

DESARROLLO COGNITIVO Y MODELO CONSTRUCTIVISTA EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

F. JAVIER PERALES PALACIOS

RESUMEN

Este trabajo presenta la obra de Piaget desde una amplia perspectiva utilizando, para ello, los tres núcleos básicos en que puede ser aglutinada: teoría independiente de las etapas, teoría dependiente de las etapas y epistemología genética. Seguidamente se analizan sus implicaciones educativas y, en particular, las referentes a la Didáctica de las Ciencias. El resto del estudio está dedicado a relacionar la teoría de Piaget con el Modelo Constructivista o de Cambio Conceptual para la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias, lo que se aborda a través de una revisión de las coincidencias y discrepancias entre ambos modelos para, finalmente, reclamar la elaboración de un modelo integrador.

ABSTRACT

This paper shows the work of Piaget as seen from a wide viewpoint, for which we have used the three essential points that may be characterized: theory independent of stages, theory dependent of stages, and genetic epistemology. The educational implications are then analyzed, particularly those referring to the didactics of science. The rest of this study is based on relating Piaget's to the constructivist model or conceptual change model for teaching-learning about science, which is carried out by revising the similarities and discrepancies between both models. Finally, a new integrating model is claimed.

PALABRAS CLAVE

Desarrollo cognitivo, Constructivismo, Didáctica de las ciencias.

KEYWORDS

Cognitive development, Constructivism, Teaching of science.

1. DESARROLLO COGNITIVO Y PSICOLOGIA EVOLUTIVA DE PIAGET

El concepto de "Desarrollo Cognitivo o Cognoscitivo" hace referencia a los cambios producidos en la adquisición de conocimiento por parte de los individuos como consecuencia de su evolución psicológica y fisiológica. Dado que los cambios inherentes a dicha evolución poseen una incidencia fundamental durante el periodo comprendido entre el nacimiento y la adolescencia, el ámbito de la Psicología dedicado a su estudio es el de la Psicología Genética, Evolutiva o del Desarrollo.

Dicho esto el siguiente paso a dar sería la identificación casi exclusiva de este campo psicológico con la figura de su máximo representante reciente, Jean Piaget, de modo que podemos decir sin miedo a equivocarnos que éste ha elaborado la teoría más compleja y

coherente sobre el desarrollo cognitivo, por lo que resulta obvio que de aquí en adelante nos refiramos al modelo de la Psicología Evolutiva o de Piaget.

De cualquier modo hay que dejar bien sentado *a priori* que Piaget es sobre todo, no un psicólogo interesado en la interpretación de los mecanismos cognitivos del niño y su aplicación a la educación, sino y sobre todo un epistemólogo genético estudioso de los problemas generales e históricos del conocimiento y su interpretación mediante datos psicológicos.

Si se analiza la teoría piagetiana desde una perspectiva global cabe encontrar tres núcleos básicos en su obra (Flawell, 1977): teoría independiente de las etapas, teoría dependiente de las etapas y epistemología genética. En la fig. 1 aparece el organigrama representativo de la obra piagetiana y de los contenidos abordados en este trabajo.

1.1. Teoría independiente de las etapas

Dentro de este apartado incluimos, por un lado, los mecanismos generales del conocimiento y, por el otro, los correspondientes específicamente al cambio de estado cognitivo.

Mecanismos generales de conocimiento

Refiriéndonos primeramente a los mecanismos generales del conocimiento según Piaget, es posible distinguir una vertiente estática, "organización" y una vertiente dinámica, "adaptación" quien, a su vez, incluye dos procesos simultáneos, "asimilación" y "acomodación". Estos mecanismos generales por los que el individuo adquiere el conocimiento son para Piaget invariantes funcionales, es decir, propiedades del intelecto heredadas o innatas y que vienen a representar la forma particular en que este interacciona con el mundo de su entorno, esto es, "funciona".

Cambio de estado cognitivo

El desarrollo cognitivo en el sentido piagetiano del término está regulado por el mecanismo de la "equilibración". Junto al carácter progresivo del desarrollo cognitivo aparecen fases en el mismo que le dotan de un carácter discontinuo en su evolución. Los cambios de estado de equilibrio (o de desarrollo cognitivo) vendrán caracterizados por un desequilibrio entre la asimilación y la acomodación que conducirá normalmente a un nuevo estado más equilibrado. Cuando prevalece la asimilación se produce una deformación de lo conocido y, en cambio, cuando lo hace la acomodación da lugar a un conocimiento inestable e inseguro (Mayer, 1987). Piaget (1978) ha denominado dicho proceso de cambio cognitivo como "equilibrio-desequilibrio-reequilibración".

Un enfrentamiento del sujeto a una información conocida no generará en aquel adaptación, por lo que tampoco producirá desarrollo cognitivo; por el contrario, una información totalmente desconocida traerá como consecuencia la imposibilidad de dicha adaptación y también, aunque por causas diferentes, impedirá dicho desarrollo; no obstante, Piaget distinguió situaciones cognoscitivas de contradicción o "conflicto cognitivo" entre las predicciones del sujeto y la realidad, las cuales podrían constituir en ciertos casos un estímulo para la propia acción mental, generando tres tipos de respuestas posibles ("alpha,

beta y gamma") según el hecho que provoca el conflicto y el nivel de desarrollo del individuo (Carretero y Martín, 1984).

En la evolución global del conocimiento de cada individuo, la equilibración no actúa simultáneamente sobre todas las estructuras cognoscitivas, sino que puede hacerlo sobre unas antes que otras y, dentro de cada una de ellas, sobre unos contenidos antes que sobre otros, lo que ha sido denominado por Piaget como "décalage" vertical y horizontal, respectivamente.

1.2. Teoría dependiente de las etapas

Este segundo núcleo teórico de la obra de Piaget es quizás el más conocido y al mismo tiempo el que ha originado un mayor desprestigio de su obra entre algunos psicólogos y educadores actuales. Los datos que se poseen y que parecen invalidar parte de los presupuestos de su estudios dedicados a la sistematización de las etapas del desarrollo cognitivo, han eclipsado la ingente labor desarrollada en el campo de la epistemología genética y de la teoría de la adquisición del conocimiento. Usando su mismo lenguaje, podríamos decir que con demasiada frecuencia se ha contemplado a Piaget desde un nivel operatorio concreto, identificando su teoría global con las etapas de desarrollo.

Los periodos de desarrollo, estados, estadios, niveles, etc. representan para Piaget las principales formas que adoptan las invariantes funcionales de su intelecto en la adquisición de conocimiento y a las cuales describió como conjuntos con unas propiedades lógico-matemáticas. Desde el punto de vista psicológico, dichos periodos poseen tres características: (a) se adquieren en un orden invariable; (b) son acumulativas, es decir, van integrándose sucesivamente unas en otras; (c) cada periodo consta de un subperiodo previo de preparación o construcción de las estructuras y otro de consolidación de las mismas.

Piaget distinguió tres periodos de desarrollo con subdivisiones en subperiodos, etapas y subetapas. Tales periodos son conocidos con las denominaciones de inteligencia sensorio-motora (0-2 años), preparación y organización de las operaciones concretas (2-11 años) y el de las operaciones formales (11-15 años). Dado lo prolijo de su descripción en la literatura especializada, remitimos al lector a su consulta (por ejemplo, Flawell, 1977).

El desarrollo así concebido tendría como objeto la adquisición de "operaciones mentales" por parte del individuo, las cuales pueden definirse como una acción interiorizada reversible que puede considerarse integrada en una estructura de conjunto matemático.

1.3. Epistemología genética

La contribución más original y apreciada de Piaget al campo epistemológico estriba en la dimensión psicológica e histórica con la que abordó los problemas epistemológicos clásicos. Es decir, utilizó sus propios datos del desarrollo cognitivo de los individuos para interpretar la propia evolución histórica del conocimiento. Esto supone la identificación entre la Epistemología Genética como Psicología Evolutiva aplicada, restándole así a aquella carácter especulativo.

Los trabajos de Piaget en esta disciplina se movieron en torno a tres ámbitos de aplicación: enfoque histórico-evolutivo de conceptos matemáticos y físicos, análisis y

reinterpretación de núcleos epistemológicos clásicos y la elaboración de un modelo estructural para la descripción de las interrelaciones entre las diversas ciencias (el "círculo de las ciencias").

1.4. Críticas a la teoría de Piaget

El extenso trabajo de Piaget ha recibido desde sus orígenes críticas de distinta magnitud, por ejemplo por parte de Vigotsky, Wallon, etc. Hoy día y desde el campo de la educación científica viene emergiendo el modelo "constructivista" o de "cambio conceptual" que es contemplado como una alternativa sugestiva al modelo piagetiano. Vamos a distinguir entre críticas globales y particulares. De las primeras vamos a recoger las siguientes:

- (i) La teoría de Piaget es demasiado extensa y compleja como para poder ser comprendida y sintetizada.
- (ii) Algunos de sus estudios son en exceso vagos, lo que impide su verificación.
- (iii) Los métodos usados en sus investigaciones pueden ser a veces cuestionados (Mayer, 1987).
- (iv) La aceptación exenta de crítica de la tecnología derivada de los estudios piagetianos puede conducir a una política restringida de acceso a la educación basada en una necesaria "preparación" (Gilbert y Swift, 1985).

En cuanto a las críticas específicas, han permitido el surgimiento de modelos "neopiagetianos" (p. ej., de Sigel y, sobre todo, de Case) y han afectado especialmente a su teoría de los periodos de desarrollo y, en concreto, a la universalidad del periodo de las operaciones formales, la discontinuidad del proceso de cambio e, incluso, a su propia existencia. No obstante, el mismo Piaget admitía en 1972 tres hipótesis alternativas para explicar la aparente ausencia de universalidad en el pensamiento formal de los adultos: (a) todos los individuos normales son capaces de desarrollar el pensamiento formal; de cualquier modo, sus entornos sociales fallan en proporcionar el necesario sustento; (b) los individuos varían en aptitudes para el razonamiento formal; por consiguiente, incluso en entornos favorables algunos fallarán en adquirir formas de pensamiento formal; y (c) todos los individuos adquieren formas de pensamiento formal pero en diferentes áreas de acuerdo con sus aptitudes y especializaciones profesionales.

2. IMPLICACIONES EDUCATIVAS DE LA TEORIA PIAGETIANA

2.1. Implicaciones generales

El aporte piagetiano a la visión del desarrollo del sujeto dentro del ámbito educativo consiste básicamente en haber supuesto a aquel como dependiente del propio desarrollo cognitivo y de la naturaleza de su interacción con el medio (Mayer, 1987). En cualquier caso, es la propia consideración del alumno como el agente constructor de su propio conocimiento, en detrimento de la educación centrada en la materia o en el profesor como el

agente transmisor, lo que valida la contribución de Piaget al mundo educativo. A pesar de que Piaget no elaboró ninguna teoría instructiva, los neopiagetianos como Case o Pascual-Leone sí se han interesado por las posibles consecuencias de la teoría piagetiana sobre la enseñanza. Entendiendo la educación como la síntesis del proceso enseñanza-aprendizaje, vamos a considerar ambos aspectos en la revisión de estas implicaciones, establecidas en un contexto amplio y no necesariamente ortodoxo desde un punto de vista piagetiano.

Enseñanza

Enumeraremos y describiremos brevemente algunas de las principales implicaciones.

- (i) Utilización de los métodos e instrumentos de investigación de Piaget para la evaluación individual del desarrollo intelectual, aptitudes específicas para el estudio, disposición para diversos tipos de instrucción, etc. En concreto, el "método clínico" ha servido como base para multitud de investigaciones educativas, siendo el "error" individual la guía esencial para su diagnóstico.
- (ii) Adaptación del contenido y métodos de la enseñanza al nivel de desarrollo cognoscitivo de los alumnos y, yendo más allá, se plantearía la necesidad de que la enseñanza promueva dicho desarrollo en cuanto a las habilidades que los caracterizan (por ejemplo, comenzando con la manipulación directa de elementos de aprendizaje para progresivamente ir promoviendo la conversión de estas acciones en operaciones mentales).
- (iii) Socialización de la enseñanza, es decir, incentivar la interacción entre los alumnos y de estos con su entorno humano (por ejemplo, mediante trabajo en grupos).

Aprendizaje versus desarrollo cognitivo

En este apartado vamos a hacernos eco de los resultados de algunos estudios experimentales sobre diversas aplicaciones de la teoría de Piaget.

- (i) Los estudios emprendidos parecen validar las estructuras cognoscitivas evolutivas introducidas por Piaget.
- (ii) Las investigaciones destinadas a producir o a acelerar el desarrollo cognitivo no tuvieron resultados totalmente satisfactorios, dependiendo de si los experimentos eran a nivel de laboratorio o masivos, es decir, en situaciones cotidianas (siendo más positivos en el primer caso). En cuanto a los efectos a largo plazo, parecen depender de la continuidad del proceso educativo empleado. De cualquier modo, la mayor parte de estas investigaciones no pueden adscribirse al modelo piagetiano, ya que el propio Piaget niega la posibilidad de la aceleración cognitiva.
- (iii) Tales estudios y sus propios datos corroboran la dificultad intrínseca de responder al interrogante de cómo adquieren las personas el conocimiento. Sería preciso emprender al efecto estudios "ecológicos" de la interacción entre el individuo y su entorno.

- (iv) Debe profundizarse en la validez del proceso equilibrio-desequilibrio-reequilibrio como mecanismo explicativo del desarrollo cognitivo (Aebli, 1977; Flavell, 1977; Mayer, 1987).

2.2. Implicaciones en Didáctica de las Ciencias

En este subapartado vamos a referirnos a las implicaciones educativas de la teoría piagetiana dentro del ámbito específico de la Didáctica de las Ciencias. Dicha especificidad puede articularse en torno a tres núcleos:

- (i) Desarrollo cognitivo y aprendizaje de las ciencias. Los datos recopilados demuestran que aun cuando los individuos que operan formalmente están más capacitados para la comprensión de los conceptos científicos formales que los de estadios cognitivos inferiores, con frecuencia vuelven a dichos estadios cuando se enfrentan a un contenido nuevo y sólo operan a su nivel habitual cuando han logrado acumular un nivel de experiencia adecuado en el nuevo contexto curricular. Hablando en el lenguaje de Piaget, se estaría produciendo un "decalage" vertical que se podría interpretar como un desfase entre la estructura cognoscitiva previa y el nuevo contenido (Chiappetta, 1976).
- (ii) Análisis de curricula. La necesidad de adaptar el contenido científico al nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes ha generado algunos estudios de análisis o taxonomía de actividades, en cuanto a su demanda cognitiva, incluidas en diversos proyectos curriculares que, en cualquier caso, no suelen ser fáciles de reproducir al no estar claramente objetivados. El exponente más reciente lo constituye el trabajo de Shayer y Adey (1981).
- (iii) Proyectos curriculares con base en la teoría piagetiana. En los últimos años han surgido proyectos para la enseñanza de las ciencias que intentan adaptar las secuencias de enseñanza a los periodos de desarrollo cognitivo de los alumnos (véase, p. ej., Araújo y Chadwick, 1988).

3. RELACIONES ENTRE LA TEORIA DE PIAGET Y EL MODELO CONSTRUCTIVISTA PARA LA EDUCACION CIENTIFICA

Las relaciones que se pueden establecer entre ambos paradigmas educativos las hemos agrupado en torno a tres dimensiones del modelo constructivista: fundamentación, implicaciones educativas y estudios de investigación, finalizando con las conclusiones que, a modo de síntesis, extraeremos de dichas relaciones.

3.1. Fundamentación del modelo constructivista

Lo que viene surgiendo en el ámbito particular de la Didáctica de las Ciencias como Modelo Constructivista o de Cambio Conceptual (véase, p. ej., Hashweh, 1986; Driver, 1989) durante los últimos años se presenta hoy día como un eje de investigación floreciente, aunque falto de un sostén teórico claramente explícito y de una experimentación suficientemente contrastada (Perales, 1988). Quizás el único punto de referencia

comúnmente aceptado sea el que parte de la famosa frase de Ausubel que enfatiza como factor primordial del aprendizaje la toma en consideración de los conocimientos previos de los alumnos, y su consideración como punto de partida de la enseñanza.

En otro trabajo (Perales, 1988) hemos considerado la fundamentación del modelo constructivista debida a la filosofía de la ciencia, a la psicología y a una base empírica. En este trabajo y por razones obvias nos referiremos al aspecto psicológico de dicha fundamentación y, en concreto, debemos hablar a este respecto de Ausubel versus Novak y de Piaget.

Ya hemos dejado en las páginas anteriores constancia de la dimensión constructiva que para Piaget posee el proceso de adquisición de conocimiento, fundamentalmente a través de los mecanismos de adaptación y equilibración, de tal modo que el conocimiento no es adquirido mediante una internalización de lo externo, sino como una construcción desde dentro. Este constructivismo piagetiano fue también extrapolado al campo específicamente epistemológico (Piaget, 1977). El constructivismo de Piaget y el de Kelly (1955) fueron recogidos críticamente por Driver en sus primeras formulaciones de lo que hoy viene constituyéndose como modelo constructivista y, en su caso, como vertiente más pragmática del mismo (p. ej. Driver, 1983).

Discrepancias

(i) En el caso de la Psicología Cognitiva de Ausubel en versión de Novak, éste mostró serias reticencias con relación a la teoría piagetiana que podemos resumir en los siguientes puntos recogidos de una obra de dicho autor (Novak, 1977):

- (a) Diferencias en el papel asignado al lenguaje: Piaget lo considera como una consecuencia de la estructura operatoria de los sujetos y Novak se inclina por concederle un papel esencial en el funcionamiento cognitivo (en la línea de Vygotsky).
- (b) El hecho de que muchos adultos no manifiesten una naturaleza operatoria formal es reinterpretada por Novak como la ausencia en éstos de una estructura cognitiva específica relevante.
- (c) Para Piaget, el pensamiento humano "racional" debería tener un carácter universal, en cambio para Ausubel dependería de la incorporación de un modo significativo de las experiencias de los individuos, es decir, poseería un carácter idiosincrático.
- (d) Para Novak las investigaciones neurobiológicas no parecen indicar la aparición de nuevos mecanismos neuronales durante el crecimiento del niño y, por ende, estadios cognitivos diferenciados y sí, en cambio, aparecen nuevas neuronas y relaciones entre ellas.

La versión que, de Piaget, ha expuesto repetidamente Novak ha sido seriamente contestada por los investigadores piagetianos y neopiagetianos (p. ej. Herron, 1978).

Proseguiremos a continuación con una síntesis de las discrepancias apuntadas por otros autores:

(ii) La visión constructivista del aprendizaje que posee Piaget se refiere a la construcción de las estructuras operatorias; en cambio en el modelo constructivista lo que se construye es el significado del contenido (López, 1989).

(iii) Se ha comprobado sobradamente que en la resolución de tareas formales no sólo influye la estructura lógica del problema -como postulaba el modelo piagetiano- sino también el contenido a que se refiera dicho problema. Esta influencia del contenido está mediatizada esencialmente por las ideas o concepciones previas que el sujeto tenga con respecto a ese contenido. En definitiva, según los datos disponibles parece que el parámetro formal no sólo no es universal -y, por tanto, al no desarrollarse espontáneamente, requiere instrucción- sino que tampoco es un parámetro con una estructura de conjunto sino un conjunto de estrategias o esquemas para la solución de problemas que no se adquieren unitariamente y, para mayor desgracia, ni siquiera es totalmente formal, ya que depende decisivamente del contenido de la tarea. Sin duda, las habilidades cognitivas recogidas por Piaget bajo el nombre de pensamiento formal son una condición necesaria para acceder al conocimiento científico, pero de ningún modo pueden aceptarse como condición suficiente (Pozo y Carretero, 1987). Esta dependencia del razonamiento respecto del contenido de la materia que se aborda ha sido investigada por Inhelder y, asimismo, la Psicobiología viene apuntando que la razón puede estar relacionada con el ámbito de conocimiento, con la propia estructura de los mecanismos de procesamiento de la información, etc.

(iv) La teoría de Ausubel no explica por qué las preconcepciones son las mismas o casi las mismas en personas de diferente educación o pertenecientes a diversas culturas y esta dificultad se hace más seria ya que la teoría afirma que el aprendizaje es altamente idiosincrático. En el caso de la teoría piagetiana las preconcepciones son posibles y corresponden a estructuras cognoscitivas elaboradas por el sujeto para su uso diario, influidas por todos los elementos de su ambiente incluyendo la presión social. Estas preconcepciones no pueden clasificarse de "erróneas", sino que, a pesar de no ser científicamente correctas, son *adecuadas* para su desempeño. Las concepciones ingenuas o preconcepciones aparecen, según la teoría de Piaget, porque el sujeto no posee (todavía) las estructuras cognoscitivas necesarias para la asimilación de ciertos elementos los cuales son *deformados* para posibilitar su asimilación a los esquemas existentes. Es un ejemplo de una conducta tipo o bien lo que ha sido calificado como una *asimilación deformante* (Criscuolo, 1987).

(v) La hipotética articulación de las preconcepciones en "teorías" personales, sólo sería posible para individuos que hubiesen alcanzado un nivel operatorio formal.

(vi) En sus numerosos estudios sobre el razonamiento infantil, Piaget tomó las nociones de los niños como claves para identificar su nivel operatorio. En cambio al constructivismo estas nociones le interesan "per se" y como punto de partida para su modificación.

(vii) Para Piaget el concepto de desarrollo cognitivo equivale al de las estructuras cognoscitivas y, en definitiva, al de las habilidades que las caracterizan. Para el constructivismo, el desarrollo cognitivo se identifica con el acercamiento individual al contenido científico, lo que se conoce como cambio conceptual.

Coincidencias

(i) Piaget describió cómo las características *generales* del razonamiento cambiaban con el desarrollo, pero en los pequeños detalles se observaron muchas irregularidades y desviaciones de este patrón general. Una conclusión rápida que puede extraerse a partir de estas irregularidades es que *no* existe una forma general de razonamiento en las distintas edades. Otra conclusión es que la forma de la "realidad" *sobre* la cual se está razonando produce una diferencia tan importante como las operaciones epistémicas que se utilizan en las distintas edades, que las variaciones en los procesos ónticos o de construcción de la "realidad" son tan cruciales como los cambios en las operaciones (Feldman, 1990).

(ii) La noción de construcción es necesaria para explicar por qué al conocer las cosas les atribuimos sistemáticamente propiedades que no poseen. Para estudiar el conocimiento humano no basta estudiar las propiedades de lo que se conoce, sino que deben estudiarse también las estructuras mediante las cuales se conoce (Koplowitz, 1975).

(iii) Ya que toda observación debe estar basada en la teoría, tanto las nociones previas como el desarrollo cognitivo serán importantes para la comprensión de una situación experimental (Driver y Easley, 1978).

(iv) En la obra de Piaget: "Psicología genética e Historia de la Ciencia" pueden encontrarse algunos ejemplos acerca de la influencia de las ideas previas sobre el aprendizaje y la Historia de la Ciencia (López, 1989) ("paralelismo entre las ideas previas y su evolución histórica en el modelo constructivista").

(v) La famosa frase de Ausubel es aceptada ahora ampliamente, quizás porque, como ha apuntado Driver (1980), puede ser interpretada de muchas formas distintas. Por ejemplo:

(a) Encontrar las subhabilidades que tiene un alumno, desarrollando después la secuencia que parta de estas subhabilidades (Gagne y White, 1978).

(b) Encontrar las estructuras lógicas del pensamiento de las que el niño es capaz e igualar las demandas lógicas del curriculum (Shayer y Adey, 1981) (las citas pueden encontrarse en Osborne y Freyberg, 1985).

(vi) Novak y sus discípulos han adoptado siempre la hipótesis de que el factor principal que limita el rendimiento de los estudiantes en la resolución de problemas (de genética) es el conocimiento específico declarado, mientras que los piagetianos y neo-piagetianos han enfatizado la hipótesis de que depende de las habilidades generales de razonamiento científico. De cualquier modo, éstos han argumentado que la hipótesis más probable es que dependa de ambas. En otras palabras, algunas personas son cualitativamente mejores razonadores que otros, pero ningún razonamiento tiene lugar fuera de contextos específicos (Lawson, 1989).

(vii) Como ya apuntamos anteriormente, Piaget admitía que las personas pudieran adquirir el pensamiento formal de forma tardía y dependiendo de su especialización profesional, o lo que es lo mismo del contexto específico del conocimiento.

(viii) Finalmente podemos señalar que el constructivismo, en su fase de diagnóstico de ideas previas, ha adoptado con frecuencia el método clínico introducido por Piaget en sus investigaciones.

Interpretación piagetiana de los modelos de cambio conceptual

En este subapartado estableceremos de forma resumida las relaciones entre la teoría piagetiana y tres modelos distintos que intentan explicar el cambio conceptual, premisa básica para el modelo constructivista.

(i) Comenzando con el modelo de "cambio conceptual" de Strike y Posner (1982), este puede concretarse en cuatro condiciones necesarias para que se produzca el cambio conceptual:

- (a) Debe existir insatisfacción con las concepciones existentes.
- (b) La nueva concepción debe ser inteligible.
- (c) Una nueva concepción debe parecer inicialmente posible.
- (d) El nuevo concepto debería sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero.

La fase (a) podría ser equivalente al hecho descrito por Piaget en que el individuo se enfrenta a situaciones cognitivas que contradicen sus esquemas previos (conflicto cognitivo). La fase (b) del modelo es fácilmente identificable con el concepto de asimilación de Piaget: el nuevo concepto deberá conectar con la estructura cognoscitiva previa, produciéndose a la vez la acomodación de dicha estructura para dar cabida a dicho concepto, lo que no podría tener lugar sin la creencia en la posibilidad de su ocurrencia (fase c), tal equivalencia ha sido reconocida explícitamente por los autores (Strike y Posner, 1990).

(ii) El modelo de "aprendizaje generativo" de Wittrock (Osborne y Freyberg 1985) se centra en las fases que sufre la información desde la entrada sensorial hasta su integración en la memoria, entendida como construcción del conocimiento. Nuevamente, la teoría de Piaget es perfectamente compatible con este modelo haciendo uso del proceso de acomodación (equivalente al almacenamiento en la memoria y reestructuración de las ideas previas en dicho modelo).

(iii) En último lugar, el sofisticado modelo de Pozo (1987) incorpora explícitamente las ideas piagetianas de asimilación, acomodación y conflicto cognitivo. (Igualmente hicieron Nussbaum y Novick (1982) al introducir el término de "acomodación" para explicar el cambio conceptual).

3.2. Implicaciones educativas del modelo constructivista

(i) Según Pozo y Carretero (1987) la ciencia debe dejar de ser un pretexto para el desarrollo de habilidades generales y servir sobre todo para proporcionar al alumno núcleos conceptuales específicos que, de otra manera, por sí mismo nunca adquiriría. El que los alumnos generen o "inventen" conceptos científicos básicos no deja de ser algo minoritario. Por todo lo cual para que se produzca el cambio conceptual es preciso que el alumno *reciba*

aquellas teorías científicas que no sea capaz de descubrir por sí mismo. Para que esa enseñanza receptiva sea eficaz ha de alejarse radicalmente de la vieja enseñanza repetitiva tradicional, manteniéndose dentro de posiciones constructivistas y acompañándose siempre de ejercicios de descubrimiento y consolidación de los conceptos adquiridos.

(ii) Para Acevedo *et al.* (1989), parece claro que una parte de las actividades en el aula deben destinarse a favorecer el desarrollo cognitivo de los escolares, pero esto no basta, porque los estudiantes encuentran generalmente muchas dificultades para aplicar las estrategias adecuadas en la correcta resolución de las tareas científicas.

(iii) Uno de los puntos de encuentro de ambos modelos didácticos -constructivista y el derivado de la teoría piagetiana-, el "conflicto cognitivo o cognoscitivo", es para Criscuolo (1987) difícil de producir. Sin embargo, este autor apunta la posibilidad de hacer uso del Laboratorio Cualitativo, es decir, un laboratorio que ponga énfasis en la predicción y el contraste de esas predicciones con los resultados experimentales.

(iv) Lawson (1983) reivindica que no se pretenda hacer a los profesores "ausubelianos" o "piagetianos" sino clarificar primero lo que se quiere que aprendan los estudiantes y probar en ellos las dimensiones cognitivas que predigan mejor este aspecto del rendimiento, modificando después la instrucción convenientemente.

3.3. Estudios de investigación

En este apartado vamos a reproducir de una forma sintética los resultados más significativos de algunos estudios de investigación que incluyen el contraste entre variables tipo constructivista y otras con matiz piagetiano.

(i) Novak (1977) encontró que había niños en sus investigaciones que podían tener un aprendizaje verbal con abstracciones de segundo orden en una edad que para Piaget no debería ocurrir. Por otro lado, realizó una reinterpretación según la óptica ausubeliana de algunos estudios en la órbita de la teoría piagetiana.

(ii) Un estudio emprendido por Selman *et al.* (1982) proporcionó una correlación significativa entre el desarrollo de los conceptos científicos y el pensamiento operacional concreto como se manifiesta en tareas lógico-matemáticas. Para los autores los resultados sugieren una interacción en la que el desarrollo cognitivo general promueve el desarrollo de conceptos específicos de ciencias y a su vez éstos promueven el desarrollo cognitivo general del niño.

(iii) Un estudio correlacional abordado por Lawson (1983) en torno a un contenido científico medido a través de tres tipos de tests, le permitió encontrar que el estilo cognitivo, el conocimiento previo y la creencia en el contenido estaban relacionados significativamente con el rendimiento global de la prueba, mientras que el nivel de desarrollo y la capacidad mental no lo estaban. De cualquier modo, estas dependencias variaban según el tipo de test. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por nosotros (Perales *et al.*, 1989; Perales y Nievas, 1990) con muestras de diversas edades y a través de una prueba escrita multivariada, aunque en nuestro caso el nivel de desarrollo cognitivo influyó significativamente en dos de las tres muestras consideradas.

(iv) En la línea de investigación que estamos comentando, Grimellini y Pecori (1984) detectaron una consistencia interna mucho mayor en los marcos de referencia (o ideas previas) de los alumnos con un mayor nivel de razonamiento.

(vi) Osborne y Freyberg (1985) no fueron capaces de identificar estados (piagetianos u otros) en las respuestas de estudiantes a diversas pruebas, excepto en los términos más generales de decrecimiento egocéntrico y explicaciones antropomórficas con la edad así como una tendencia creciente hacia la hipotetización abstracta. Para los autores, los niños procesan la información de forma diferente de acuerdo con sus experiencias más que con su edad.

(vii) Criscuolo (1987) se refiere a estudios suyos anteriores que revelaban una jerarquización de las preconcepciones de los alumnos y la alta correlación entre los niveles jerárquicos y los estadios cognoscitivos definidos por Piaget.

(viii) López (1989) realizó un análisis de diversos ítems físicos mediante una taxonomía piagetiana y una identificación de errores conceptuales de naturaleza intuitiva, evidenciándose una complementariedad en ambos procedimientos.

(ix) Eckstein y Shenesh (1989), al revisar los resultados de una prueba sobre movimiento pasada a alumnos de diferentes edades, identificaron dos categorías de respuestas: "intuitivas" (correctas, pero con un razonamiento falso) y "lógicas" (incorrectas, pero con un razonamiento lógico). La proporción de respuestas se mantuvo prácticamente constante en los distintos intervalos de edad.

(x) Mariani y Ogborn (1990) interpretaron el razonamiento de "sentido común" de los estudiantes sobre la conservación desde una óptica psicogenética y sociogenética piagetiana.

(xi) Monk (1990, 1991) ha puesto de evidencia la interrelación entre los datos referentes a las concepciones previas de los alumnos y su estadio de desarrollo cognitivo.

4. CONCLUSIONES

Como advierte Wittrock (1989), asumir un solo modelo educativo supone necesariamente la profundización en una única parcela de la enseñanza, con el consiguiente peligro de ignorar o trivializar el entorno restante. Por lo tanto no debe denostarse a la Didáctica de las Ciencias como una disciplina inmadura por la coexistencia de modelos alternativos, antes bien ello implica incidir en aspectos educativos complementarios y conducir potencialmente a la generación de un modelo híbrido en un momento dado de su desarrollo.

A pesar de las razones a nuestro juicio más que suficientes para abogar por un modelo aglutinante, cabría preguntarse las razones por las cuales no ha sido esta la tendencia dominante en la investigación de la época más reciente. López (1989) ha argumentado razones filosóficas, psicológicas, ideológicas y didácticas que explicarían este injustificable divorcio. Por nuestra parte añadiríamos el hecho de que el modelo piagetiano implica un uso más intensivo de las actividades de laboratorio para la enseñanza de habilidades cognitivas (p. ej., control de variables, razonamiento hipotético-deductivo, etc.) y, por consiguiente,

resulta una enseñanza "costosa". Sin embargo, el modelo constructivista aparece como más compatible con una enseñanza verbal (Perales, 1988) y, por lo tanto, más acorde con clases numerosas o centros mal dotados de instalaciones y material de prácticas. Por otra parte, este último modelo se presta a la generación de investigaciones empíricas con más facilidad que en el caso del modelo piagetiano.

Argumentando a la inversa, subsisten otros serios inconvenientes a la hora de llevar a la práctica los presupuestos constructivistas, algunos de los cuales pueden expresarse como sigue:

- (a) La no existencia de preconcepciones por parte de los alumnos en algunos tópicos del curriculum de ciencias.
- (b) La ubicación de las pruebas para la identificación de las nociones previas a lo largo del desarrollo del curso puede resultar problemática por la propia interferencia entre aquellas y la enseñanza impartida, dada la estrecha relación entre los conceptos científicos.
- (c) Falta de reflejo de los resultados de la investigación educativa en los libros de texto, con honrosas excepciones (Hynd y Alvermann, 1986).
- (d) La necesaria adaptación de los alumnos a un nuevo modelo de enseñanza en el que, en lugar de requerírsele que reproduzca lo enseñado, debe "construir" su conocimiento a partir de una permanente puesta en entredicho de sus ideas previas.
- (e) El profesorado no sólo debe estar identificado con el modelo sino que además debe generar unas alternativas al conocimiento espontáneo de sus alumnos que les resulten verosímiles y satisfactorias.
- (f) Finalmente debe apuntarse la imprescindible coordinación del profesorado dentro de cada centro educativo que evite al alumnado contradicciones extremas en los métodos de enseñanza recibidos.

Vamos a recoger a modo de síntesis algunas opiniones que pueden esgrimirse para reclamar la elaboración de un modelo común en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

(i) López (1989) sugiere que se trata de teorías (la piagetiana y el modelo de cambio conceptual), en un sentido filosófico, "cuasicomplementarias", es decir, teorías compatibles pero con algunas de sus premisas contradictorias.

(ii) Probablemente en los próximos años, modas aparte, habrá que hacer una utilización holística de los diversos modelos metodológicos y didácticos, tratando de integrar los diferentes aspectos que resulten validados por la investigación en situaciones de aula... Creemos que el aprendizaje y el desarrollo cognitivo de los alumnos vienen a ser como las dos caras de una misma moneda. La escolarización debería ayudar a mejorar ambos aspectos (Acevedo *et al.*, 1989).

(iii) Combinando los mejores aspectos de los modelos de desarrollo análogos junto con el modelo de análisis de errores, los educadores en ciencias deberían ser capaces de acercarse hacia una ciencia de enseñar ciencia (Good, 1988).

(iv) Nuestra posición es que la teoría de Ausubel es algo útil que puede proporcionar una excelente guía para la investigación, el desarrollo del currículum y la práctica escolar cuando el principal objetivo es enseñar nuevos conceptos y principios a los estudiantes que han desarrollado las operaciones lógicas necesarias para el aprendizaje significativo de aquellos conceptos y principios. Ya que la teoría de Ausubel no se dirige por sí misma a una descripción del desarrollo intelectual, creemos que sólo tiene un valor limitado en guiar la selección y secuenciación del contenido. Lo que tiene de valor la teoría es en términos de secuenciación de información (Herron, 1978).

(v) Mayer (1987) en el capítulo de su obra sobre Psicología Cognitiva que dedica al currículum de ciencias clasifica éste en: el problema de la física intuitiva, el pensamiento científico y la diferencia entre expertos y novatos.

De lo dicho hasta aquí parece desprenderse la necesidad de que el modelo integrador que reclamamos incorpore a su vez el modelo de Piaget -con la salvedad de la dudosa universalidad del pensamiento formal-, para explicar y fomentar la enseñanza y aprendizaje de habilidades cognitivas que, de hecho, son comunes al pensamiento científico, así como el modelo constructivista incidiendo en la detección y modificación de las preconcepciones y errores conceptuales y, por otro lado, la organización del contenido a impartir. Esto naturalmente implica el replanteamiento de los objetivos de la educación científica en lo referente a la necesidad de conseguir para los alumnos una formación conceptual y metodológica (Gil y Carrascosa, 1986). En cuanto a la dimensión epistemológica del nuevo modelo, a nuestro entender existen razones más que suficientes para considerar la teoría piagetiana como un instrumento de trabajo satisfactorio.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a los profesores Carmona Fernández y Sáenz Barrios por la revisión del manuscrito y sugerencias aportadas al mismo.

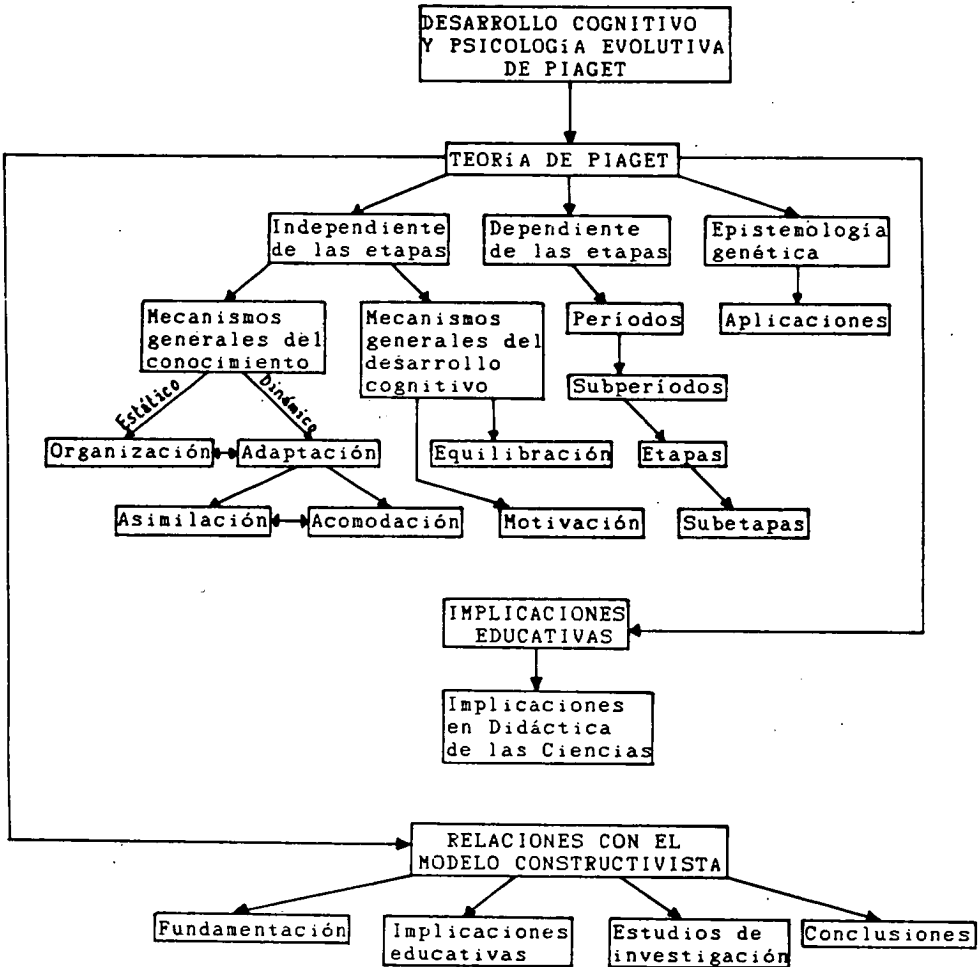


Fig. 1.- Organigrama secuencial del contenido desarrollado en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACEVEDO, J. A. et al. (1989): Sobre las concepciones en Dinámica elemental de los adolescentes formales y concretos y el cambio metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 27-34.
- AEBLI, H. (1973): *Una didáctica fundada en la psicología de Jean Piaget*. Kapelusz, Buenos Aires.
- ARAUJO, J.B. y CHADWICK, C.B. (1988): *Tecnología educativa. Teorías de instrucción*. Paidós, Barcelona.
- CARRETERO, M. y MARTIN, E. (1984): Las operaciones concretas. En: J. Palacios, A. Marchesi and M. Carretero (eds.). *Psicología Evolutiva 2. Desarrollo cognitivo y social en el niño*. Alianza Editorial, Madrid.
- CRISCUOLO, F.G. (1987): ¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje?. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 231-234. .

- CHIAPPETTA, E.L. (1976): A review of Piagetian studies relevant to science instruction at the secondary and college level. *Science Education*, 60 (2), 253-261.
- DRIVER, R. y EASLEY, J. (1978): Pupils and paradigms: a review of the literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- DRIVER, R. (1983): *The pupil as scientist?*. Open University Press, Londres.
- DRIVER, R. (1989): Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 481-490.
- ECKSTEIN, S.G. y SHEMESH, H. (1989): Development of children's ideas on motion: intuition vs. logical thinking. *International Journal of Science Education*, 11 (3), 327-336.
- FELDMAN, C.F. (1990): El pensamiento a partir del lenguaje: La construcción lingüística de las representaciones cognitivas. En: BRUNER, J. y HASTE, H. (comp.) *La elaboración del sentido. La construcción del mundo por el niño*. Paidós, Barcelona.
- FLAWELL, J.H. (1977): *The developmental psychology of Jean Piaget*. D. Van Nostrand Company Inc., U.S.A.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985): Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.
- GILBERT, J.K. y SWIFT, D.J. (1985): Towards a Lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69 (5), 681-696.
- GOOD, R. (1988): Analysis of student errors in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (2), 157-158.
- GRIMELLINI, N. y PECORI, B. (1984): Pupils' conceptions: some implications for teacher training. En: *Proceedings of International Summer Workshop: Research on Physics Education* (La Londe les Maures, 1983), pp. 479-488. CNRS, Paris.
- HASHWEH, M.Z. (1986): Towards an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8 (3), 229-249.
- HERRON, J.D. (1978): Role of learning and development: critique of Novak's comparison of Ausubel and Piaget. *Science Education*, 62 (4), 593-605.
- HYND, C. y ALVERMANN, D. (1986): The role of refutation text in overcoming difficulty with science concepts. *Journal of Reading*, 29 (8), 440-447.
- KELLY, G.A. (1955): *The psychology of personal constructs*. W.W. Norton and Co., U.S.A.
- KOPLowitz, H. (1975): *Piaget's constructionist epistemology. An exploration and a comparison with several alternative theories*. University of Massachusetts, U.S.A..
- LAWSON, A.E. (1983): Predicting science achievement: the role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, (2), 117-129.
- LAWSON, A.E. (1989): A reply to Hafner and Stewart's comments on "predicting genetics achievement in nonmajors college biology". *Journal of Research in Science Teaching*, 26, (6), 555-556.
- LINAZA, J. (comp.) (1984): Introducción. En: BRUNER, J.S. *Acción, pensamiento y lenguaje*. Alianza Editorial, Madrid.
- LOPEZ, F. (1989): La exigencia cognitiva en Física: interpretación piagetiana e interpretación constructivista. *III Congreso Internacional sobre Didáctica de las Ciencias y la Matemática*. Santiago de Compostela.
- MARIANI, M.C. y OGBORN, J. (1990): Common-sense reasoning about conservation: the role of action. *International Journal of Science Education*, 12 (1), 51-66.
- MAYER, R.E. (1987): *Educational psychology: a cognitive approach*. Little, Brown and Company, U.S.A.
- MONK, M.J. (1990): A genetic epistemological analysis of children's ideas about DC electrical circuits. *Research in Science and Technological Education*, 8 (2), 133-143.
- MONK, M.J. (1991): Genetic epistemological notes on recent research into children's understanding of light. *International Journal of Science Education*, 13, (3), 255-270.
- NOVAK, J.D. (1977): *A theory of education*. Cornell University Press, U.S.A.
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S. (1982): Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985): *Learning in science. The implications of children's science*. Heinemann, Londres.
- PERALES, F.J. (1988): La instrucción científica en el marco de un modelo constructivista para la enseñanza. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 2, 115-133.
- PERALES, F.J., NIEVAS, F. y CERVANTES, A. (1989): Misconceptions on geometric optics and their association with relevant educational variables. *International Journal of Science Education*, 11 (3), 273-286.
- PERALES, F.J. y NIEVAS, F. (1990): *Un enfoque constructivista en la enseñanza de la óptica geométrica*. I.C.E. de la Universidad de Granada, Granada.

- PIAGET, J. (1972): Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15, (1), 1-12.
- PIAGET, J. (1977): *Epistemología genética*. Solpín, Argentina.
- PIAGET, J. (1978): *La equilibración de las estructuras cognoscitivas. Problema central del desarrollo*. Siglo XXI, Madrid.
- POZO, J.I. (1987): *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Visor, Madrid.
- POZO, J.I. y CARRETERO, M. (1987): Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿qué cambia en la enseñanza de la ciencia?. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.
- SELMAN, R.L. et al. (1982): Concrete operational thought and the emergence or the concept of unseen force in children's theories of electromagnetism and gravity. *Science Education*, 66 (2), 181-194.
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1981): *Towards a science of science teaching*. Heinemann Educational Books Ltd., Londres.
- STRIKE, K.A. y POSNER, G.J. (1982): Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4 (3), 231-240.
- STRIKE, K.A. y POSNER, G.J. (1990). A revisionist theory of conceptual change. En: Duschl, R. y Hamilton, R. (eds.). *Philosophy of Science, Cognitive Science, and Educational Theory and Practice*. Suny Press, Nueva York.
- WITTROCK, M.C. (1989). *La investigación en la enseñanza I. Enfoques, teorías y métodos*. Paidós y M.E.C., Barcelona.