencia? ¿Todos los saberes de cada campo de conocimiento han de ser aprendidos, o algunos son más relevantes que otros?; 3. ¿Cómo saber que los alumnos saben? ó ¿Cómo saber lo que no saben?; 4. ¿Quién tiene que saberlo? ¿Para qué?

Bibliografía

Astolfi, J. P.

1994 "Didáctica plural de las ciencias. Análisis contrastado de algunas publicaciones de investigación" en *Revista Investigación en la Escuela* N° 24, Madrid.

Ausubel, D., J. Novak y H. Hanesian

Psicología educativa. Un punto de vista cognocitivo, Méjico, Trillas.

Bachelard, G.

1978 *La formación del espíritu científico*, México, Siglo XXI.

Benlloch, M.

1984 "Por un aprendizaje constructivista de las ciencias" en *Propuesta didáctica para el ciclo superior de básica*, Madrid, Visor.

Bunge,

1985 *Seudociencia e Ideología*, Madrid, Alianza.

Chalmers, A.

1988 *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Buenos Aires, Siglo XXI, Buenos Aires.
La ciencia y cómo se elabora, España, Siglo XXI Editores.

Claxton, G.

1984 *Vivir y aprender*, Madrid, Alianza.

Coll, C.

1990 *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*, Buenos Aires, Paidós Educador.

Díaz, E. y M. Heler

1992 *Hacia una visión crítica de la ciencia*, Buenos Aires, Biblos.

Gil Pérez, D.

1994 "Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico" en *Revista Investigación en la Escuela* N° 23.

Gil Pérez, D. y M. de Guzmán Ozámiz

1993 *Enseñanza de las ciencias y la matemática. Tendencias e innovaciones*, Madrid, Editorial Popular.

Gil, D.

1987 "Los programas-guías de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias" en *Revista Investigación en la Escuela* N° 3.

Giordán, A.

1996 "¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización didáctica de las concepciones de los estudiantes" en *Revista Investigación en la Escuela* N° 28.

Kelly, G.

1966 *Teoría de la personalidad. La psicología de los constructos personales*, Buenos Aires, Troquel.

Klimovsky, G.

1995 *Las desventuras del conocimiento científico*. Buenos Aires, AZ Editora.

Kuhn, T.

1985 *La estructura de las revoluciones científicas*. México, F.C.E.

Marcelo García, C.

1995 *Formación del profesorado para el cambio educativo*. Barcelona, EUB.

Matthews, M. R.

1994 "Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual" en *Revista Enseñanza de la Ciencias*.

Novak, J. D.

1988 "El constructivismo humano: Hacia la unidad en la elaboración de significados psicológicos y epistemológicos" en Porlán, R.; García J. E. y Cañal, P. (Comps.) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla, Díada.

Piaget, J. y Apostel, L.

1986 *Construcción y validación de las teorías científicas. Contribución de la epistemología genética*. Buenos Aires, Paidós Studio.

Popper, K.

1934 *La lógica de la investigación científica*. Madrid, Tecno. (Trad. al castellano. 1962).

1963 *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del pensamiento científico*. Buenos Aires, Paidós. (Trad. al castellano. 1983)

Porlan, R

1993 *Constructivismo y Escuela*. Sevilla, España, Díada Editora.

Posner, G.; Strike, K.; Hewson, P.; Gertzog, W.

1988 "Acomodación de un concepto científico. Hacia una teoría del cambio conceptual" en Porlán, García y Cañal (Comps.) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Ob. Cit.

Pozo, J. I.

1989 *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid, Morata.

Prigogine, I. y Stengers, I.

1990 *Entre el tiempo y la eternidad*. Madrid, Alianza.

Reid, D. y Hodson, D.

1993 *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid, Narcea.

Rodrigo, M. J.; Rodríguez, A. y Marrero, J.

1993 *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid, Visor.

Soler, E.; Alvarez, L. y otros

1992 *Teoría y práctica del proceso de enseñanza-aprendizaje*. Pautas y ejemplos para un desarrollo curricular. Madrid, Narcea.

Toulmin, S.

1977 *La comprensión humana. I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos.* Madrid, Alianza.

Villar Angulo, L. M. (Director)

1988 *Conocimiento, creencias y teorías de los profesores.* Madrid, Alcoy Marfil.