

---

# LOS DESENCUENTROS ENTRE METODO Y CONTENIDO EN LA FORMACION DE LOS PROFESORES DE FISICA

JULIA SALINAS DE SANDOVAL Y LEONOR COLOMBO DE CUDMANI

Instituto de Física, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

---

## RESUMEN

*Se hipotetiza que la práctica docente habitual en Física presenta un tratamiento no integrado de los métodos y contenidos de la disciplina, y se señala que en general los profesores transmiten irreflexivamente un modelo de enseñanza que se centra casi exclusivamente en el conocimiento de enunciados de leyes y principios, y olvida el análisis de los procedimientos involucrados.*

*Se considera con algún detalle dos comportamientos (bastante generalizados entre los profesores de Física) a los que cabe interpretar como manifestaciones de la incomprensión por parte de estos profesores de la unidad sintáctico-sustancial de la Física:*

*\* el intento de basar la enseñanza de la disciplina en lo obvio y en el sentido común, y*

*\* el empleo acrítico de métodos para la obtención y el procesamiento de datos experimentales fuera de sus límites de validez.*

## Introducción

La hipótesis vertebradora de este trabajo sostiene que la práctica docente habitual en Física presenta un tratamiento no integrado de los métodos y los contenidos de la disciplina, y sugiere que tal deformación de la naturaleza del conocimiento científico puede rastrearse hasta los programas de formación de profesores de Física.

Los modelos de aprendizaje que subyacen a las estrategias docentes son muchas veces implícitos, y parecen transmitirse como parte de una tradición sobre la que raramente se reflexiona críticamente. "Lo que siempre se ha hecho" no se cuestiona. Tal

podría ser el caso con el modo usual de centrar la instrucción en el conocimiento de enunciados de leyes y principios (saber "que"), olvidando el análisis de procedimientos (saber "como") (Gil y Carrascosa 1992). El alumno de hoy es el profesor que mañana enseñará como le enseñaron a él.

Por otra parte, el hecho de que el docente declare su adhesión a un modelo de aprendizaje constructivista, no asegura que se integren efectivamente método y contenido en la instrucción.

Podría ocurrir, por ejemplo, que el profesor de Física (en formación, o en ejercicio), participe en actividades centradas en estrategias de aprendizaje por cambio conceptual, pero que no preste adecuada atención a los aspectos epistemológicos involucrados en tal tipo de aprendizaje. De acuerdo con algunos investigadores, esta ausencia podría estar originada en una visión parcelizada del cambio conceptual, de acuerdo con la estructura cognitiva al aprender significativamente las cuestiones centrales de una teoría científica, traerían aparejadas, como necesarias consecuencias, alteraciones en los factores ontológicos, metodológicos, axiológicos, relacionados. Pero éste no parece ser el caso: de acuerdo con algunas investigaciones reportadas, tales factores deberían ser explícitamente considerados para favorecer la re-estructuración conceptual (Gil y Carrascosa 1985, Duschl y Gitomer 1991, Cudmani et al. 1991).

Otras investigaciones alertan sobre el peligro de reducir la formación de los profesores en el conocimiento relacionado con los procedimientos de la Física, a una serie de "recetas técnicas" sobre planeamiento de las clases, conducción de las actividades de laboratorio, evaluación del aprendizaje de los alumnos ... (King 1991). La estrecha interdependencia entre la naturaleza del conocimiento científico, y la forma en que éste es construido, no sería considerada.

Se ha advertido que el aprendizaje significativo de los conceptos científicos requiere de una epistemología constructivista (Aikenhead 1992). Esta alerta parece ser coherente con resultados obtenidos en investigaciones que muestran la importancia de favorecer que los profesores profundicen sus conocimientos tanto sobre el proceso por el que el conocimiento científico es generado, cuanto sobre los resultados de esos procesos: A menos que se considere conjuntamente la generación de conocimiento, y los productos de esos procesos, no parece que sea posible desarrollar una comprensión adecuada de la ciencia o de los conceptos científicos (Songer y Linn 1991).

En esta misma línea de razonamiento, otros investigadores han analizado con alguna profundidad el modo en que emerge el conocimiento nuevo en ciencias. Y, a la luz de una teoría de aprendizaje, han concluido proponiendo la incorporación al aula de metodologías de trabajo coherentes con las empleadas por la comunidad científica, como modo de favorecer el cambio conceptual (Cohen 1992). El aprendizaje del conocimiento científico no se concibe como la resultante, ni de una transmisión de información desde el docente hacia el alumno, ni de estrategias de redescubrimiento autónomo por parte del estudiante. En otras palabras, sugieren que el modo de aprender el conocimiento científico consistiría en (re)construirlo de manera análoga a como lo hace la comunidad científica, conclusión coherente con la sostenida en ante-

rios trabajos nuestros, y en los trabajos de otros autores (Gil 1983, Hodson 1985, Gil y Carrascosa 1985 et al. 1991, Wheatley 1991, Matthews 1992).

De acuerdo con resultados coincidentes de los epistemólogos de la ciencia actuales, lo que se entiende por "ciencia", por "racionalidad", está cargado de criterios históricos (Kuhn 1971, Lakatos 1983): el conocimiento científico, y los criterios que le otorgan significado y validez, se construyen socialmente en un proceso de permanente interacción mutua (Cobb et al. 1991, Salinas 1991).

Estas reflexiones son coherentes con las de otros epistemólogos (Bunge 1985), que señalan que el conocimiento científico es el resultado de un modo particular de operar ("pautas metodológicas de la ciencia") y de determinadas metas prefijadas ("objetivos de la ciencia"). Objetivos, pautas metodológicas y conocimiento resultante serían tres aspectos profundamente interdependientes, que se otorgan mutuamente significado, y que se determinan entre sí.

Este tipo de consideraciones sobre la unidad sintáctico-sustancial del conocimiento científico, no parecen estar claras para la generalidad de los profesores de Física. Puede ser útil aclarar aquí que la estructura sustancial de la disciplina engloba sus cuerpos conceptuales, las razones a favor de la fuerza y utilidad de ese conocimiento, los límites de su validez. La estructura sintáctica, por su parte, se relaciona con las problemáticas relativas a las vías a través de las cuales la disciplina se mueve entre sus datos y sus conclusiones (Schwab 1973).

Por el contrario, nuestra actividad en talleres de formación y actualización destinados a profesores de Física, nos ha permitido observar comportamientos reveladores de una seria incompreensión sobre la vinculación existente entre las conceptualizaciones y las metodologías y valoraciones científicas.

De entre diversas manifestaciones que hemos detectado (entre profesores de Física de nivel medio, terciario y universitario básico) de la incompreensión entre método y contenido científicos, en este trabajo consideraremos con algún detalle dos, a las que estimamos especialmente significativas:

- \* el intento de basar la enseñanza de la Física en lo obvio y en el sentido común;
- \* el empleo acrítico de métodos para la obtención y el procesamiento de datos experimentales fuera de sus límites de validez.

### El intento de basar la enseñanza de la física en lo obvio y en el sentido común:

En diversas ocasiones hemos observado que, en su afán de incentivar el interés y la dedicación de sus alumnos, algunos profesores intentan presentar las leyes y teorías de la física como enunciados que emergen obviamente, aplicando el sentido común, de la observación cuidadosa de los sucesos y procesos naturales.

Esta estrategia docente supone el desconocimiento de cuestiones epistemológicas básicas, y sin embargo está bastante extendida.

Con el expediente de dejar caer una hoja de papel extendida y otra apretada, se pretende zanjar en unos minutos la consideración de aspectos que a la humanidad le llevó siglos elaborar.

Las leyes de Newton parecen surgir "obviamente" de las sensaciones que experimentamos cuando viajamos en un auto que modifica el módulo o la dirección de su velocidad, cuando nos apoyamos en una pared ...

El simple artículo de mirar hacia una fuente luminosa a través de orificios alineados, practicados en dos láminas opacas consecutivas, se considera suficiente para dejar establecido que la luz es invisible a nuestros ojos, que se propagación podría ser considerada rectilínea.

La comparación entre las sensaciones que experimentarían un esquimal y un habitante de las zonas ecuatoriales al sumergir sus manos en el mismo líquido, se estima suficiente para aclarar las diferencias entre calor y temperatura.

Y podríamos seguir mencionando ejemplos.

La investigación educativa en ciencias ha suministrado numerosísimos resultados empíricos, y ha sugerido explicaciones teóricas, que en forma convergente parecen mostrar que la construcción de las concepciones y de las relaciones científicas no es en absoluto simple. Esa conclusión se desprendería del amplio conjunto de las investigaciones realizadas en los campos de las preconcepciones, de los razonamientos espontáneos, de las estrategias instruccionales constructivistas ... Las extensas referencias bibliográficas en estas áreas son apoyadas por otros estudios, igualmente numerosos, realizados en Epistemología de la Ciencia y en Psicología del Aprendizaje de Ciencias.

El intento de basar la enseñanza de la Física en lo obvio y en el sentido común parece poner en evidencia una concepción epistemológica primitiva, que ha sido objeto de estudios en investigación educativa en ciencia, y a la que se atribuye la construcción de concepciones espontáneas no científicas. Esta concepción estaría caracterizada por:

- \* generalizar a partir de observaciones cualitativas, sin control cuantitativo (Piaget 1969);
- \* convalidar las conclusiones en base a criterios de evidencia;
- \* atribuir a los resultados el carácter de certidumbres incuestionables;
- \* formular explicaciones válidas para cada caso específico, sin controlar la coherencia frente a otras situaciones que las pongan en conflicto (Hodson 1986, Hills 1989).

Fue una metodología espontánea de esa naturaleza, aunque dotada de exigencias especiales, la que vertebró la Física aristotélica, dotándola de un poder tal de con-

vicción, que fue capaz de perdurar durante más de veinte siglos como patrimonio indiscutido del saber científico.

El cambio conceptual vino acompañado de un cambio epistemológico que lo hizo posible: el nuevo conocimiento científico se construyó justamente a partir de un cuestionamiento de las evidencias sensibles, de una ruptura con el sentido común (Bachelard 1972, Carrascosa y Gil 1985, Hashweh 1986).

Se introdujo la modelización en la ciencia (Koyré 1981); vale decir; la construcción intelectual de objetos ideales, representados y manipulados matemáticamente (Matthews 1992). Las elaboraciones conceptuales ya no pretenden aprehender globalmente la naturaleza, extremadamente compleja, de los fenómenos naturales. Las teorías no se aplican *directamente* a la realidad, sino a los modelos que los científicos construyen sobre esa realidad (Bunge 1985, Cudmani y Salinas 1991).

La observación cualitativa no controlada cede lugar a la experimentación científica, cuantitativa además de cualitativa, controlada y reproducible.

Las certidumbres son reemplazadas por hipótesis; el conocimiento es perfectible, conjetural y provisorio.

Y el espíritu sistemático se impone. Los conocimientos deben integrarse en un cuerpo que muestre la coherencia con otras situaciones y otros resultados. La fragmentación en estudios específico cobra sentido cuando se los sistematiza en una estructura conceptual globalizadora en la que las conclusiones se enriquecen y son controladas, enriquecen y controlan otras conclusiones (Hempel 1987).

Se comprende así que pretender basar la enseñanza de la Física en lo obvio y en el sentido común, significa renunciar a enseñar las teorías aceptadas en la actualidad por la comunidad científica. La disociación entre método y contenido desvirtúa, simul-

táneamente, las naturaleza del proceso y del producto de la labor científica.

Las reflexiones precedentes no deben entenderse como un rechazo a incorporar al aula las referencias a la Física de lo cotidiano, a las observaciones cualitativas, etc.. Es claro que las experiencias de la vida diaria tienen elevado poder motivador, y que la discusión de las conjeturas elaboradas por los estudiantes al respecto, permiten la explicitación de sus preconcepciones. Más aún, la ciencia pretende, justamente, construir explicaciones que permitan comprender y predecir cada vez con mayor ajuste cualitativo y cuantitativo el comportamiento de los sistemas reales (de ahí la existencia de múltiples teorías, de diferente profundidad, para explicar un mismo ámbito fáctico). Pretendemos, más bien, alertar contra el intento ingenuo y simplista (en realidad, acientífico) de basar la instrucción y el aprendizaje de la Física en lo obvio, en las vivencias cotidianas, en el sentido común, etc.

Pasemos ahora a considerar la segunda manifestación de la incompreensión de la unidad sintáctico-sustancial de la Física por parte de los profesores que discutimos en este trabajo.

### **El empleo acrítico de métodos para la obtención y el procesamiento de datos experimentales:**

Veremos algunos ejemplos detectados en nuestra interacción con profesores de Física a través de talleres de formación y/o actualización que hemos coordinado.

\* Aplicación "mecánica y acrítica de la Teoría de Errores de Gauss para el procesamiento de los datos:

Durante el desarrollo de esos talleres, hemos constatado que un elevadísimo porcentaje de los profesores intervinientes (que enseñan Física en los niveles medio, terciario y universitario básico), pretendía aplicar, acríticamente, métodos de obtención y

procesamiento de datos como si éstos tuvieran validez universal. No se consideraba necesario controlar la adecuación del método al contenido.

Por ejemplo, los profesores tendían a utilizar la teoría de errores accidentales de Gauss indiscriminadamente, sin hacer un elemental sobre la aleatoriedad de las mediciones realizadas. En algunos casos era perceptible una variación sistemática en los valores, pero esta circunstancia se pasaba por alto. El divorcio entre método y contenido era palpable.

\* Uso acríptico del método de "un factor cada vez" para la obtención de los datos: Como se sabe, en el método de "un factor cada vez", el efecto de cada vez variable sobre la respuesta analizada se establece modificando los valores de una de ellas por vez, manteniendo constantes los valores de las otras. Implícitamente, se supone que el efecto así determinado es el mismo para otros valores fijos de las demás variables. Pero esa constancia en el efecto sólo se verifica cuando los efectos de las variables son aditivos, vale decir, cuando no hay interacción entre ellas (Box et al. 1988).

Los talleres centrados en fenómenos oscilatorios, en mecánica y electromagnetismo básicos, ofrecieron una nueva oportunidad para controlar el empleo acríptico de los métodos de obtención de datos experimentales por parte de profesores de Física de nivel medio, terciario y universitario básico. En esta oportunidad, se discutió con los profesores la pertinencia del método de "un factor cada vez" para contrastar empíricamente hipótesis relacionadas con el comportamiento de sistemas forzados.

A partir de observaciones y análisis cualitativos de los fenómenos de resonancia de la velocidad (o corriente) y del desplazamiento (o carga), se formularon cuatro hipótesis (para un análisis más detallado, puede consultarse (Salinas y Sandoval 1991)):

H1: La amplitud de la velocidad (o de la corriente) depende de la frecuencia  $\omega$  de la

excitación externa y se hace máxima para  $\omega$  igual a la frecuencia propia  $\omega_0$  de la oscilación libre no amortiguada.

H2: La amplitud de resonancia de la velocidad (o de la corriente) disminuye cuando aumenta el factor de amortiguamiento del sistema.

H3: La amplitud del desplazamiento (o de la carga) depende de la frecuencia de excitación y se hace máxima para  $\omega$  próxima a  $\omega_0$ .

H4: La amplitud de resonancia del desplazamiento (o de la carga) disminuye si aumenta el factor de amortiguamiento del sistema.

Se analizó luego críticamente con los docentes la aplicabilidad de las siguientes estrategias, surgidas de la aplicación del método de "un factor cada vez", para controlar cada una de esas hipótesis:

M1: Para controlar H1, medir la amplitud de la velocidad (o de la corriente) en un dado sistema oscilante forzado manteniendo constante el factor de amortiguamiento y modificando la frecuencia de la excitación externa.

M2: Para controlar H2, medir la amplitud de resonancia de la velocidad (o de la corriente) en un dado sistema oscilante forzado manteniendo y modificando el factor de amortiguamiento.

M3: Para controlar H3, medir la amplitud del desplazamiento (o de la carga) en un dado sistema oscilante forzado manteniendo constante el factor de amortiguamiento y modificando la frecuencia de la excitación externa.

M4: Para controlar H4, medir la amplitud de resonancia del desplazamiento (o de la carga) en un dado sistema oscilante forzado manteniendo constante la frecuencia de la excitación externa y modificando el factor de amortiguamiento.

Para el control experimental de H1, H2 y H3 es legítimo proceder a realizar las me-

diciones M1, M2 y M3.

Pero para el control experimental de H4 no es aplicable el método de "un factor cada vez". Es decir, no puede controlarse esta hipótesis realizando la medición M4, pues la frecuencia de resonancia de la amplitud (de desplazamiento, o de carga) no es independiente del factor de amortiguamiento.

Los profesores manifestaban en muchos casos auténtica sorpresa ante estas limitaciones en el ámbito de validez del método de "un factor cada vez". El peso de la tradición parece ser muy fuerte en este caso. Durante mucho tiempo, este método ha sido incorrectamente considerado en la práctica docente prácticamente como "la" forma, de alcance general, válida para estudiar empíricamente los efectos de las variables que influyen sobre una dada respuesta del sistema en estudio.

Los profesores parecen actuar como correa de transmisión irreflexiva de esta disociación nociva entre método y contenido. Para controlar si ésa era la situación, incluimos el siguiente enunciado entre los ítems de evaluación de los talleres:

*"Este problema no se refiere a fenómenos oscilatorios, sino a criterios metodológicos. Suponga que una comisión de alumnos propone el diseño que se describe a continuación. ¿Ud. lo consideraría adecuado?. Justifique.*

*Se quiere investigar el comportamiento del alcance  $x$  de la trayectoria de una bola de masa  $m$ , ubicada a una altura  $h$ , cuando se la golpea con una fuerza horizontal  $F$ .*

*La altura  $h$ , puede modificarse apoyando (sin sujetar) la bola sobre un soporte adecuadamente diseñado, de longitud vertical variable.*

*La fuerza  $F$  puede variarse modificando la aceleración angular  $\eta$  de un brazo que gira alrededor de un eje  $O$  fijo en la posición que muestra la figura. Sobre ese brazo se ubica una masa  $M$  en la posición adecuada que impacte sobre la bola.*

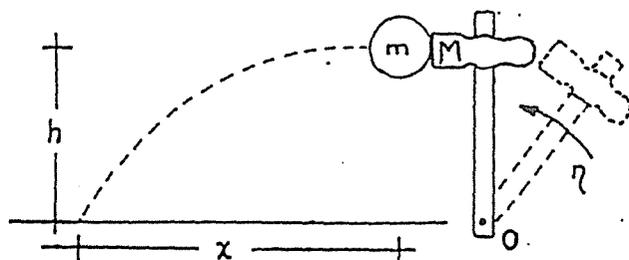


Figura 1:

*La comisión de alumnos propone:*

- a) confeccionar una curva de calibración  $F$  vs  $\eta$ ;*
- b) medir  $x$  para distintos valores de  $h$  manteniendo constante el valor de  $F$  (este valor de  $F$  se obtiene de la curva de calibración conociendo el valor de  $\eta$ ;*
- c) medir  $x$  para distintos valores de  $F$  manteniendo constante el valor de  $h$  (como en el caso anterior, el valor de  $F$  se obtiene de la curva de calibración conociendo el valor de  $\eta$ )."*

Es claro que el diseño propuesto por los alumnos no es correcto, pues no tiene en cuenta la dependencia de  $F$  con  $h$ : al colocarse la masa  $M$  en la posición adecuada para que impacte sobre la bola de masa  $m$ , se está modificando la distancia al eje de giro  $O$ . Por lo tanto, aunque la aceleración angular  $\eta$  permanezca constante, la fuerza  $F$  modifica su valor cuando la bola se coloca a diferentes alturas  $h$ .

Sin embargo, más del 65% de los profesores participantes en los talleres sobre fenómenos oscilatorios, consideraron que el diseño era adecuado.

Cuando el enunciado fue presentado a otros profesores que no habían participado en discusiones sobre la aplicabilidad limitada del método de "un factor cada vez", el porcentaje de aceptación (vale decir, el porcentaje de respuestas incorrectas) superó el 85%.

Creemos que estos ejemplos son claros, y

muestran como la separación artificial entre método y contenido atenta directa y decisivamente sobre la comprensión del conocimiento científico, y puede conducir a análisis conceptualmente erróneos.

### Conclusiones

Hemos analizado aquí ejemplos de las dificultades a que conduce en la introducción el divorcio entre métodos y contenidos de la Física, y hemos señalado la necesidad de integrarlos.

Las estructuras conceptuales de la disciplina (conceptos, leyes, teorías) son el resultado de sintaxis, de redes de procedimientos, criterios y métodos que vinculan los datos con las teorizaciones. Pero las conceptualizaciones determinan a su vez las sintaxis capaces de enriquecerlas y desarrollarlas. De las uniones fértiles de sistemas conceptuales con estructuras sintácticas, de su interacción profunda, emergen los programas de investigación (Lakatos 1983) capaces de generar nuevos conocimientos científicos. La separación entre métodos y contenidos sólo tiene sentido a los fines del análisis; su síntesis es imprescindible para comprender la naturaleza de la labor y del conocimiento científico.

La instrucción de la Física no puede ser ajena a esta profunda interrelación, so pena de distorsionar sus propios objetivos. Métodos y vacíos de contenidos se convierten en automatismos acríticos y acientíficos. Contenidos sin metodologías que los sustenten, se reducen a fórmulas y verbalizaciones con poco o ningún significado científico.

Parece pues necesario que el profesor de Física, durante su formación de pre-graduación y de post-graduación, tenga oportunidad de analizar profunda y reflexivamente estas cuestiones, a fin de evitar muy difundidas prácticas dicotomizadoras que empobrecen y falsean el conocimiento de la disciplina.

### Referencias Bibliográficas

- AIKENHEAD, G. S., 1992. *How to teach the Epistemology and Sociology of Science in a Historical Context*, Proceedings of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in Science Teaching (may 11-15, Ontario, Toronto, Canada), Vol. 1 pág. 23-24.
- BACHELARD, G., 1972. *La formación del espíritu científico* (Ed. Siglo XXI, Buenos Aires).
- BOX, G., HUNTER, W. y HUNTER, J., 1988. *Estadística para investigadores* (Ed. Reverté, España).
- BUNGE, M., 1985. *La investigación científica* (Ed. Ariel: Barcelona).
- CARRASCOSA, G. y GIL, D., 1985. *La "metodología de la superficialitat" i l'aprenentatge de les ciències*. Enseñanza de las Ciencias, 3(2), pág. 113-120.
- CUDMANI, L.C. DE y SALINAS, DE SANDOVAL, J., 1991. *Modelo físico e realidades. Importancias epistemologica de sua adequacao quantitativa. Implicacoes para a aprendizagem*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 8(3), pág. 181-192.
- COBB, P., WOOD, T. y YACKEL, E., 1991. *Analogies from the Philosophy and Sociology of Science for Understanding Classroom Life*, Science Education, 75(1), pág. 23-44.
- COHEN, A., 1992. *A history of the development of the notion of "quanta" in Physics and its implications for science education*, Proceedings of The Second International Conference on History and Philosophy of Science in Science Teaching (may 11-15, Ontario, Toronto, Canadá), Vol. I. pág. 187-120.
- DUSCHL, R. y GITOMER, D. H., 1991. *Epistemological perspective on conceptual change: implications for educational practice*, Jour. of Research in Science Teaching, 28(9), pág. 839-859.

- GIL, D., 1983. *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 1(1), pág. 26-33.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J., 1985. *Science Learning as a conceptual and methodological change*, Eur. Jour. of Science Education, 7(3), pág. 231-236.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J., 1992. *Approaching pupils learning to scientific construction of knowledge: some implications of the History and Philosophy of Science in Science Teaching*, Proceedings of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in Science Teaching (may 11-15, Ontario, Toronto, Canada), Vol. I, pág. 375-389.
- HASHWEH, M. Z. 1986. *Toward an explanation of conceptual change*, European Journal of Science Education, 8(3), pág. 229-249.
- HEMPEL, C., 1987. *Filosofía de la ciencia natural*, (Alianza Editorial, Madrid)
- HILLS, G. L., 1989. *Students' "untutored" beliefs about natural phenomena: primitive science or commonsense?*, Science Education 73(2), pág. 155-186.
- HODSON, D., 1985. *Philosophy of Science, Science and Science Education*, Studies in Science Education, 12, pág. 25-57.
- KING, B. B., 1991. *Beginning Teachers' Knowledge of and Attitudes towards History and Philosophy of Science*, Science Education, 75(1), pág. 135-141.
- KOYRE, A., 1981. *Estudios galileanos* (Siglo Veintiuno Editores, México).
- KUHN, T., 1971. *La estructura de las revoluciones científicas* (Fondo de Cultura Económica: México).
- LAKATOS, I., 1983. *La metodología de los programas de investigación científica*, (Alianza Editorial: Madrid).
- MATTHEWS, M. R., 1992. *History, Philosophy and Science Teaching: The Present Appropement*, Science and Education, 1 pág. 11-47.
- PIAGET, J., 1969. *Psicología y Pedagogía* (Ed. Ariel, Barcelona)
- SALINAS DE SANDOVAL, J., 1991. *La unidad de método y contenido en la Construcción histórica y en el aprendizaje de la Física*, Memorias de la Séptima Reunión Nacional de Educación en la Física (setiembre de 1991, Mendoza, Argentina), pág. 181-194.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. y SANDOVAL, J., 1991. *Sistemas oscilantes en resonancia: preconceptos metodológicos que dificultan su aprendizaje*, Memorias de la Séptima Reunión Nacional de Educación en la Física (setiembre de 1991, Mendoza, Argentina), pág. 243-251.
- SCHWAB, J. J., 1973. *Problemas, tópicos y puntos en discusión*, en "La educación y la estructura del conocimiento", compilación de S. Elam. Ed. El Ateneo, Buenos Aires.
- SONGER, N. B. y LINN, M. C., 1991. *How do Students Views of Science influence Knowledge Integration?*, Jour. of Research in Science Teaching, 28(9), pág. 761-784.
- WHEATLEY, G. H., 1991. *Constructivist perspectives on Science and Mathematics Learning*, Science Education, 75(1), pág. 9-21.