

# INVESTIGACION Y DESARROLLO

## LA CONSTRUCCION DEL CONOCIMIENTO Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

ANNA MARIA PESSOA DE CARVALHO

Traducción: Judith Y. Campos Moreno y Víctor Ayma Giraldo

Facultade de Educaçao da USP

Cuando discutimos y presentamos la enseñanza constructivista partimos siempre, tanto de algunos presupuestos teóricos de origen epistemológico y psicológico que explican cómo la humanidad y el individuo construyen el conocimiento, como también, de un conjunto de datos empíricos originados por las investigaciones en conceptos alternativos, realizadas principalmente en estas tres últimas décadas y que muestran la resistencia que presentan estos conocimientos adquiridos de manera espontánea a la enseñanza sistemática de los conceptos científicos.

Podemos proponer tres presupuestos que sirven de base para el desarrollo del constructivismo de la enseñanza:

- 1.- el alumno es constructor de su propio conocimiento;
- 2.- el conocimiento a ser enseñado debe partir del conocimiento que el alumno ya trae para el salón de clases;
- 3.- el conocimiento es una construcción continua, ésto es, todo conocimiento es construído a partir de lo que ya se conoce.

Para planear una enseñanza que tome en consideración esos presupuestos tendremos que responder a una pregunta central:

¿Cómo hacer para que los alumnos construyan el conocimiento que les queremos enseñar, a partir del conocimiento espontáneo que llevan al salón de clases?

Esta problemática, que estudia el cambio conceptual en la enseñanza de la Ciencia, está siendo ampliamente investigada por grupos internacionales y también nacionales (Posner Et alii 1982; Driver 1986,1989; Rowel y Dawson 1984; Rowell 1989; Gil 1983, 1986, 1990; Carvalho et alii 1990, 1992; Peduzzi y Peduzzi 1988; Paca y Villani 1992). A pesar de que todos ellos admiten los presupuestos enunciados líneas arriba y de dar énfasis a la Historia de la Ciencia como una de la directrices del pensamiento de estas investigaciones (y consecuentemente de esta enseñanza), toman como base estas teorías psicológicas diferentes (Piaget, Ausubel, Kelly, Vygotsky) para responder a una pregunta anterior: ¿Cómo el sujeto construye su conocimiento?

Así en el desarrollo de la enseñanza en el salón de clases, esas diferencias teóricas son muy poco detectadas, pues todos los autores proponen, con mayor o menor énfasis, la acción del sujeto sobre el objeto de conocimiento y la interacción entre los sujetos. Es en el planeamiento de la enseñanza y principalmente en los análisis, en las interpretaciones y en las generalizaciones de los resultados de estas investigaciones que esas diferencias influyen.

Nuestro grupo optó (Carvalho et alii, 1992) por la Epistemología Genética para la explicación de cómo el sujeto construye su conocimiento, entretanto tenemos bien claro que la Teoría de Piaget para la didáctica de las ciencias no impide, sino que más bien permite y hasta exige, aberturas para otras

teorías que puedan establecer problemas comunes. Castro (1992) muestra que esa teoría no coloca ni barreras ni murallas, por el contrario, indica al investigador muchos caminos interdisciplinarios.

En el desarrollo del presente trabajo, a fin de demostrar la trayectoria teórica que nuestro grupo escogió para resolver el problema de "cómo hacer para que los alumnos construyan el conocimiento espontáneo que traen para el salón de clases", indicaremos en primer lugar de manera muy esquemática, dos puntos de la Teoría de Piaget que para nosotros son esenciales: la equilibración de las estructuras cognitivas y los estudios psicogenéticos que muestran la atribución de una estructura lógica a la naturaleza, explicando la construcción de la causalidad física en los sujetos. Trataremos de establecer una estrecha relación de estos dos puntos con la enseñanza de las ciencias.

En una segunda parte presentaremos cómo las investigaciones en conceptos alternativos desequilibraron nuestro grupo y cómo la Historia y la Filosofía de las Ciencias no sólo nos proporcionaron las explicaciones necesarias para entender el fenómeno de la resistencia de esos conceptos a la enseñanza en el salón de clases, sino que también nos reequilibraron, mostrándonos caminos para que, junto con la teoría piagetiana, planeáramos una enseñanza con miras a un cambio del concepto espontáneo al concepto científico.

## 1. LA CONSTRUCCION DEL CONOCIMIENTO POR LOS SUJETOS

La Teoría de la Equilibración Piagetiana proporciona una estructura que nos parece capaz de abarcar los varios aspectos acerca de la problemática de saber cómo el estudiante mejora sus nociones, construyendo el conocimiento. Según esta teoría, todo individuo posee un sistema cognitivo que funciona por un proceso de adaptación (asimilación/acomodación) que es perturbado por conflictos y lagunas, reequilibrándose por medio de compensaciones (Carvalho et alii 1992,b).

Sin entrar en muchos pormenores, vamos a tentar explicar estos conceptos piagetianos, ejemplificándolos dentro de nuestro campo, que es la enseñanza de las Ciencias. En primer lugar, el sujeto, al aproximarse al objeto del conocimiento por medio de procesos de adaptación, utiliza dos elementos fundamentales que componen cualquier

sistema cognitivo. El primero es la "asimilación o la incorporación de un elemento exterior (objeto de conocimiento, etc.) en un sistema sensorio motor o conceptual del sujeto (...). El segundo proceso central es la acomodación, es decir, la necesidad de que la asimilación se encuentre al considerar las particularidades propias de los elementos a asimilar" (Piaget, 1977 pp 16-17). Estos dos elementos están normalmente en equilibrio. El sistema es perturbado y mecanismos de equilibración son disparados en el individuo, cuando un conflicto o una laguna, reconocidos anticipadamente como tales, son generados frente a un evento o a un objeto.

A partir de perturbaciones se producen construcciones compensatorias que buscan otro equilibrio, mejor que el anterior (lo que Piaget llama de equilibración mayorante). En las desequilibraciones y equilibraciones sucesivas el conocimiento exógeno es complementado por reconstrucciones endógenas que son incorporadas al sistema del sujeto. Las estructuras cognitivas utilizables en el abordaje de objetos, hechos o nuevos conceptos son entonces desarrollados, proporcionando el progreso en la construcción del conocimiento.

En esa manera de explicar cómo el conocimiento progresa, el estado conflictual constituye el motor, desempeñando el papel de resorte impulsor. El sobrepasar ese estado, o sea la reequilibración mayorante, es la real fuente de progreso.

Esa teoría inspiró varias propuestas de enseñanza en la línea constructivista que hechan mano de la estrategia de "conflictos cognitivos", según la cual el alumno aprende si sus propias ideas espontáneas sobre determinados fenómenos son colocados en conflicto con los observables, o sea, si sus previsiones o anticipaciones elaboradas dentro de un esquema conceptual espontáneo, son contrariados por resultados experimentales. Muchos ejemplos en los que se muestra una situación de conflicto cognitivo pueden ser dados: el citado por Carvalho y otros (1992 b) es la expectativa del alumno, al iniciar un curso de electricidad, en relación a la intensidad de brillo de diversas lámparas ligadas en serie. Cuando se pregunta lo que ocurrirá, él puede afirmar que la primera brillará más que la segunda y ésta más que la tercera y así sucesivamente; llegará a explicar que esto ocurre, porque, al pasar por la primera lámpara la corriente "es disipada" o "se gasta", lo mismo ocurre después de pasar por la segunda, etc. Este tipo de raciocinio es muy común entre nuestros

alumnos, lo que parece demostrar una indiferenciación entre corriente, energía y potencia. En el momento en que la experiencia es realizada se constata el igual brillo de las lámparas, ocurriendo un conflicto entre la explicación previa y el resultado empírico.

Al construir actividades de enseñanza basadas en la teoría de la equilibración, debemos tener en cuenta que las perturbaciones son de dos tipos: las conflictivas y las lagunares. Las conflictivas, ya ejemplificadas, contrarían las expectativas e implican correcciones, que son factibles apenas a partir del análisis de la contradicción. Las lagunares "ocurren cuando en una situación faltan objetos o condiciones que serían necesarias para realizar una acción o cuando aún no se tiene información o conocimiento indispensable para resolver un problema" (Piaget, 1977). De esa forma las lagunas se relacionan con un esquema de asimilación ya activado y su regulación implica refuerzos y no correcciones.

Como ejemplo de una perturbación lagunar (Carvalho et alii, 1992 b), podemos imaginar la reacción de un alumno frente a un experimento en el que objetos cilíndricos se mueven sobre un plano inclinado. Al utilizarse cilindros homogéneos, se confirma la expectativa del sentido común, o sea, los cilindros descienden por el plano inclinado. El resultado será diferente si usamos un cilindro no homogéneo, que posee un material más denso colocado asimétricamente con respecto a su eje de simetría. En este caso el cilindro podría subir el plano. Este fenómeno sólo será convenientemente explicado por el alumno, si ya fuera introducida la noción general de centro de masa. Tal superación implicaría llenar una laguna existente en su conocimiento, por un mecanismo de regulación que envuelve extensión de contenido y no de corrección.

El hecho de que una perturbación se presente según una de esas dos formas es importante y no puede ser ignorado, a pesar de que en la mayoría de los casos reales ellas comparecen juntas como fuente de desequilibrio.

Otro punto muy importante para la comprensión de cómo los sujetos construyen su conocimiento, principalmente el conocimiento físico, fueron los trabajos de la Escuela de Ginebra (Piaget y colaboradores 1973, 1975, etc.) que investigaron cómo los niños contruyen los conocimientos físicos, como por ejemplo las nociones de fuerza, de vector, de movimiento, de calor, etc. La sistematización de

esas investigaciones hechas por Piaget y García (1971) en su libro "Las Relaciones Causales" provocaron un gran impacto en las investigaciones de enseñanza de ciencias pues mostraron cómo los sujetos usan acciones y operaciones para crear modelos y atribuirlos a objetos.

Autores como Coll (1983), haciendo una revisión de la influencia de los trabajos de Piaget en la enseñanza, mostraron que "será necesario conocer con el máximo detalle el camino que el alumno sigue para la construcción de estos conocimientos específicos... será así mismo conveniente conocer los procedimientos mediante los cuales el alumno se va apropiando progresivamente de estos contenidos, si deseamos intervenir eficazmente en su adquisición".

Siguiendo la línea propuesta por Coll (1983), hicimos varios estudios sobre la psicogénesis de los conceptos que la escuela debe enseñar (Carvalho 1989; Silva 1990; Valle 1989; Nardi 1991; Trivelato 1989; Bechara 1991; Trivelato 1993). Esos trabajos muestran la evolución de una idea, de una concepción, a lo largo del tiempo, pero el factor más importante que surge del análisis de los datos de esas investigaciones es el conocimiento del mecanismo a través del cual se pasa de un nivel a otro. Esos mecanismos son elaboraciones, cambios, transformaciones, negaciones o incrementos que un sujeto hace para pasar de un nivel de nociones a otro, jerárquicamente mejor en la comprensión y explicación de la realidad (Carvalho et alii 1990).

Conocer cómo los sujetos construyen la relación causal que les permite explicar los fenómenos que estamos enseñando es fundamental para la preparación de las actividades de enseñanza. Sabiendo de antemano cómo los adolescentes piensan al respecto de estos fenómenos, podemos planear actividades en las cuales ellos tengan la oportunidad de expresarse, de mostrar sus raciocinios, dando al profesor condiciones de proponer preguntas que desequilibren la estructura de los alumnos y les hagan tomar conciencia de sus raciocinios espontáneos.

Citamos dos ejemplos para establecer lo que estamos proponiendo. Tomamos conocimiento (Silva 1990) de que los alumnos construyen la noción de velocidad angular cuando tratan de explicar la velocidad de dos puntos diferentes de un mismo cuerpo (tres dimensiones) que gira en torno de un eje. Al intentar superar la siguiente contradicción: tienen las mismas velocidades pues están girando

juntos y tienen velocidades diferentes pues recorren espacios diferentes en tiempos iguales, los sujetos sienten la necesidad de describir el fenómeno con un nuevo concepto. Al planear la enseñanza de este concepto el profesor deberá proponer una experiencia o un problema en que esta situación - cómo describir las velocidades de puntos diferentes en un cuerpo que gira- sea discutida e interpretada por los alumnos en la búsqueda de toma de conciencia, por esos mismos alumnos, de la contradicción entre velocidad lineal y angular. Esa actividad que tiene por objeto desequilibrar la estructura cognitiva de los estudiantes es muy diferente al de las lecciones tradicionales donde la velocidad angular es presentada a partir del estudio de un punto en movimiento circular (una sola dimensión) seguido de las leyes matemáticas que describen este hecho. La actividad que da oportunidad al sujeto de presentar sus relaciones causales, creando así, condiciones para que éste sienta la necesidad de atribuir al objeto la operaciones logico-matemáticas necesarias para que él pueda explicar el fenómeno, es jerárquicamente superior a la actividad de aplicación de una fórmula matemática a un contenido.

Otro ejemplo interesante aparece en la enseñanza acerca del flotamiento de los cuerpos. En un estudio que caracteriza las etapas que pasan los sujetos al explicar el fenómeno de flotamiento (Inhelder y Piaget 1976), los autores muestran que una de las hipótesis formuladas por los niños en la búsqueda de sus explicaciones es que un cuerpo flota o no dependiendo de la cantidad de líquido que contenga el recipiente en el que se encuentra el cuerpo. Esa es una hipótesis completamente ajena al raciocinio lógico de un Físico, entretanto en el desempeño de la enseñanza de ese tópico para el alumno de secundaria, Abid (1988), en una clase experimental, al dar oportunidad a los alumnos de formular sus propias hipótesis para explicar por qué un cuerpo flotaba, encontró alumnos que sugerían una relación entre la cantidad de agua en el recipiente y la condición de flotar o no.

Este conocimiento previo de la psicogénesis del concepto es importante para que el profesor no sólo pueda estar preparado para proporcionar al alumno condiciones para probar sus hipótesis (tener recipientes con volúmenes diferentes) sino que además, sepa escuchar, esto es, estar atento a lo que viene explícito en sus elaboraciones e implícito en sus participaciones y principalmente, aceptar raciocinios aparentemente ilógicos. Sin probar esas

hipótesis, sin superar esta contradicción durante la enseñanza, esos alumnos continuarán con esa estructura conceptual espontánea entorpeciendo el desarrollo del aprendizaje.

Todas las investigaciones nos dan una base bastante sólida para iniciar la enseñanza, ya que nos proporcionan elementos para planear actividades que lleven a los alumnos a conflictos cognitivos esenciales a la construcción del conocimiento. Entretanto las investigaciones han mostrado (Posner et alii 1982) que las situaciones de conflicto son necesarias más no suficientes para que se desencadene un cambio conceptual, esto es, para que los conceptos espontáneos se tornen conceptos científicos. Este es, al final, el objetivo principal de la escuela, enseñar una ciencia con un cuerpo coherente de conocimiento compatible con la realidad de nuestros días. Para eso es necesario planear actividades que lleven a los alumnos a una reequilibración en un nivel superior, por medio de la presentación de preguntas, exposiciones, laboratorios, problemas, etc. (estrategias de perturbaciones lagunares). Mas ¿dónde nos basaremos para planear tales actividades, que realmente provoquen una reestructuración en los conceptos de los alumnos?.

## 2. EL OTRO LADO DE LA MEDALLA

Halbwachs en varios artículos (1975, 1981) apunta la importancia de los contenidos científicos específicos y su relacionamiento con las estructuras mentales de los sujetos, mostrando las dificultades de la enseñanza y del aprendizaje de esos conocimientos científicos. A las sugerencias cautelosas de Halbwachs en cuanto a las dificultades de la enseñanza de los contenidos científicos vienen a sumarse los asombrosos resultados de las investigaciones en conceptos alternativos.

A partir de la década del setenta comenzaron a ser relatados en la literatura, (Viennot 1976, Trowbridge y McDermott 1981) resultados de investigaciones mostrando que, estudiantes que frecuentaban cursos de Física en las mejores universidades del mundo occidental, cuando eran sometidos a cuestionarios con preguntas un poco diferentes a las tradicionalmente trabajadas en el salón de clases, presentaban conceptos muy parecidos a los de la Física aristotélica-escolástica. Estas investigaciones fueron reaplicadas en varias partes del mundo, en varios medios socio-culturales, en diferentes niveles

de enseñanza, en diversas estructuras escolares, inclusive aquí en Brasil (Teixeira 1982; Villani, Pacca y Hosoume 1985; Laburu 1987) y los resultados obtenidos fueron siempre los mismos: una parte significativa de los estudiantes, después de haber pasado por la enseñanza sistemática, presentaban conceptos diferentes de los conceptos científicos enseñados en el salón de clases. Estas investigaciones fueron extendidas para otras disciplinas, como por ejemplo, Química (Anderson 1986) y Biología (Trowbridge y Mintzes 1988; Albadalejo y Lucas 1988; Bizzo 1991; Bastos 1991), y un número cada vez mayor de conceptos alternativos fueron y están siendo detectados, existiendo hasta revisiones sistematizadas de esa bibliografía como es el caso del libro de Grivae, Guesnes e Tiberghien (1985).

La existencia de esos sistemas conceptuales alternativos es uno de los resultados más sólidamente establecidos por las investigaciones en Didáctica de la Ciencias (Clough y Driver 1986) y, en todas las investigaciones, esos esquemas se muestran semejantes a una estructura científica muy próxima a la aristotélica.

El fracaso de la enseñanza en cambiar esas concepciones refuerza la necesidad de una perspectiva constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, por la cual el conocimiento no es simplemente transmitido, sino que es construido por el propio sujeto.

En la obra de Piaget y García, "Psicogénesis e Historia de las Ciencias" (1986), los autores discuten en relación a la construcción de los conceptos científicos por los niños y por los mismos científicos, explicando y reafirmando la imposibilidad de que los niños construyan los conocimientos de la ciencia actual. Los conocimientos científicos no fueron construcciones arbitrarias, sino que partieron de -y casi siempre se enfrentaron con- concepciones precientíficas de una cierta coherencia, haciendo que las explicaciones aristotélicas de los fenómenos de la naturaleza perduraran por más de 20 siglos y que los cambios para la Física Clásica no fueran una transformación fácil, exigiendo, además de los cambios conceptuales, modificaciones en la metodología de resolver los problemas propuestos (Gil 1986; Gil y Carvalho 1992).

Entretanto la existencia de concepciones espontáneas, fruto de las experiencias del sentido común, era algo perfectamente esperado en la escuela, algo que

Bachelard (1938) ya había señalado con toda claridad "me ha sorprendido siempre que los profesores de Ciencias, en mayor medida que los otros, no comprendan... no piensen sobre el hecho de que los niños se encuentran al construir el conocimiento científico, con los mismos problemas que encontraron los hombres de ciencia".

Es con esa visión que el conocimiento de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias se tornan importantes para el planeamiento de la enseñanza, presentándose como una forma de asociar los conocimientos científicos con los problemas que originan su construcción. Es por medio de la Historia de las Ciencias, de la historia de cómo fueron formados los conceptos en la humanidad, que vamos a conocer cuáles fueron las preguntas, las indagaciones, las dificultades, los obstáculos epistemológicos que los científicos tuvieron que superar al construir los conocimientos que queremos enseñar en nuestras clases. Vamos a ejemplificar con el concepto de Fuerza, tan difícil de aprender para los alumnos y tan fácilmente transmitido en las escuelas, en dos o tres sesiones, a través de la presentación de las leyes de Newton:  $F=ma$  y la ley de acción y reacción. Cuando vamos en procura de conocer cómo ese concepto fue construido en la Historia, encontramos el por qué de la dificultad para su aprendizaje.

Otro aspecto importante en el que el conocimiento de la Historia de la Ciencia puede contribuir para la enseñanza, es que permite poder comprender mejor las dificultades de los alumnos (Satiel y Viennot 1985, Carvalho 1989). Cuando proponemos a los alumnos, en determinadas actividades de conflicto cognitivo, en el intento de resolverlos, ellos presentan raciocinios que a pesar de no ser iguales a los de ningún científico, se asemejan a una visión general, a las ideas ya registradas en la Historia. Cuando vemos a través de la Historia de las Ciencias cuán difícil fue, por ejemplo, la separación de los conceptos de masa, peso y cantidad de materia, cuántos años y cuántos científicos trabajaron con esos conceptos hasta que sus definiciones fueran establecidas tal como hoy las conocemos y enseñamos, es que tenemos más paciencia y comprensión con las dificultades de los alumnos. Cuando se está iniciando la enseñanza de la mecánica, y discutiendo las leyes de Newton, tenemos grandes probabilidades de encontrar a los alumnos presentando concepciones más próximas al concepto de "ímpetu" de Buridan, que al de "impulso" de Newton. Ese pasaje -ímpetu/impulso-

debe ser hecho en el salón de clases y por lo tanto el profesor debe conocer los grandes interrogantes que llevan a los cambios de paradigmas. Estos interrogantes deben ser debatidos en el salón de clases si la intención de la enseñanza es un cambio conceptual, de otra manera tendremos al final de la asignatura alumnos con conceptos aristotélicos y usando fórmulas newtonianas.

Como señala Bachelard (1938) "todo conocimiento es una respuesta a una pregunta" y nosotros necesitamos saber hacer las preguntas correctas a fin de que los alumnos construyan sus nuevos conocimientos. Además de las preguntas propiamente dichas, es muy importante para nosotros buscar descubrir en la Historia y en la Filosofía de las Ciencias las preguntas metodológicas empleadas en la construcción del conocimiento científico. A decir verdad, fue esta metodología científica la que hizo que la cantidad de conocimiento adquirido por la humanidad en estos últimos cuatro siglos creciese de forma exponencial y modificase completamente nuestra calidad de vida.

## Referencias Bibliográficas

- ALBADALEJO, C. y LUCAS A. 1988 *Pupils' meaning for mutation*, Journal of Biological Education, 22(3), pp. 215-219.
- ANDERSON, R. 1986 *Pupils explanation of some aspects of chemical reaction*, Science Education, 75(5), pp. 549-565.
- BACHELARD, G. 1938 *La formation de l'esprit scientifique* (vrin:París).
- BASTOS, F. 1991 *Conceito de célula viva entre estudantes de segundo grau*, Tesis de maestría, Faculdade de Educação de Universidade de São Paulo.
- BECHARA, L. 1991 *O desenvolvimento de noções de semelhança na resolução de questões de ampliação e redução de figuras planas*. Tesis de Maestría - FEUSP - SP.
- BIZZO, n.M.V. 1991 *Ensino de evolução e historia do Darwinismo*, Tesis de Doctorado, Faculdade de educação da Universidade da São Paulo.
- CARVALHO, A.M.P. 1989 *Física: Proposta para um ensino constructivista*. Editora Pedagógica Universitaria, SP.
- CARVALHO, A.M.P. et alii 1990 *O constructivismo e o ensino de ciências, Ciência na Escola de Primeiro Grau - Secretaria de Estado da Educação S.P.* pp 63-73.
- CARVALHO, A.M.P. et alii 1991 *Síntesis evolutiva de investigaciones en enseñanza de ciencias - Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2) pp 69-174.
- CARVALHO, A.M.P. et alii 1992 *La historia de la ciencia, la psicogénesis y la resolución de problemas en la construcción del conocimiento en el aula*. Trabajo presentado en el encuentro internacional sobre investigación en la escuela para el año 1992, Rabida España 26/6 a 4/7/92.
- CARVALHO A.M.P. et alii 1992,b *Pressupostos epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciência*, Cadernos de Pesquisa, São Paulo, 82, pp 85-89.
- CASTRO, A.D. 1992 *Didática e psico-pedagogia: relato de uma vivência*. Trabajo presentado no II Encontro Paulista de Formação de Educador. São Paulo, mayo de 1992.
- CLOUG, E.E. y DRIVER, R. 1986 *A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts*, Science Education, 70 (4), 473-496.
- COLL, C. 1983 *Las aportaciones de la Psicología a la educación: el caso la teoría genética y de los aprendizajes escolares*. In COLL, C. *Psicología Genética y Aprendizajes Escolares*. Siglo XXI España.
- DRIVER, R. 1989 *Students conceptions and the learning of science*. International Journal of Science Education, 11 (5): 481-490.
- DRIVER, R. 1986 *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*. Enseñanza de las Ciencias, 4 (1), 3-15.

Concluyendo entonces, la teoría piagetiana nos proporciona condiciones para entender los procesos de desequilibrio/reequilibrio en la construcción del conocimiento del individuo, y qué podemos particularizar para la construcción del conocimiento en el salón de clases. Las investigaciones en Psicogénesis de los conceptos asociados a los conceptos alternativos nos dan un material fértil para la construcción de actividades que lleven al alumno a conflictos cognitivos. Por un lado, la Historia de las Ciencias, además de proporcionar ideas para excelentes actividades problematizadoras, revela las orientaciones metodológicas empleadas en la construcción de conocimiento, esto es, la forma por la cual los científicos abordan los problemas, las características más notables de sus actividades, los criterios de validación y aceptación de las teorías científicas (Gil 1986). Ese conocimiento nos posibilita orientar adecuadamente las prácticas de laboratorio (Gil y Paya 1988), la resolución de problemas (Gil et alii 1992) y, de una manera general, estas actividades permiten la reconstrucción del conocimiento por los alumnos.

- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. 1985 *Children's ideas in science* (Open University Press: Milton Keynes) Traducción castellana de P. Manzano, 1989 -Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. (Morata/MEC: Madrid).
- GIL, D. 1983 *Tres paradigmas básicos de la enseñanza de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 1 (1), 26-33.
- GIL, D. 1986 *La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas*. Enseñanza de las Ciencias, 4 (2), 111-121.
- GIL, D. 1990 *Por una formación permanentemente efectiva*. La formación de formadores en didáctica de las ciencias. (Nau Llibres: Valencia).
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. 1985 *Science learning as a conceptual and methodological change*. European Journal of Science Education, 7 (3), 231-236.
- GIL, D. y PAYA, J. 1988 *Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica*. Revista de Enseñanza de la Física, 2 (2), 73-79.
- GIL, D. et alii 1992 *Questionando a didática da resolução de problemas: Elaboração de um modelo alternativo*, Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol 9., n1, pp 7-19.
- GÓES, L.E. 1983 *O ensino-aprendizagem das noções de latitude e longitude no 1 grau* - Tesis de Maestría, UNESP/RIO CLARO, Sp.
- HALBWACHS, F. 1975 *Physique du maitre entre la physique du physicien et la physique de l'élève*.
- HALBWACHS, F. 1981 *Aprendizagem das estruturas e aprendizagem das significações*. Revue Française de Pédagogie (INRDP) N°33.
- INHOLDER, B. y PIAGET, J. 1976 *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*, Livraria Pioneira Editora.
- LABURU, C.E. 1987 *Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em crianças e adolescentes* - Tesis de Maestría - Instituto de Física, Faculdade de Educação de USP, S.P.
- NARDI, R. 1991 *Campo de força: Subsídios históricos e Psicogenéticos para a construção do ensino deste conceito*: Série Pesquisa para o Ensino de Ciências FEUSP.
- PACCA, J. y VILLANI, A. 1992 *Alei da inércia: Planejamento pedagógico, aprendizagem significativa*. Projeto USP/BID, São Paulo.
- PEDUZZI, S.S. e PEDUZZI, L.O.Q. 1988 *Leis de Newton: uma forma de ensinálas*. Caderno Catarinense de Ensino de Física vol. 5 no. 3.
- PIAGET, J. 1977 *O desenvolvimento do pensamento, equilíbrio de estruturas cognitivas*. Lisboa, Dom Quixote.
- PIAGET, J. 1973 *La formation de la notion de force* - Presses Universitaires de France. París.
- PIAGET, J. y GARCIA, R. 1971 *Les explications causales*. Barral editores S/A - Barcelona.
- PIAGET, J. et col 1975 *La composición de fuerzas et le problème des vecteurs*, Ediciones Morata, S.A. Madrid.
- PIAGET, J. y GARCIA, R. 1987 *Psicogênese e história das ciências*, Publicação Dom Quixote, Lisboa.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A. y HEWSON, P.W. 1982 *Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. Science Education, 66 (2): 211-227.
- ROWELL, J.A. y DAWSON, C.J. 1984 *Equilibration, conflict, and instruction: new class oriented perspective*. European Journal of Science Education, Londres, v 7, n.3, p.331-44.
- ROWELL, J.A. 1989 *Piagetian epistemology: Equilibration and the Teaching of Science*, Syntese, 80: 141-162.
- SALTIÉL, E. y VIENNOT, L. 1985 *¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?* Enseñanza de las Ciencias, 3 (2), 137-144.
- SILVA, D. 1990 *O ensino construtivista de velocidade angular*, serie Textos para o Ensino de Ciências, São Paulo, Faculdade de Educação - USP.
- TEIXEIRA, S.K. 1982 *Estudo de noções espontâneas acerca de fenômenos relativos á luz em alunos de 11-18 anos*. - Tesis de Maestría - IF/FEUSP, SP.
- TRIVELATTO, J. 1993 *Noções de concepções das crianças e adolescentes sobre decompositores: fungos e bacterias* - Tesis de Maestría - Faculdade de Educação da USP.
- TRIVELATTO, G.C. 1989 *Conservação e modelo corpuscular*, - Tesis de Maestría - Faculdade de Educação da USP.
- TROWBRIDGE, D.E. y McDERMOTT, L.C. 1981 *Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension*. American Journal of Physics, St. Louis, 49 (3) pp 242-253.
- VALLE Filho, M.R. 1989 *Estudo psicogenético da noção de centro de masas: Uma contribuição para o ensino de Física*, Tesis de Doctorado, FEUSP.
- VIENNOT, L. 1976 *Le raionnement spontané en dynamique élémentaire*. Tesis doctoral. Université Paris 7. (Publicada en 1979 por Herman: Paris).
- VILLANI, A., PACCA, J. y HOSSOUME, Y. 1985 *Concepção espontânea sobre movimento*. Revista do Ensino de Física, vol. 7,1.