

## Del experimento al concepto\*

*Xiomara Arrieta<sup>1</sup> y Nicolás Marín<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Centro de Estudios Matemáticos y Físicos, Doctorado en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades y Educación, La Universidad del Zulia, Venezuela.*

*<sup>2</sup>Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Almería, España*

### Resumen

El presente trabajo trata de uno de los procedimientos más característicos de toda actividad práctica: la experimentación. Es común pensar que el uso en la enseñanza del experimento supone un buen recurso didáctico. Sin embargo, de la literatura sobre el tema se desprende que el proceso por el cual el alumno conceptualiza los datos empíricos que le aporta la experimentación, no llega a tener lugar si no es sustentada con otras actividades complementarias. Se hace una revisión bibliográfica de diferentes propuestas sobre las actividades prácticas, o trabajo de laboratorio, aparecidas en revistas de impacto en la enseñanza de las ciencias y que de una u otra manera, ofrecen alternativas a la forma tradicional de llevar a cabo este tipo de actividad. Finalmente, recogiendo algunas direcciones marcadas en la revisión se propone un modelo para el desarrollo de las actividades experimentales, fundamentado en la mecánica psicológica sobre cómo el alumno conceptualiza desde los datos empíricos, que pensamos podría salvar el principal problema que se detecta en las prácticas: su desarrollo mecánico y ausente de conceptualización.

**Palabras clave:** Experimento, concepto, procedimiento, datos empíricos, modelo.

\* Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación Nº 01550-00, financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES).

## ***From Experiment to Concept***

### **Abstract**

This paper is about one of the most characteristic procedures in all practical activity: experimentation. It is common to think that the use of the experiment in teaching presupposes good didactic resources, however, in literature related to this topic, we find that the process by which the student conceptualizes the empirical data that is produced through experimentation, is not carried out to its fullest if it is not supported with other complementary activities. A bibliographical review is made of different proposals as to practical activities, or laboratory work, appearing in magazines on the teaching of sciences and that offer alternatives to the traditional forms of carrying out this type of activity. Finally, in reviewing certain tendencies found in the bibliography, a model for the development of experimental activities is proposed, based on psychological mechanics as to how students conceptualize from empirical data which could solve the main problem that is detected in practice: the mechanical implementation of the process without conceptual development.

**Key words:** Experiment, concept, procedure, empirical data, model.

### **1. Introducción**

Está bastante consensuado admitir la necesidad de introducir la experimentación en la enseñanza de las ciencias y, también, que la presencia de este recurso didáctico por sí sólo se muestra ineficaz si no se presenta integrado coherentemente junto a otros procedimientos científicos (Marín, 1984; Gil, 1993; Hodson, 1994). Por ejemplo, antes de la experiencia, si los alumnos no conocen el propósito o la finalidad con que se hace, aprenden muy poco de la actividad práctica; tomar conciencia del propósito de ésta, ayuda al estudiante a comprender la naturaleza de la ciencia (Hart, Mulhall, Berry, Lougharm, y Gunstone, 2000). Después de la experiencia es necesario complementarla con una secuencia de actividades organizadas que permi-

tan establecer condiciones para que el observador pueda dar significado a los datos, establecer relaciones entre ellos, apreciar tendencias, etc. (Marín, 1996).

Las dos tendencias que existen en la actualidad en el dominio de la Didáctica de la Ciencia para contextualizar y fundamentar las actividades experimentales son básicamente dos:

- Aquellas que señalan la importancia de establecer una educación de ciencias en consonancia con los modos y procedimientos característicos del desarrollo del conocimiento científico y de la actividad del científico (Hodson, 1985; Gil y otros, 1999). En tal caso subyace el modelo analógico del "alumno como científico" (Driver, 1983; Claxton, 1994) y el funda-

mento se obtiene de la epistemología de la ciencia.

- Las que resaltan las dificultades percibidas en el alumno para desarrollar las prácticas de física y sugieren profundizar en la cognición del sujeto para solventarlas. En tal caso se está sugiriendo como fundamento de investigación algún modelo del "alumno como aprendiz" o lo que es lo mismo, tal fundamento se debe encontrar en la epistemología individual o en las teorías que intentan dar respuesta a cómo aprende el alumno (Marín, 1996).

Se percibe que ambos fundamentos se complementan. En efecto, es lógico pensar que las actividades experimentales deberían organizarse con otras actividades de clase (resolución de problemas, formulación de hipótesis, explicaciones del profesor, etc.) de un modo consecuente a como se desarrolla la actividad científica (Gil y otros, 1999), pero también es cierto que es preciso acomodar dichas actividades, tanto a las capacidades y limitaciones procedimentales de aprendiz, como a la mecánica de aprendizaje por la que, en general, el sujeto aprende de la experiencia. *Será esta posición complementaria la que se adopte en este trabajo.*

El diseño de actividades procedimentales de clase siguiendo secuencias sobre cómo se construye el conocimiento de ciencias, podría ser una condición necesaria para que el alumno aprenda los contenidos de ciencias pero nunca suficiente. Por otro lado, la perspectiva complemen-

taria anunciada anteriormente tampoco podría verse como el requisito suficiente para que se dé el aprendizaje, todo lo más, cabría pensar, en que sería probablemente suficiente. Esto es así porque factores endógenos al alumno, unos de carácter afectivo tales como la atención, el interés y la actitud hacia el objeto de aprendizaje, y otros ligados a su nivel cognitivo, son los que tienen la última palabra del aprendizaje. Así lo puntualiza un compromiso con la visión constructivista del aprendizaje (Marín y Benarroch, 2000).

Por tanto, un aspecto crucial y cuya respuesta podría marcar el fundamento de esta investigación se podría formular así "*¿cuáles son los mecanismos psicológicos por los que el sujeto aprende de los datos experimentales?*". Tales mecanismos pondrían sobre la pista para diseñar actividades con mayores garantías para que el alumno realice aprendizajes desde las actividades experimentales complementarias a otras estrategias de enseñanza (exposiciones teóricas, problemas, ejemplos, etc).

En el presente trabajo se pretende hacer una revisión de los diferentes trabajos que realizan propuestas didácticas para integrar la experimentación en las clases de física, con el fin de analizar:

- Cuáles son los fundamentos que sostiene cada propuesta.
- Cómo se aborda el problema del proceso de conceptualización desde las prácticas.

Estos dos factores van a permitir clasificar las diferentes propuestas

para el desarrollo de las actividades experimentales y después marcar nuevas pautas didácticas para hacerlas más fructíferas.

## **2. Análisis de los fundamentos que guían las propuestas didácticas sobre actividades experimentales**

Existen diversos supuestos de cómo se pueden llevar a cabo las prácticas de laboratorio para que sean efectivas, es decir, que tengan un valor didáctico; de tal manera que el alumno pueda conceptualizar a partir de la experimentación. Se presenta a continuación una serie de propuestas producto de la revisión bibliográfica realizada en revistas de mayor impacto en enseñanza de las ciencias:

### **a) Propuesta de Beltrán, Marinello, Sierra y Valdés**

Beltrán y otros (1991) realizaron un experimento pedagógico en las prácticas de laboratorio de Química General del primer año de Educación Superior, con la finalidad de elevar la eficiencia del trabajo en la asignatura, determinándose una contribución positiva al mejoramiento del proceso enseñanza - aprendizaje.

La hipótesis de trabajo fue: "si las prácticas se realizan siguiendo una metodología más adecuada que tienda a eliminar los aspectos negativos posibles, la eficiencia de la práctica será mayor".

La metodología utilizada por estos autores fue la siguiente:

- Entrega con tiempo a los estudiantes de orientaciones escritas para cada práctica.
- Redacción de preguntas iniciales para evaluar la autopercepción.
- Concretar en cada práctica los objetivos y saber los contenidos teóricos que deben apoyar.
- Realizar durante la práctica sondeos y atención particular a los estudiantes, sin que esto signifique interferir con su trabajo independiente.
- Realizar conclusiones apoyadas en los objetivos que se plantean al inicio de la práctica y fundamentalmente relacionados con los objetivos de apoyo a la teoría.
- La calificación debe realizarse según la práctica de que se trate y debe tener en cuenta los resultados de: preguntas iniciales, resultados de la evaluación inicial (sondeo), informe (datos, cálculos y gráficos, resultados, conclusiones), preguntas finales.

En el diseño del experimento, se utilizó como variable independiente la aplicación de la metodología y como variable dependiente, las notas de los alumnos en: preguntas iniciales, informes y nota total.

La metodología aplicada permitió:

- Aumentar la preocupación de los estudiantes en la autopercepción para las prácticas de laboratorio, aumentando la motivación esta actividad docente.
- Mejorar la forma de evaluar el trabajo de los estudiantes en el laboratorio, aumentando la objetividad de la evaluación.

- Elevar el papel de la práctica de laboratorio en la consolidación y comprobación de leyes, teorías y principios de la Química.

*Es importante resaltar que los autores no explican la fundamentación de la metodología aplicada y la hipótesis de trabajo es muy vaga pues no da suficientes indicadores para dirigir la investigación. De las conclusiones no se puede inferir que el alumno haya logrado la conceptualización que se espera a partir de los datos. Esto es coherente con la ausencia de comentarios explícitos de los autores a los modos o procesos psicológicos con que los alumnos aprenden de los datos experimentales.*

**b) Propuesta de Fernández, Lau e Iglesias**

Estos autores (1992) exponen las ideas rectoras en la elaboración del programa de la disciplina Física para la carrera de Agronomía del plan de estudio denominado "C", presentando las diferencias fundamentales con los programas del plan de estudio denominado "B". Estas ideas rectoras fueron las siguientes: Vinculación de los contenidos con la carrera, actualización de los contenidos, desarrollo de métodos productivos de enseñanza e incremento del desarrollo de las habilidades.

Para lograr un incremento del desarrollo de las habilidades, en relación con el experimento, han de tomarse en cuenta una serie de aspectos, entre los cuales se tienen:

- Precisar las condiciones en las cuales se ha de realizar el experimento.
- Montar la instalación experimental o explicar el esquema de la instalación montada.
- Saber qué se debe observar, medir y la esencia de las operaciones por ejecutar.
- Seleccionar entre un conjunto de instrumentos por su escala o apreciación, cuál es el más adecuado para medir lo que se desea y determinar la apreciación de los mismos.
- Distinguir diferentes fuentes de errores cometidos, clasificarlos y aplicarlos en los resultados.
- Saber elaborar un informe técnico de un experimento realizado y defenderlo.

Según los autores, con este tipo de programa se evidencia la optimización de la planificación y organización del proceso docente, así como un mayor nivel de sistematicidad.

*No se evidencia la fundamentación de la propuesta dada por los autores, ni los resultados obtenidos tras su aplicación, ni se consideran los procesos psicológicos por medio del cuál el alumno aprende, por lo que no se puede inferir si éste logra conceptualizar a partir de los datos empíricos.*

**c) Propuesta de Fernández**

Fernández (1992) muestra la posibilidad de utilizar en prácticas de laboratorio un paquete de programas que modelan fenómenos físicos de naturaleza electromagnética como

ejemplo de aplicación de la computación como medio de enseñanza.

Esta autora señala que el departamento de Física del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (Cuba) ha venido desarrollando la computación como medio de enseñanza a través de tres vías diferentes:

- Desarrollo de tutoriales y sistemas de expertos.
- Automatización de prácticas de laboratorio.
- Modelación de procesos físicos de interés.

El objetivo fundamental de esta actividad es aumentar la eficiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo cual incluye un salto cualitativo de la actividad educativa, así como la posibilidad de abordar tareas que de otra forma no se podrían enfrentar.

Específicamente se han desarrollado paquetes de programas que modelan fenómenos electromagnéticos, con la finalidad de complementar determinadas prácticas de laboratorio, supliendo las limitaciones de los equipos experimentales, así como también de posibilitar la interacción del estudiante con fenómenos cuyo estudio experimental no sea realizable; con esto, se logra profundizar en la interpretación física de las leyes fundamentales del electromagnetismo, así como comprender, desde el punto de vista matemático las integrales a través de las cuales se describen estas leyes. El lenguaje de programación utilizado fue el Turbo Pascal versión 5.5.

El empleo de este paquete de programas de modelación en el laboratorio ha permitido, entre otras cosas:

- Profundizar en temáticas de contenido físico.
- Visualizar y estudiar fenómenos físicos cuya observación está fuera de nuestro alcance.
- Servir de apoyo y complemento al laboratorio, permitiendo establecer comparaciones entre el modelo y el fenómeno real, permitiendo ampliar el estudio experimental, limitado por las condiciones de trabajo de los equipos.
- Familiarizar al estudiante con el uso de las aplicaciones de las computadoras.
- Hacer más agradable e interesante la enseñanza y aprendizaje del contenido de la asignatura.

*La autora no expresa la fundamentación de su propuesta y no se considera los procesos de cómo el alumno aprende a partir de los datos empíricos, por lo que no se puede inferir si logra llegar al concepto.*

#### d) **Propuesta de Hodson**

Hodson (1994) parte de la situación problemática de si es importante o no el trabajo práctico en el laboratorio, de si este ayuda a los alumnos a comprender mejor los conceptos físicos; por esto, considera oportuno realizar un examen crítico de su papel y de los beneficios que pueda brindar. Para Hodson, cualquier método de aprendizaje que exija a los aprendices que sean activos en lugar de pasivos concuerda con la idea de que los estudiantes aprenden mejor a

través de la experiencia directa. En este sentido, el trabajo práctico no siempre necesita incluir actividades que se desarrollen en el banco de laboratorio. Existen otras alternativas válidas como las actividades interactivas basadas en el uso del ordenador, el trabajo con materiales de análisis de casos, las entrevistas, los debates y la representación de papeles, hacer modelos, carteles y álbumes de recortes, investigar en la biblioteca, hacer fotografías y vídeos. Un enfoque alternativo implica:

- Procurar oportunidades enfocadas a que los estudiantes exploren la capacidad que tienen en un momento concreto de comprender y evaluar la firmeza de sus modelos y teorías para alcanzar los objetivos de la ciencia.
- Ofrecer estímulos adecuados para el desarrollo y el cambio.
- Identificar las ideas y los puntos de vista de los niños.
- Diseñar experiencias para explorar tales ideas y puntos de vista.
- Ofrecer estímulos para que los alumnos desarrollen, y posiblemente modifiquen, sus ideas y puntos de vista.
- Apoyar los intentos de los alumnos de volver a pensar y reelaborar sus ideas y puntos de vista.

Si se pretende que los estudiantes practiquen la ciencia con algún sentido, se necesita un modelo de ciencia filosóficamente válido. A efectos de que el alumno aprenda sobre la naturaleza de la ciencia, es posible que se obtenga alguna ventaja si considera-

mos que la ciencia abarca cuatro elementos principales:

- Una fase de diseño y planificación durante la cual se hacen preguntas, se formulan hipótesis, se idean procedimientos experimentales y se seleccionan técnicas.
- Una fase de realización en la que se ponen en práctica varias operaciones y se recogen datos.
- Una fase de reflexión en la que se examinan e interpretan los hallazgos experimentales desde distintas perspectivas teóricas.
- Una fase de registro y elaboración de un informe en la que se registran el procedimiento y su razón fundamental, así como los distintos hallazgos conseguidos, las interpretaciones y las conclusiones extraídas para uso personal o para comunicarlas a otros.

*El autor muestra una interesante posibilidad de llevar a efecto el trabajo de laboratorio, sin embargo, es una propuesta que no se ha puesto en práctica, y por tanto, no se ha evaluado su supuesta eficacia didáctica. Por otro lado, siendo el fundamento de la propuesta la historia y filosofía de la ciencia, ésta se realiza a espaldas de cómo el sujeto conceptualiza de la experiencia.*

#### e) **Propuesta de Gil y Pessoa**

Gil y Pessoa (1994) expresan que una de las necesidades formativas básicas del profesorado es saber programar actividades de aprendizaje, por lo que se debe considerar como un importante objetivo de enseñanza. En tal sentido, las estrategias

diseñadas deben ser coherentes con la construcción de conocimientos científicos. Los autores plantean una serie de estrategias de enseñanza como tratamiento de situaciones problemáticas mediante programas de actividades (programas de investigación), a saber:

- Plantear situaciones problemáticas que - teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes de los alumnos - sean asequibles, generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
- Proponer a los estudiantes el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a explicitar funcionalmente sus ideas).
- Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, lo que conlleva, entre otros:
- La invención de conceptos y emisión de hipótesis (las ideas previas permiten hacer predicciones).
- La elaboración de estrategias de resolución (incluyendo diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
- La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica.
- Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para hacer posible la profundización y afianza-

miento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico.

- Favorecer las actividades de síntesis (esquemas, memorias, mapas conceptuales), la elaboración de productos y la concepción de nuevos problemas.

Estas actividades suponen tareas más complejas en la formación del profesor, que deben ser siempre reelaboradas y sometidas a cambios, producto de las experiencias obtenidas en su aplicación y de las aportaciones de la investigación didáctica.

*En el trabajo no se indican resultados obtenidos tras la aplicación de estas estrategias. Su fundamento es la analogía "el alumno como científico novel", pero no se toman consideraciones sobre los procesos psicológicos de los alumnos, que intervienen para la construcción del concepto a partir de la experiencia.*

#### f) **Propuesta de Gil y Valdés**

Según Gil y Valdés (1995, 1996), se debe provocar la reorientación de las prácticas de laboratorio para que dejen de ser meras ilustraciones de los conocimientos transmitidos. Se debe cuestionar el tratamiento separado de aspectos que en la actividad científica aparecen absolutamente unificadas como lo son la "teoría", la "práctica y los "problemas", ya que se les debe dar un planteamiento más integrado, en donde estos tres aspectos se fusionen en un programa de actividades con una orientación investigativa.

Para que esta actividad tenga una orientación investigadora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia, se plantean 10 aspectos que se consideran fundamentales:

- Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuado.
- Favorecer la reflexión de los estudiantes sobre la relevancia de las situaciones propuestas, que dé sentido a su estudio.
- Potenciar el análisis cualitativo, que ayuden a comprender las situaciones planteadas y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca.
- Plantear la emisión de hipótesis como actividad central de la investigación científica.
- Elaborar y planificar diseños experimentales por los propios estudiantes.
- Plantear el análisis detenido de los resultados a la luz del cuerpo de conocimiento disponible, de las hipótesis manejadas y de los resultados de otros investigadores.
- Plantear la consideración de posibles perspectivas y contemplar las implicaciones CTS del estudio realizado.
- Pedir un esfuerzo de integración que considere la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos.
- Elaboración de memorias científicas, "póster", etc., que reflejen el trabajo realizado y puedan servir de base para resaltar el papel de la

comunicación y el debate en la actividad científica.

- Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico, organizando equipos de trabajo.

Los autores dan ejemplos ilustrativos de investigaciones dirigidas y muestran la posibilidad de implicar a los estudiantes en la construcción de los conocimientos que habitualmente se les transmiten ya elaborados, para que de esta manera se familiaricen con las bondades de la actividad científica, y además rompan con la habitual distinción entre las tres actividades consideradas básicas en el aprendizaje de la ciencia: la adquisición de los conocimientos teóricos, la verificación experimental y la resolución de problemas de lápiz y papel.

*Los autores presentan una propuesta que parece ser viable y que se puede aplicar en diversas situaciones para validar su efectividad. Su fundamento es la analogía "el alumno como científico", pero sin embargo no se hacen consideraciones sobre los procesos psicológicos por medio de los cuales el alumno conceptualiza a partir de la experiencia.*

#### g) **Propuesta de Marín**

Marín (1985, 1996) sostiene que el experimento por si solo posee poco o nulo valor didáctico, es decir, no es suficiente para que se produzca la conceptualización que a partir de los datos empíricos se espera. A partir de un conjunto de orientaciones didácticas fundamentadas en la teoría de Piaget (Marín, 1985), propone una secuencia de actividades cuando se pretende

llevar a cabo experimentos para alumnos que se encuentren en el nivel de operaciones concretas (Piaget, 1977). Ésta sería la siguiente:

- **Fase introductoria:** Supone la presentación, mediante un planteamiento de cuestiones, donde se motive e implique al alumno en la dinámica que supone desarrollar las fases siguientes.
- Fase de interacción: Se hará interactuar al alumno con situaciones y objetos ligados al contenido por enseñar, procurando que estos sean diversos y le aporten experiencias diferentes a las cotidianas. Esta es una fase de observación y experimentación.
- **Fase de registro y ordenación de datos:** Un primer paso para que las interacciones se puedan conceptualizar es registrarlas por alguna de las técnicas siguientes: a) clasificar, b) dibujar, c) rellenar Tabla de doble entrada, d) realizar distintos tipos de seriación.
- Fase de reflexión, inferencias y conclusión: Es una fase que invita a reflexionar, relacionar y razonar al alumno a fin de ir conceptualizando lo percibido en las interacciones. Es preciso ir induciendo al alumno a buscar relaciones, regularidades, tendencias, leyes, que le llevan a forjarse nuevas ideas. Se deberá dar orientaciones, claves o pistas, pero en ningún caso se debería dar información que éste puede descubrir por sí mismo.
- **Fase informativa y de contraste:** Cuando el alumno haya adquirido

el significado de un contenido, es útil informar los nombres científicos, de presentar láminas, con el fin de que el alumno pueda comparar con sus propuestas, realizar revisiones y reflexiones.

- **Fase de aplicación y extensión:** Es necesario hacer más operativos y flexibles los conocimientos recién adquiridos, por lo cual habrá que aplicarlos en nuevas situaciones y con nuevos objetos.

**Fase de comprobación y evaluación:** Si se aprecia que el alumno posee bastantes ideas previas sobre el contenido y es capaz de utilizar estrategias formales, se podría probar una secuencia hipotético-deductiva partiendo de un problema al cual se debe dar solución o de una o varias hipótesis las cuales habrá que contrastar.

*Esta propuesta se fundamenta en la teoría de Piaget. De esta teoría el autor deduce algunas sugerencias para realizar las prácticas de física y a partir de ahí propone la secuencia por descubrimiento dirigido expuesta anteriormente. En un trabajo anterior (Marín, 1985) se evaluó esta secuencia respecto al modo tradicional de llevar a cabo las prácticas (experiencias por comprobación) y los resultados fueron satisfactorios a favor de la experimentación por descubrimiento dirigido.*

#### h) **Propuesta de García, Martínez y Mondelo**

García, Martínez y Mondelo (1998) plantean una actividad para la formación docente con objeto de favorecer la innovación de los trabajos

prácticos, con el fin de que dejen ser meras experiencias ilustrativas para comprobar leyes. En esta investigación los profesores en ejercicio/formación evalúan nuevos materiales y analizan las ventajas y limitaciones de las prácticas habituales utilizadas en el laboratorio.

Los autores consideran que es imprescindible que se produzca un cambio en el planteamiento de los trabajos prácticos, de tal manera que se beneficie al máximo el tiempo invertido en su realización; para ello se debe hacer énfasis en:

- Relacionar la teoría y la práctica, dándole mayor sentido a esta última.
- Explorar las ideas del estudiante con el fin de que sean puestas en cuestión y contrastadas a través de la experiencia
- Ofrecer una visión del trabajo científico no inductivista, coherente con las aportaciones de la actual epistemología de la ciencia.
- Promover el planteamiento de problemas próximos a los intereses de los alumnos y con el nivel de dificultad adecuado a sus capacidades intelectuales.
- Que el profesor ejerza el grado de dirección que demandan las dificultades de los estudiantes.

La propuesta se desarrolla a lo largo de dos apartados básicos:

- Detección y reflexión de las ideas que tienen los alumnos/profesores sobre los trabajos de laboratorio que habitualmente se realizan en las clases de ciencias.

- Análisis crítico de modelos de actividad práctica tradicionales y alternativos, asociados respectivamente a los experimentos ilustrativos y a las investigaciones.

Como actividad complementaria, los distintos grupos conformados elaboraron un diseño de una actividad práctica investigativa a partir de una tradicional. En esta actividad se realizó una observación directa del trabajo que realizaba cada equipo centrándola en los siguientes aspectos:

- La actividad parte de un problema.
- Se destaca la propuesta de hipótesis.
- Se contempla que el estudiante al que va dirigida la actividad tenga que diseñar pruebas que le permitan comprobar sus ideas.

Con el fin de facilitar el análisis de las actividades se elaboró una guía que incluye aspectos fundamentalmente procedimentales, pero también cognitivos y motivacionales.

Se determinó que más del 50% del total de profesores/alumnos consideran que las actividades prácticas se realizan una vez vista la teoría; un alto porcentaje de la muestra, 63,3%, prefirió el trabajo investigativo, la cual se considera como alternativa a la tradicional, ya que promueve el aprendizaje de nuevos conceptos, resultando más motivadora. La investigación ha puesto de manifiesto que, a través de estos cursos de duración reducida, si bien el profesorado introduce las actividades innovadoras durante un tiempo, la inercia le conduce a volver a utilizar aquéllas

más tradicionales. Por esto, se recomienda, en la formación docente, compaginar teoría/práctica y hacer un adecuado y continuo seguimiento del profesorado.

*Esta es una propuesta que sería interesante tomar en cuenta en el diseño de los programas de formación docente y validar con diferentes grupos de participantes. El fundamento de la propuesta es la historia y filosofía de la ciencia e ideas previas, pero no se consideraron aspectos de cómo el sujeto conceptualiza de la experiencia.*

#### i) **Propuesta de García, Insausti y Merino**

García, Insausti y Merino (1999), luego de recabar opiniones acerca de los trabajos prácticos, solicitadas a un grupo de profesores de física y química de nivel de secundaria de Valladolid y donde se evidenció que esta actividad es de tipo ilustrativo y recetístico, que no conducen a la construcción del conocimiento y que no tienen ningún valor educativo por sí mismas; diseñaron un modelo de trabajo práctico, en el nivel universitario, que trata de mejorar los aprendizajes de la práctica de la ciencia, a la vez que favorece la construcción significativa del conocimiento dentro del campo de la física.

Los aspectos fundamentales del modelo propuesto son los siguientes:

##### • **Fase preexperimental**

- Instrucciones en la utilización del documento guía, a través el cual se introduce al alumno en el problema, siguiere caminos, plantea

incógnitas; es abierto y no hay recetas.

- Revisión de las técnicas rutinarias del trabajo experimental: tratamiento de datos, aprovechamiento de registros, transformación de éstos, etc.
- Instrucción en la confección de diagramas en V (de Gowin).
- Elaboración de proyectos previos, el cual ha contribuido a asegurar el éxito en la construcción de conocimientos por parte de los alumnos.
- Entrevistas, con posterioridad al análisis de los proyectos, para el estudio de los aspectos de necesaria reelaboración.

##### • **Fase de experimentación**

- Asistida pero no guiada por el profesor. Es llevada a cabo con crítica constructiva.
- Se observa directamente el trabajo individual realizado.
- El laboratorio debe estar abierto a los alumnos y disponer de materiales sencillos.

##### • **Fase postexperimental**

- Análisis y elaboración de resultados.
- Entrevistas de consulta, si se hace necesario.
- Elaboración de informes finales, donde se podrá evaluar, la forma cómo hace ciencia el alumno, es decir: si el hilo de la investigación se corresponde con el planteamiento de problema, si formula hipótesis, si los datos son interpretados correctamente, si las conclusiones están justificadas, etc.

• **Fase de evaluación**

- Observación directa del profesor dentro del laboratorio y en la fase de preparación.
- Examen mediante de diagramas en V del trabajo práctico realizado.
- Valoración del informe final.

Los autores concluyen, luego de tres años de aplicación y depuración, que este modelo plantea una transformación con profundidad de los trabajos experimentales y supone un notable incremento de tiempo y esfuerzo para el profesor. A los alumnos les brinda la ocasión de instruirse en todo un conjunto de destrezas de investigación y les propicia un cambio de mentalidad de suponer que el trabajo práctico se realiza en el laboratorio y deben aceptar la idea de que la biblioteca, el aula y cualquier otro lugar puede ser un escenario para desarrollar la actividad científica.

*Se muestra un interesante modelo para el desarrollo de las prácticas de Física a nivel universitario. Su fundamento es la analogía "el alumno como científico", pero no se consideran aspectos sobre los procesos psicológicos por medio de los cuales el sujeto conceptualiza a partir de los datos empíricos.*

j) **Propuesta de Izquierdo, Sanmartí y Espinet**

Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) proponen un nuevo contexto de enseñanza donde el experimento toma un nuevo significado. En este enfoque es importante considerar los aportes del modelo cognitivo de ciencia (MCC), planteado por Giere, y la

transposición didáctica (Chevallard, 1985). El primero, destaca los aspectos psicológicos y sociales que son el origen del pensamiento científico experimental, a partir del cual es posible el razonamiento y la justificación teórica. Desde esta perspectiva, la ciencia es el resultado de una actividad cognitiva, como lo son también los aprendizajes. El segundo, la transposición didáctica, entendiéndose como los mecanismos que permiten el diseño, la implementación y el desarrollo del sistema didáctico, permite a los alumnos hacer la ciencia que pueden hacer, que es la que le sirve para aprender.

Según estas autoras, los experimentos escolares se diseñan teniendo como referente lo que hacen los científicos, cuando deberían ser un guión especialmente diseñados para aprender determinados aspectos de las ciencias, con su propio escenario (aula, laboratorio escolar, unos alumnos, un material), muy diferente al de una investigación científica.

En este modelo autónomo o de hacer ciencia escolar, juega un papel muy importante las actividades denominadas prácticas de iniciación, las cuales han de dar sentido tanto a la manipulación y a los instrumentos que se utilizan como al lenguaje teórico escrito y hablado. La tarea del profesor se centra en ayudar al alumno en la creación de entidades que hagan posible el razonamiento, y en promover su regulación.

Se concluye que las principales ideas que aporta esta visión de las

prácticas a la enseñanza de las ciencias y a la investigación didáctica son:

- La importancia de diferenciar entre hacer ciencia y enseñarla, entre el método de la ciencia y el que sirve para construir ciencia escolar.
- La importancia de las prácticas de iniciación, las cuales tienen por finalidad transformar los hechos del mundo en hechos científicos.
- Para explicar problemas de aprendizaje de los alumnos son útiles las aportaciones de Giere sobre el carácter cognitivo de la ciencia y la diferencia que establece entre una teoría y un modelo teórico.
- La producción científica, como todas las actividades humanas, se rige por valores, por eso es importante considerar el conjunto de valores que está vigente en la escuela y que condicionan la actividad científica escolar.
- Como no se puede estudiar ciencia sin experimentación y el tiempo didáctico es muy reducido, se deben seleccionar hechos significativos, tomando en cuenta su valor didáctico, por ello se requiere una cuidadosa elaboración del experimento para que los alumnos aprendan a teorizar.
- El método para la construcción de la ciencia escolar es la discusión y el lenguaje sobre la experimentación, y no la experimentación propiamente dicha.

*Las autoras presentan un modelo sobre prácticas para "hacer ciencia escolar" que sería interesante aplicar*

*a diversas situaciones físicas para verificar si los alumnos realmente aprenden a teorizar. Su fundamento se toma de la propuesta de Giere relativa a la racionalidad moderada, donde se explica cómo impulsan los científicos el proceso de creación científica; sin embargo no se toman consideraciones de los procesos por medio de los cuáles el alumno conceptualiza de la experiencia.*

#### **k) Propuesta de Pesa**

Pesa (1999), en su tesis doctoral, investiga las concepciones alternativas de los alumnos y docentes referidas a la formación de imágenes y los núcleos de dificultad que presenta la interpretación científica de esta temática, durante un curso de Laboratorio de Óptica Básica y en talleres de formación y actualización de profesores, fundamentándose en un paradigma que considera el conocimiento como una construcción individual y colectiva y donde se integran aportes de la Psicología del Aprendizaje y de la Historia y Epistemología de las ciencias. El modelo integrador de aprendizaje que sirve de marco de referencia a la investigación se fundamenta en el enfoque epistemológico de Laudan, H. (1977), quien propone un modelo reticular para analizar el progreso en la construcción social del conocimiento. Se proponen formas metodológicas y estrategias para superar las concepciones alternativas en alumnos y profesores.

Las técnicas de recolección de datos utilizadas fueron los cuestionarios

escritos con justificación de respuestas, los mapas conceptuales y la más utilizada fue las entrevistas semiestructuradas donde el docente entrevistador sigue estos pasos:

- Describe y explica la situación experimental a la que se refiere la prueba, con la finalidad de que los estudiantes vinculen sus concepciones alternativas con la realidad.
- Solicita a los estudiantes que de forma individual escriban lo que esperan ocurrirá bajo ciertas circunstancias; así, se saca a la luz las concepciones alternativas.
- Pide que justifiquen su previsión en base a sus conocimientos, con el apoyo de gráficos, cálculos, etc.; esto permite detectar incoherencias y contradicciones en su primer abordaje al problema.
- Se efectúa la experiencia y se confrontan los resultados experimentales con lo predicho.
- Se discuten las respuestas, se explican las fallas en las predicciones erróneas; se crean conflictos, que se utilizan como elemento motivador del cambio de paradigma.

La autora se plantea una serie de hipótesis entre las cuales se menciona: Para favorecer el aprendizaje significativo de la temática de formación de imágenes es necesario planificar estrategias de enseñanza-aprendizaje, dentro de un laboratorio de investigación dirigida, que incluyan:

- Identificación de las ideas previas de los alumnos.

- Puesta en cuestión de las mismas mediante situaciones problemáticas concretas.
- Explicación, toma de conciencia y reflexión, tanto de las propias ideas y modos de razonar, como de la persistencia de los mismos.
- Discusiones colectivas guiadas y orientadas por el docente, respecto a las características de teorías científicas que expliquen los fenómenos observados: contenido empírico, poder explicativo, capacidad para hacer predicciones.
- Uso de nuevas ideas en un amplio abanico de situaciones referidas a esta temática.

Dentro de las conclusiones más resaltantes se destacan:

- Estudiantes y docentes utilizan, frente a situaciones problemáticas, modelos alternativos que contradicen los modelos del saber científico.
- Las concepciones alternativas presentan gran persistencia y resistencia al cambio.
- La instrucción tradicional no logra desarticular las concepciones alternativas y muchas veces contribuye a su refuerzo.
- Se detectaron indicadores de aprendizaje significativo y también la eficacia de la metodología empleada como estrategia efectiva de cambio cognoscitivo.

*En esta propuesta se integran aportes de la Psicología del Aprendizaje y de la Historia y Epistemología de las Ciencias y se fundamenta en el enfoque epistemológico de Laudan.*

*Resulta interesante seguirla validando con diferentes muestras y diferentes tópicos de física, para determinar con precisión si el alumno puede llegar a conceptualizar a partir de la toma de datos.*

### 3. Una clasificación de las diferentes propuestas

Tratando de realizar una normalización a las diferentes propuestas revisadas, se hace una clasificación en cuanto a los aspectos teóricos considerados por los autores para fundamentar su propuesta.

La clasificación muestra algunas tendencias comunes como son:

- Existe un claro rechazo a las guías mecánicas de prácticas tan utilizado por la enseñanza tradicional. La reflexión y participación del alumno es importante.
- Se enfatiza la importancia de establecer una relación más íntima entre las clases teóricas y prácticas, entre los contenidos conceptuales y los procedimentales.

- Subyace en las diferentes propuestas la idea de que la educación científica del alumnado pasa por hacer actividades que de un modo u otro simulen las mejores características científicas o del científico.

También la revisión arroja algunas deficiencias de las que cabría destacar las siguientes:

- Si es frecuente admitir las ideas previas del estudiante como un factor relevante para enseñar los contenidos conceptuales, entonces para los contenidos procedimentales se deberían considerar las habilidades, tanto intelectivas como manuales, del alumno. Lo anterior no parece ser considerado.
- Se omite una fundamentación de las propuestas didácticas en factores relevantes del alumno. Los diseños según cómo trabaja el científico son necesarios pero no suficientes.
- No se perciben esfuerzos en la dirección de constatar si la propuesta para hacer las actividades prác-

#### Clasificación de las propuestas para el desarrollo de actividades prácticas

Sin un fundamento claro	Según la construcción del conocimiento de ciencias	Según la actividad del científico	Según cómo el alumno aprende de los datos empíricos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Beltrán, Marinello, Sierra y Valdés.</li><li>• Fernández, Lau e Iglesias.</li><li>• Fernández</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hodson.</li><li>• García, Martínez y Mondelo.</li><li>• Izquierdo, Sanmartí y Espinet.</li><li>• Pesa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gil y Pessoa</li><li>• Gil y Valdés</li><li>• García, Insausti y Merino</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Marín</li><li>• Pesa.</li></ul>

Fuente: Los autores.

ticas han conseguido el objetivo de que el alumno conceptualice desde los datos empíricos.

#### 4. Sugerencias para potenciar las actividades experimentales desde modelos del "alumno como aprendiz"

Un bosquejo rápido, apoyándonos en revisiones de otros autores (Pozo, 1989), de teorías psicológicas que puedan complementar los logros de la propuesta didáctica del "*alumno como científico*" y que pudieran paliar algunas de las deficiencias anteriormente señaladas, arrojaría las siguientes valoraciones:

- **La idea de memoria a corto plazo (MCP)** (Rumelhart y Ortony, 1982; Pascual-Leone, 1983) podría ser de notable utilidad en la medida que en este espacio de operaciones se dan cita los esquemas útiles para resolver la tarea y los datos empíricos que ésta aporta. En este sentido, este constructo tiene cierta capacidad para interpretar las dificultades de los alumnos para procesar la información que les llega de las actividades prácticas. La MCP ligada o identificada con otros constructos mentales como la atención mental, memoria de trabajo, almacén a corto plazo o procesador inmediato, puede definirse de dos modos:
  - a) como una cantidad limitada de energía mental a utilizar para activar los esquemas relevantes de una tarea o, b) como una especie de memoria en la que pueden colocarse los esquemas relevantes para la tarea no activados directamente por la entrada (Pascual-Leone, 1979).
- **Las propuestas teóricas de Vigostky (1979)** contienen algunas intuiciones que podría aportar sugerencias para el desarrollo de las prácticas de física, como por ejemplo, la noción de *zona de desarrollo próximo* (ZDP), dado que las prácticas de física suponen enfrentar a los alumnos con una instrucción y unos experimentos diseñados por el adulto. El problema reside en la vaguedad y el carácter inacabado del concepto ZDP (Pozo, 1989).
- **La teoría de Piaget**, al abordar el problema de cómo el sujeto construye sus esquemas a partir de sus interacciones con el medio, también puede aportar algunas orientaciones para el desarrollo de las actividades experimentales. Existen otras razones que hacen atractiva esta teoría para el desarrollo de las prácticas de física:
  - A lo largo de su vasta obra, Piaget realizó numerosos experimentos con niños y adolescentes para conocer sus conocimientos y habilidades ante un gran número de fenómenos físicos (Inhelder y Piaget, 1972; Piaget y García, 1973; Piaget, 1974, 1977, 1978).
  - Esta teoría ha mostrado que los procesos científicos más elemen-

tales como la observación, ordenación de datos, clasificación, seriación, medición, interpretación e inferencia inductiva son aplicados con cierta habilidad por sujetos del nivel de operaciones concretas, mientras que es necesario esperar al estadio posterior -operaciones formales- para que procesos científicos de rango superior, y propios del método hipotético-deductivo, como el control de variables, emisión de hipótesis, diseños experimentales, confección de modelos y verificación experimental puedan ser aplicados por el sujeto con resultados satisfactorios.

De la extensa obra de Piaget se entresaca algunas sugerencias didácticas para el diseño de las prácticas de física (Marín, 1997):

- **Intensificar y diversificar las interacciones del alumno en las actividades experimentales:** Se deben utilizar estrategias didácticas para que las interacciones sean lo más activas posibles, diversificadas y cualitativamente diferentes a las que se puede encontrar en su entorno cotidiano, a fin de que éstas supongan un desarrollo y enriquecimiento de sus esquemas en extensión y, por tanto, en capacidad asimiladora.
- **Diferenciar y enfatizar el significado del contenido a enseñar frente al significativo:** Si en la enseñanza de los contenidos de Ciencias se enfatizan principalmente sus significantes (que se identifican con

la descripción estrictamente verbal o escrita del contenido), se hace que el alumno trabaje más a nivel de procesos nemotécnicos, y en determinados casos, comprender el mensaje verbal si es que existen esquemas que le puedan dar significado (ligado a las interacciones del sujeto con su medio natural y social y, por tanto, a su experiencia acumulada), pero existen en este caso enormes dificultades para que se den los procesos de asimilación y acomodación, con lo que el nuevo conocimiento, al no poderse integrar en algún esquema ya establecido, no se puede transferir a nuevas situaciones y es muy probable que sea olvidado con relativa rapidez.

- **Margen de permisividad en las actividades prácticas para dar cabida a tanteos, pruebas, rectificaciones, etc. ya que la adquisición de nuevos conocimientos no tiene carácter lineal:** La integración de nuevos conocimientos y destrezas en la estructura cognoscitiva, en un buen número de casos, no tiene carácter lineal, en el sentido de que el sujeto no asimila según la secuencia lógica con que está estructurado un determinado contenido; por el contrario, se aprecia en los experimentos piagetianos que para encontrar la solución a un problema nuevo o bien para adquirir nuevos datos, el alumno necesita realizar tanteos, constataciones, rectificaciones, procedimientos de acerca-

miento progresivo de las declaraciones del sujeto a la evidencia empírica, por lo que se debe dejar un margen de indeterminación temporal en los procesos de aprendizaje.

- **Poner en juego la variabilidad de los distintos factores que intervienen en las actividades experimentales, tanto a nivel figurativo como estructural, en una diversidad de situaciones específicas:** Tanto el desarrollo de destrezas intelectivas como la capacidad para establecer relaciones causales, controlar variables, emitir hipótesis y poner en juego estrategias para verificarlas, así como otras manifestaciones del pensamiento procesual, están íntimamente ligados a la formación de los esquemas operatorios de modo que habría que conocer los mecanismos de formación de estos para poder tomar medidas didácticas adecuadas que permitan el desarrollo de destrezas. Algunos ejemplos didácticos para ilustrar esto son los siguientes:
  - Un tratamiento de enseñanza adecuado consiguió un desarrollo eficaz del pensamiento hipotético-deductivo en los alumnos y, a la vez, mostró que los sujetos requieren este tipo de pensamiento para la adquisición de conceptos específicos (Lawson, 1993).
  - A través de técnicas de enseñanza interactivas que "involucraba al alumno activamente en la construcción de esquemas ope-

rationales" se comprobó que mejoraba el rendimiento de éstos ante un test que mide el nivel operacional (Robinson y Niaz, 1991).

- **Diseñar actividades experimentales en un contexto de enseñanza expectante que logre desequilibrios y reequilibrios en los esquemas cognoscitivos del alumno**

La teoría de la equilibración de Piaget sugiere:

- Desarrollo de actividades que permitan generar en el sujeto desequilibrios cognoscitivos más o menos acusados. El nivel de exigencia de las actividades así como las nociones que en estas se impliquen deben estar al alcance de la capacidad asimiladora del sujeto, por lo que previamente se debe conocer su nivel cognoscitivo y sus esquemas explicativos en situaciones donde están implicadas las nociones que se desean enseñar (garantizar la asimilación). En esta fase se deben plantear las actividades al alumno de modo que se comprometa a entrar en un proceso que lleve a dar una solución, aclarar una situación problemática, mejorar un procedimiento para obtener más precisión o para evitar errores iniciales, etc.
- Las actividades de enseñanza de la fase de reequilibración deben estar encaminadas a:
  - Marcar la dirección de trabajo, así como evidencias conceptuales o empíricas que permitan al

alumno ir compensando la perturbación desequilibradora.

- Invitar al alumno a reflexionar en determinadas direcciones, ya que la reequilibración al ser un proceso interno al sujeto requiere un tiempo de reflexión para reajustar sus esquemas iniciales, con el fin de incorporar los nuevos conocimientos (acomodación).

Tanto en una fase como en otra, mostrar soluciones al comienzo es poco menos que inhibir las reconstrucciones cognoscitivas necesarias para llegar a la reequilibración.

Buscar una actitud de compromiso por parte del alumno para entrar en el juego que propone este tipo de enseñanza, es condición previa para tener posibilidades de éxito.

El experimento toma mayor efectividad didáctica si se utiliza como una pieza más que juega un papel bien determinado dentro de un contexto de desequilibrios y reequilibrios e introducimos al alumno en un ambiente de enseñanza expectante (enseñanza por descubrimiento dirigido) donde los datos empíricos le podrían dar luz a sus indagaciones para resolver un determinado problema (Marín, 1984).

## Referencias Bibliográficas

- BELTRÁN, I.; MARINELLO, A.; SIERRA, V. y VALDÉS, N. (1991). "Las prácticas de laboratorio de Química General. Experimento pedagógico" Revista Cubana de Educación Superior, Vol. XI, N° 3, (79-84) pp.
- CLAXTON, G. (1994). **Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela.** Madrid: Visor.
- CHEVALLARD, Y. (1985). **La transposition didactique.** La pensée sauvage Grenoble.
- DRIVER, R. (1983). **The pupil as scientist.** Milton Keynes, UK: Open University Press.
- FERNÁNDEZ, L.; LAU QUAN, A. e IGLESIAS, A. (1992). "Perfeccionamiento en la enseñanza de la Física para la carrera de Agronomía" Revista Cubana de Educación Superior, Vol. 12, N° 3, 220-226 pp.
- FERNÁNDEZ, M. (1992). "La modelación de fenómenos electromagnéticos y su uso como práctica de laboratorio" Revista Cubana de Educación Superior, Vol.12, N° 3, 227-235 pp.
- GARCÍA, S.; MARTÍNEZ, C. y MONDELO, M. (1998). "Hacia la innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado". Enseñanza de las Ciencias, 16 (2), 353-366 pp.
- GARCÍA, P.; INSAUSTI, M. y MERINO, M. (1999). "Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de Física en el nivel universitario". Enseñanza de las Ciencias, 17 (3), 533-542 pp.
- GIERE, R. (1988). **Explaining Science. A cognitive approach** The University Chicago press. Chicago.
- GIL, D. (1993). "Contribución de la historia y de la filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza / aprendizaje como investigación". Enseñanza de las Ciencias, 11(2), pp. 197-212.
- GIL, D.; PESSOA, A.; FORTUNY, J. y AZCÁRATE, C. (1994). **Formación del profesorado de las ciencias y la matemática. Tendencias y expe-**

- riencias innovadoras. Editorial popular, S.A., Madrid, España.
- GIL, D. y VALDÉS, P. (1995). "Contra la distinción clásica entre *teoría, prácticas experimentales y resolución de problemas: el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo*" *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*. Nº 9, 3-25 pp.
- GIL, D. y VALDÉS, P. (1996). "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo". *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163 pp.
- GIL, D.; FURIÓ, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZÁLEZ, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M. y PESSOA DE CARVALHO, A. (1999). "¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?". *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320 pp.
- HART, C.; MULHALL, P.; BERRY, A.; LOUGHARM, J. Y GUNSTONE, R. (2000). "What is the Purpose of this Experiment? Or Can Students Learn Something from Doing Experiments?". *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7) 655-675
- HODSON, D. (1985). "Philosophy of Science, Science, Science and Science Education". *Studies in Science Education*, 12, 25-67 pp.
- HODSON, D. (1994). "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313 pp.
- INHOLDER, B. y PIAGET, J. (1972). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Paidós, Buenos Aires.
- IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). "Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales". *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 45-59 pp.
- LAUDAN, H. (1977). *Progress and its problems*. Towards a theory of Scientific Growth. University of California press. Berkeley.
- LAWSON, A.E. (1993). "Inductive-deductive versus Hypothetico-deductive reasoning: A reply to Yore". *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 613-614 pp.
- MARÍN, N. (1984). "Cuaderno de experimentos de Física para maestros". En Actas de los IV Encuentros de Didáctica de la Física y Química. Cádiz: Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz. 85-92 pp.
- MARÍN, N. (1985). "Evaluación del aprendizaje por descubrimiento en Física". En Actas de los V Encuentros de Didáctica de la Física y Química. Tipografía Católica. Córdoba. 86-92 pp.
- MARÍN, N. (1996). "El mito de la experimentación como panacea didáctica". Actas de los XVII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, 183-190 pp.
- MARÍN, N. (1997). *Fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales*. Manuales. Universidad de Almería. Servicio de Publicaciones. España.
- MARÍN, N. y BENARROCH, A. (2000). "Precisiones sobre el constructivismo e implicaciones para la educación". *Paideia. Revista de Educación (Universidad de Concepción, Chile)*. nº28. 19-34.
- PASCUAL-LEONE, J. (1979). "La teoría de los operadores constructivos". En Juan Delval. *Lecturas de psicología del niño*. Madrid: Alianza Universitaria. 208-228 pp.

- PASCUAL-LEONE, J. (1983). **Problemas constructivos para teorías constructivas**, "La relevancia actual de la obra de Piaget y una crítica a la psicología basada en la simulación del procesamiento de información". En M. Carretero y J.A. García Madruga. *Lecturas de psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza Editorial. 363-392 pp.
- PESA, M. (1999). "Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes". *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. 12, N° 1, 13-46 pp.
- PIAGET, J. y GARCÍA, R. (1973). **Las explicaciones causales**. Barcelona: Barral.
- PIAGET, J. (1974). **El estructuralismo**. Barcelona: Oikos-tau.
- PIAGET, J. (1977). **La explicación en las Ciencias**. (Martínez Roca, Barcelona).
- PIAGET, J. (1978). **La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo**. Madrid. Siglo XXI.
- POZO, J.I. (1989). **Teorías cognitivas del aprendizaje**. Madrid: Morata.
- ROBINSON, W. R. y NIAZ, M. (1991). "Performance based on instruction by lecture or by interaction and its relationship to cognitive variables". *International Journal Science Education*, 13(2), 203-215 pp.
- RUMELHART, D., ORTONY, A. (1982). "The representation of knowledge in memory". *Infancia y aprendizaje*, 20, 115-158 pp.
- VYGOTSKI, L.S. (1979). **El desarrollo de los procesos psicológicos superiores**. Barcelona: Crítica.