

Panorama de las Principales Líneas y Tendencias en Investigación Educativa en Física en la Última Década

Leonor Colombo de Cudmani

Instituto de Física - FACET

Universidad Nacional de Tucumán

Av. Independencia 1900 - (4000) - Tucumán - Argentina

E-mail: cudmani@herrera.unt.edu.ar

FAX: 54-81-248025/364157

Recibido 4 de abril, 1997

This paper constitutes a summary of the ideas developed by the author during the conference "Physics Education Research" pronounced during the III Simposim of Physics Education Research (SEF III), organized by the Asociación de Profesores de Física de la Argentina (Córdoba - Octubre 1996). In order to overcome an exclusively descriptive view the principal research lines as well as the actual research tendencies are identified. Structural categories are defined in order to facilitate the analysis and the interpretation of research data.

El trabajo ha sido elaborado sobre material preparado para la Conferencia: "Investigación Educativa en Física", pronunciada en el marco del III Simposio de Educación en Física (Córdoba - 2-4 Octubre de 1996) organizado por la Asociación de Profesores de Física de la Argentina. Se propone identificar las principales líneas y tendencias actuales en investigación en el área. Con el propósito de superar una visión puramente descriptiva se definen categorías estructurales que tienen un marco de referencia para facilitar el análisis y la interpretación de los datos.

1. Introducción

Este trabajo se propone dar un panorama sobre las principales líneas actuales de investigación educativa.[1]

Por cierto que el estudio no pretende ser ni exhaustivo ni detallado y es necesario reconocer que la información estará seguramente sesgada por mi propia historia en este campo y por mi formación. Sin duda trabajos como los de Moreira (1994) y Gil Pérez (1994) podrán complementar eficazmente, desde otros puntos de vista, esta revisión.

Con el propósito de superar una visión puramente descriptiva, definiré algunas categorías estructurales a fin de dar un marco de referencia que servirá también para facilitar una interpretación sobre las tendencias en los diferentes campos.

Categorías de análisis

Propongo caracterizar las siguientes categorías de investigación en las que se encuadrarán los trabajos:

- I. *Trabajos de Investigación propiamente dichos:* cuyo objetivo es elaborar modelos y marcos teóricos de referencia. convalidarlos, elaborar criterios fundados que guíen la toma de decisiones. Su objetivo es **conocer**.
- II. *Trabajos de desarrollo:* se propone un objetivo fijado de antemano como producto a alcanzar, a diferencia de la investigación, cuyo objetivo es un resultado imaginado como hipótesis. Se ocupa de la producción de procesos, técnica, materiales que representan progresos significativos y evaluables. Se diferencian de las técnicas en que se fundamentan en resultado de la investigación. Su objetivo es **guiar la acción**.
- III. *Innovaciones y propuestas empíricas:* se caracterizan porque no están encuadradas en marcos teóricos explícitos. Se fundamentan en observaciones interpretadas intuitivamente; en general se

formulan y comprueban hipótesis de baja generalidad en un ámbito de validez muy limitado. Como no están fundados en un modelo teórico, sus resultados se convalidan y revisan por **ensayo y error**.

Subcategorías

En la categoría I propongo distinguir:

I_A - Investigación “fluida a largo plazo” (1973 Schwabb)

I_B - Investigación “estable a corto plazo”.

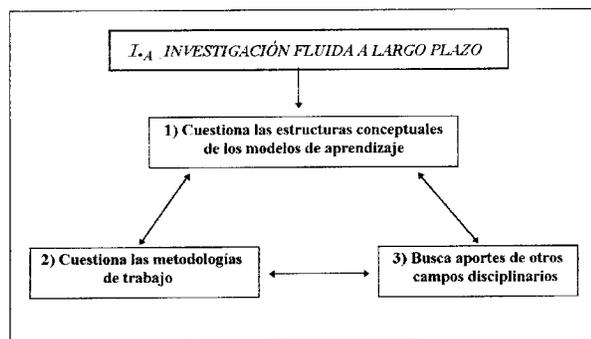
Las investigaciones del tipo I_A se caracterizan porque en ellas se cuestionan los fundamentos de un marco teórico. Se revisan las conceptualizaciones básicas, las metodologías de investigación, las propuestas epistemológicas, sociológicas, ontológicas, etc.

En el lenguaje de Lakatos, se cuestiona el “núcleo duro” de la teoría o del paradigma.

La Investigación del tipo I_B en cambio se realiza dentro de un modelo teórico o de un paradigma cuyos supuestos, estructuras conceptuales y metodologías no se cuestionan.

En la Investigación fluida I_A, pueden además distinguirse tres tipos principales trabajos según se enfoquen preferentemente:

- a) Las estructura conceptuales de los modelos de aprendizaje;
- b) Las metodologías de investigación;
- c) Centrados en la búsqueda de analogías o aportes de otros campos disciplinarios a fin de enriquecer o modificar el modelo.



Cuadro I

Estos tres campos como se indica en el Cuadro I, son muy interdependientes. Los diferencio sólo para ordenar y estructurar la revisión de los temas en que se trabaja en investigación educativa.

En efecto, el tipo de metodología determinará en cierta forma el modelo que se diseña y viceversa

y los aportes de otros campos interdisciplinarios finalmente se integraran a los modelos y a las metodologías de Investigación.

La revisión de temas predominantes en las reuniones, simposios y congresos científicos de los últimos años, así como el análisis de los temas más abordables en la bibliografía permitieron identificar temas de mayor especificidad dentro de las grandes categorías definidas anteriormente. He realizado además un estudio comparativo de cantidad y de tendencias en los temas más abordados. He revisado para esto los Volúmenes índices de la revista citada, de American Journal of Science Educ., de Physics Educ., de International Journal of Science Educ., de la Revista de Enseñanza de la Física (Argentina), la Revista Brasileña de Ensino, Proc. of de Misconcep. In Science and Matem., etc.

No he pretendido realizar una investigación estadística cuidadosa, sino sólo identificar los temas más estudiados y las tendencias que en ellos se ponen de manifiesto.

I_A

a) Investigación sobre Modelos de Aprendizaje:

* Un rasgo notable de los últimos tiempos es que el **Modelo conductista** ha desaparecido prácticamente como fundamento de los trabajos. [Sólo se identifica, en investigación a corto plazo (I_B), algunos trabajos referidos a aplicaciones del método Keller o a evaluaciones con técnicas objetivas: multiple-choice.]

Los **modelos** que se basan en las **ideas de Piaget** sobre psicología y epistemología genética siguen siendo discutidos sobre todo en lo referente a adquisición de conceptos, desarrollo de operaciones formales, estrategias didácticas basadas en los procesos de equilibración y adecuación.... Sin embargo, su influencia tiende a disminuir frente a discusiones de otros modelos. [En I.B. por ejemplo se detecta en Science de Educ. de 1996 un trabajo muy en la línea piagetiana sobre “El concepto de volumen en los niños”]

* Los modelos de **aprendizaje significativo**, en la línea de las ideas de Ausubel, Novak, Gowin... siguen muy vigentes, posiblemente porque están pensados específicamente en contexto de aula de clase.

Estos modelos enfatizan una concepción del aprendizaje como intercambio de significados entre los alumnos, los profesores y los materiales educa-

tivos. En su desarrollo se proponen instrumentos que han tenido mucha transferencia didáctica como mapas conceptuales, V de Gowin y otros menos usados como los diagramas secuenciales y los organizadores previos. Podríamos conjeturar que estas diferencias se deben a que las dos primeras técnicas pueden reducirse más fácilmente, cuando no hay suficiente reflexión y comprensión del modelo subyacente, a un uso más algorítmico, en tanto que las otras requieren, para un buen uso, de una mayor profundización en las concepciones y procesos de la teoría.

* **El Modelo de Cambio Conceptual** es la estrella de la última década. A partir de los trabajos de Hewson (1981) y principalmente el de Posner et al., "Toward a theory of Conceptual Change ..." publicado en *Science Education* en 1982, se plantea el aprendizaje como un cambio de concepciones que se producen bajo ciertas condiciones: las nuevas ideas deben ser plausibles, inteligibles y útiles y debe existir además, insatisfacción con la vieja idea.

Estas ideas dan lugar a numerosos trabajos, tanto de aceptación como de crítica. Estas críticas, fundadas principalmente en resultados experimentales, llevarán a los autores a una profunda revisión del modelo, que se explicitan en un trabajo de 1990 "A Revisionist Theory of Conceptual Change" (*Science Educ.*).

El modelo aporta la idea de una "ecología conceptual", un "nicho" cognitivo que incluye factores como: conocimientos en otros campos, metáforas, analogías, experiencias pasadas, supuestos epistemológicos, etc.

A partir de estas concepciones se desarrollan muchas líneas que proponen estrategias para producir el cambio: el rol del conflicto, la familiarización con la nueva teoría. (Scott et al. 1991).

Paralelamente han comenzado a parecer trabajos que cuestionan el sesgo puesto en lo conceptual. Al principio se rescatan los cambios metodológicos y actitudinales. Los modelos se van complejizando con la incorporación de cambios en las concepciones epistemológicas de profesores y alumnos. En estos trabajos se integran fundamentalmente aportes de epistemólogos como Lakatos y Laudan, además de Kuhn. Se toman en cuenta también los aspectos ontológicos, las concepciones sobre el propio aprendizaje y el reconocimiento de la importancia de los factores antropológicos, culturales y sociales.

En particular Vigotsky (1989) destaca la impor-

tancia de la historia del propio alumno en sus procesos de aprendizaje.

En algunos de nuestros trabajos (Cudmani 1993-1996) además de proponer un modelo integrador de todos estos campos, destacamos un aspecto que consideramos esencial y es el logro de autonomía, la necesidad de que el estudiante adquiera, durante el aprendizaje de la ciencia, la capacidad de generar los procesos de cambio por sí mismos, sin la intervención docente.

* **Los modelos basados en la metáfora del computador**, por su parte, incorporan valiosos aportes de la psicología cognitiva.

Por ahora sus modelos se circunscriben a ámbitos más o menos restringidos referidos a campos puntuales, tales como la memoria, se busca identificar las estructuras básicas con las que trabaja la mente las representaciones del pensamiento.

(IA)

b) **Investigaciones sobre las metodologías de investigación educativa en ciencia**

Los trabajos se centran en el análisis de las clásicas metodologías cuantitativas y mnemotécnicas frente a los enfoques cualitativos, etnográficos o antropológicos.

Las metodologías cuantitativas privilegian los diseños experimentales rigurosos controlados con la técnica de la estadística descriptiva o inferencial; la investigación mnemotécnica (1979 Piaget ...) sin poner demasiado énfasis en lo cuantitativo, acepta que se modele la realidad y se identifiquen variables significativas en busca de generalizaciones tanto cuantitativas como cualitativas, de relaciones estructurales expresadas en lenguaje más o menos formalizado (como la lógica) que puedan organizarse en modelos teóricos estructurados.

El enfoque cualitativo por su parte no abstrae variables de la realidad en busca de leyes sino que trata de abarcar todo el proceso en su complejidad y riqueza holística.

Las estrategias más usadas son la entrevista clínica y docente, el estudio de casos, historias de vida, etc.

La crítica más generalizada está más bien dirigida a trabajos en los que el estudio se limita a la transcripción y descripción de la situación sin establecer categorías que permitan hacer un análisis fundamentado y extraer conclusiones.

Sin embargo, el análisis crítico de estas metodologías sigue vigente. En Marzo de este año

Science Education enfoca editorialmente este tema (1996 Robert D. A.) en una versión actualizada de esta problemática.

En general, la polémica que fué muy aspera en las décadas anteriores, se ha superado en buena medida y los investigadores aceptan y recurren a ambas metodologías (sobre todo en función de su adecuación al objeto de estudio), y se cruzan resultados a fin de mejorar la convalidación.

(IA)

c) **Búsqueda de aportes de otros campos disciplinarios**

Los trabajos de búsqueda se orientan fundamentalmente hacia la Historia y la Epistemología de la Ciencia y hacia la Informática y la Cibernética. En efecto, la Historia de la Física fué, inicialmente explorada como una fuente generadora de interés y motivación del aprendizaje de la Física. En la actualidad, como consecuencia de los resultados de las investigaciones sobre preconcepciones y de los aportes de la Psicología genética, la Historia se usa cada vez más para identificar pistas que permitan comprender los procesos de la construcción de conceptualizaciones, y los cambios que permiten pasar de los paradigmas espontáneos hacia los paradigmas científicos.

Los aportes de la Epistemología van adquiriendo cada vez mayor importancia. Nuestros trabajos en esta área se remontan a quince años atrás. A partir de entonces esta área ha adquirido cada vez mayor importancia. Como signo visible de esta valorización de los aportes epistemológicos vemos, por ejemplo, que en mayo de 1989 la Revista Enseñanza de las Ciencias (Barcelona - España) cambia su sección "Historia de la Ciencia y Enseñanza" por otra que titula "Historia y Epistemología de la Ciencia".

Aparece una importante línea de investigación sobre concepciones epistemológicas espontáneas de alumnos y docentes, y de cómo la idea de **ciencia** que explícita o implícitamente manejan los protagonistas del proceso enseñanza - aprendizaje de la ciencia, incide en gran medida en este proceso. Por otro lado, como ya vimos, los aportes desde la Epistemología se integran cada vez más a los modelos y técnicas del aprendizaje de la ciencia. Algunos trabajos más recientes (1996 - Cudmani et al) insisten sobre la necesidad del cambio epistemológico si se desea lograr un aprendizaje significativo y sobre todo la necesidad de generar intervenciones docentes intencionales para producir este cambio epistemológico, que no se da,

como solía pensarse, en forma concomitante con el cambio conceptual.

En lo que se refiere a los aportes de la Informática y la Cibernética, los más importantes se traducen en analogías y metáforas que se incorporan a los modelos de aprendizaje que se plantean desde la Psicología Cognitiva, como ya vimos en los trabajos referidos a los modelos basados en la metáfora del computador.

Otros campos explorados aunque con menor incidencia por ahora es el de la Lingüística, la Filosofía y la ética de las Ciencias.

(IB)

Investigación estable a corto plazo

- a) No cabe dudas que el tema más abordado en los últimos años, con gran ventaja sobre otros campos, es el de la Investigación sobre **Preconcepciones, concepciones ingenuas, ideas alternativas...**

En las Memorias de los Congresos de 1987 y 1993 de Enseñanza de la Ciencia el 18% de los trabajos están referidos a estas investigaciones. La importancia de este número se pone de manifiesto si se compara con el 17% de los trabajos vinculados a la reforma educativa y a la formación docente, justamente en la época en que España encara su Reforma. En la década del 80 se registraron 2500 trabajos. Duit identifica en total 3000.

A estos índices habría que agregar los importantes Congresos sobre Misconceptions realizados en Cornell.

Quizás el gran interés que genera este tipo de investigaciones podría interpretarse, a la luz del modelo de cambio conceptual de Posner (1982), porque los investigadores sienten "insatisfacción" a raíz de la poca eficiencia de los modelos de aprendizaje tradicionales en estos campos fuertemente resistentes a las instrucciones y además porque las metodologías de investigación y los resultados que se obtienen aparecen como "plausibles, inteligibles y útiles".

Para Gil Pérez (1994) el aporte mas importante de estas investigaciones fué el cuestionamiento de los modelos tradicionales de enseñanza.

Es interesante detectar como se va modificando el significado de estas ideas previas a medida que ellas van siendo interpretadas dentro de distintos modelos de aprendizaje. Con estas distintas interpretaciones aparece un abanico de designaciones así como distintas concepciones sobre su función

en el proceso de construcción del conocimiento en ciencia.

En cuanto a las áreas específicas de la Física, las primeras investigaciones referidas a la Mecánica se propagaron en prácticamente todos los temas: Termodinámica, Óptica, Electromagnetismo, Onda, etc.

En los últimos años se incorporaron las investigaciones sobre preconcepciones epistemológicas referidas a los modos de aprender y sobre los modelos de aprendizaje de profesores y alumnos.

También evolucionan los trabajos desde la mera comprobación experimental de la existencia de estos núcleos de dificultad y de su persistencia y resistencia a la instrucción, hacia intentos para explicarlas, para buscar las causas así como para hacer propuestas de estrategias didácticas superadoras. Algunos trabajos cuestionan las metodologías de búsqueda y las fundamentaciones de las conclusiones (1993 Pozo).

- b) Otra temática destacada es la investigación sobre **Aprendizaje de conceptos; conceptualización**. Desde distintos modelos se estudia cómo se construyeron conceptos fundamentales de la Física: Fuerza, Temperatura y Calor, Masa, Ondas, Campos... Los marcos teóricos más usados son: la acomodación y equilibración Piagetiana, la teoría de desarrollo (zona de desarrollo máximo) de Vigotsky, y los modelos de obstáculos epistemológicos (Bachelard) y conflicto cognitivo.
- c) También se identifican trabajos que investigan **Estrategias de aula**:
- * Resolución de problemas
 - * Uso de mapas conceptuales y V de Gowin
 - * El rol del Laboratorio
 - * El uso eficiente de la computadora

II. Trabajos de desarrollo encuadrados en un paradigma

Las *Estrategias de aula* (ítem c) de la categoría I.B., también se abordan en muchos trabajos de desarrollo.

- d) Aparecen numerosos trabajos sobre **Propuestas curriculares** que abarcan todos los niveles de generalidades: desarrollo de un tema específico de la Física, planificación de un curso o asignatura, diseño de la Física para una carrera y propuestas que abarcan un diseño de la Física en todo el sistema educativo.

En particular estos trabajos tienen mucha vigencia en países que encaran Reformas Educativas importantes como España, Argentina, Brasil.

- e) Relacionados con la temática anterior aparecen muchas publicaciones sobre la problemática de la **formación inicial y continua de los formadores y de los formadores de formadores**.

En ellos se destacan de forma más o menos consensuada, algunas cuestiones tales como:

* La importancia del conocimiento de la disciplina objeto de aprendizaje: **Física**.

* La necesidad de iniciar a los profesores en la metodología de la **investigación educativa**.

* La necesidad de revisar y resignificar el rol de la Didáctica de la Física.

* El desafío de lograr una formación docente integrada.

III. Trabajos sobre base empírica

Los temas a que se refieren c), d) y e) de las categorías anteriores son también abordados pero sin referencia a modelos o marcos teóricos de referencia.

- f) Las publicaciones con propuestas didácticas específicas para temas puntuales de la Física, conservan bastante peso, sobre todo en algunas publicaciones tales como: American Journal of Physics, Physics Educations, Revista Catarinense de Enseñanza de Física etc.
- g) Otra temática que se aborda con cierta frecuencia es la referida a **Recursos didácticos no convencionales**: la Física de los juegos, el museo interactivo de ciencia, los dibujos animados, el uso de redes informáticas, etc.

Este panorama muestra en general que los trabajos en investigación y desarrollo educativo en Física se multiplican, crece el número de especialistas y el de Reuniones, Congresos y Simposios en el área específica. Aparecen nuevas publicaciones.

Podríamos concluir que este campo de investigación está en pleno desarrollo y ha demostrado su poder generador de nuevos conocimientos en el área.

Para concluir quiero advertir nuevamente que esta revisión no pretende ser exhaustiva sino sólo indicativa de lo que, a mi criterio, parecen ser las líneas y tendencias dominantes.

Referencias

1. Colombo de Cudmani, Salinas J., Pesa M., 1991, "La generación autónoma de conflictos cognitivos" para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la Física". Enseñanza de la Ciencia, **9(3)**, 237-242.

2. Cudmani L., Pesa M., Salinas J., Setiembre 1996, "Un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias." Memoria de EPPEF. Águas de Lindoia. São Paulo, Brasil.
3. Douglas Robert, 1996, "What Counts as Quality in Qualitative Research", *Science Educations* **80**(3) 248.
4. Gil Pérez D., 1994, "Diez años de la revista Enseñanza de la Ciencia: de una ilusión a una realidad", *Enseñanza de las ciencias*, **12** (2) 154-164.
5. Moreira M. A., 1994, "Diez años de investigación en Didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas", *Enseñanza de las ciencias*, **12** (2) 147-153.
6. Piaget J., 1979, *Epistemología de las ciencias del hombre*. Vol. IV del Tratado de Lógica y conocimiento científico, Editorial Paidós, 1979, Bs. As., p. 182 y s.s.
7. Posner G., Kenneth A., Strike R., Wewson P., Gertzog W., 1982, "Acomodation of a Scientific Coneption. Taward a Theory of Conceptual Change", *Science Educations*, **66** (2) 211-227.
8. Pozo Juan Ignacio, 1993, "Psicología y Didactica de las ciencias de la naturaleza y concepciones alternativas", *Infancia y aprendizaje*, 1993, 62-63, 187-204.
9. Scott P. H., Asoko H. M., Driver R. H., 1991, "Teaching for conceptual change: A review of strategies", *Research in Phys. Learn: Theoretical issues and empirical Studies*, Bremen University, 1991.
10. Schwabb, 1973, Capítulo de: "La educación y la estructura del conocimiento", *Compilación de Elam S*, El Ateneo, Bs. As.
11. Strike K., Posner G., 1982, "Conc. Change and Science Tracking", *Europ. Journ. of Science Educ.*, **4** (3) pp 231-240.
12. Viennot L., 1985, "Analoging Students reasoning: Tendencies in interpretation", *American Journal Physics*, **53** (5), Mayo 1985.
13. Vigotsky L. S., 1989, "El desarrollo de procesos psicológicos superiores", *De. Crítica*, Barcelona, España.