

# Uso del método científico experimental en los laboratorios de física de la FIME

Gabriel Martínez A., Rogelio G. Garza R., Alfonso González Z.\*

## ABSTRACT

*The development and application of a didactic methodology based on the Scientific Method for the Physics Laboratory is presented in this work.*

*The results of a survey among the students show that this methodology is considered the most useful for their future professional development.*

*The positive feedback provided by both students and teachers encourage the adoption of this methodology in other laboratories.*

**Keywords:** physics, education, laboratory, scientific method.

## INTRODUCCIÓN

La educación científica no debe limitarse a ser la introducción en los cursos sino que, además, ha de acercar al estudiante a los métodos y procedimientos del trabajo científico.

Las prácticas de laboratorio de Física pueden y deben constituir un momento propicio para que el estudiante se apropie de las herramientas metodológicas que necesitará en el futuro, tanto para enfrentar actividades de la carrera, como tareas de su actividad profesional, en una sociedad del siglo XXI donde se exige de cada profesionista, una actitud científica.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar algunos resultados obtenidos de la aplicación del Método Científico Experimental en las prácticas de laboratorio de Física, correspondientes a las materias de Mecánica Traslacional y Rotacional y a la de Ondas y Calor, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UANL.



## DESARROLLO

En experiencias realizadas en varios países se pone de manifiesto que cada vez es más frecuente utilizar como guía los pasos del Método Científico Experimental.<sup>1</sup> Algunos autores señalan la necesidad de cambiar el enfoque que se da al trabajo práctico proponiendo que los cursos de Física sean más orientados a dar una imagen más real de la naturaleza del trabajo científico.<sup>2</sup> Otros autores destacan la necesidad de realizar las prácticas de diferentes tipos, desde “experiencias ilustrativas” hasta “investigaciones” diseñadas para que los estudiantes resuelvan problemas utilizando estrategias científicas.<sup>3</sup>

Es indiscutible que es una necesidad que al estudiante se le eduque en los métodos para desarrollar investigaciones científicas, tomando en cuenta las necesidades de nuestra sociedad y, las cada vez mayores, exigencias para los futuros graduados.

En nuestro criterio las prácticas deben ser guiadas por los pasos del Método Científico Experimental, que sin ser una receta, le permite al estudiante una orientación de cómo debe desarrollar el trabajo para obte-

\* Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL.

ner determinada regularidad y verificar cierta hipótesis planteada por él mismo. Para los fines de este trabajo tomaremos como pasos del método<sup>4</sup> los siguientes:

1) Planteamiento del problema a investigar.
2) Formulación de la hipótesis.
3) Diseño del experimento, para comprobar la hipótesis
4) Desarrollo del experimento (observación y mediciones).
5) Elaboración de datos del experimento.
6) Obtención de conclusiones (se cumplió o no la hipótesis planteada).
7) Informe, oral y escrito, de la investigación realizada.

Es importante destacar que este no es el único esquema de los pasos del Método Científico Experimental que puede plantearse, pero consideramos que es el indicado para que los estudiantes no relacionados con el mismo, puedan comprender de primera instancia las fases más importantes de una investigación.

La forma concreta de desarrollar las prácticas debe hacerse teniendo en cuenta las tendencias modernas para la enseñanza de las Ciencias y la Física en particular, basadas en la mayoría de los casos en la tendencia constructivista,<sup>5</sup> influenciada por aspectos de la pedagogía soviética cuyo más reconocido exponente es el psicólogo soviético L. Vigotsky.

Entre los aspectos más importantes introducidos por esta tendencia podemos señalar:

1. Darle la posibilidad al estudiante de expresar sus propias ideas y concepciones, que pueden ser o no correctas.
2. La participación activa del estudiante en el proceso de enseñanza aprendizaje.

3. El trabajo en pequeños grupos, con discusiones y elaboraciones conjuntas (aprendizaje colaborativo), pero manteniendo una responsabilidad individual.
4. Enfocar las actividades de tal manera que el estudiante pueda «construir» sus propios conocimientos.

Muchos autores de trabajos dedicados a ejemplificar aplicación de estas recomendaciones, nos dan algunas vías para lograr su realización en la práctica docente. Saunders,<sup>6</sup> por ejemplo, señala que algunas de estas vías pueden ser el desarrollo de laboratorios de tipo investigativo, donde no hay métodos recetados ni procedimientos preestablecidos para explorar el fenómeno estudiado, donde se permite pensar en voz alta, formular hipótesis alternativas, diseñar experimentos para comprobar estas hipótesis, etc.

El diseño de las prácticas, en nuestro caso, fue realizado de forma tal que al estudiante se le informa el problema que tiene que resolver (primer paso del Método) luego, como base orientadora de la acción, se le indican los pasos del método mencionados anteriormente. Teniendo en cuenta que los estudiantes no conocen algunos de los conceptos empleados (hipótesis, problema, etc.) se les proporciona una orientación breve de qué se requería de ellos en cada paso. Luego de esto se les permite trabajar en pequeños equipos (4 ó 5 estudiantes), para que realicen los siguientes pasos del método. La primera tarea que debían resolver en el equipo era plantear la hipótesis que diera respuesta a la interrogante planteada y que además serviría de guía de trabajo a realizar. Con el planteamiento de hipótesis se busca que los estudiantes:

- Pongan en evidencia sus preconcepciones.
- Comprueben los conocimientos, sobre el tema estudiado.
- Desarrollen el razonamiento, el análisis y la síntesis.
- Desarrollen habilidades de solución de problemas.

Para la formulación de las hipótesis los equipos de-

ben trabajar en conjunto. Luego de formuladas las hipótesis el equipo debe diseñar el experimento para la comprobación de la misma. El diseño del experimento permite desarrollar una serie de habilidades, como:

- Identificación de variables significativas para una situación.
- Selección de instrumentos y métodos de medición.
- Consolidación de conocimientos teóricos y su evaluación a través de situaciones experimentales.
- Vinculación con los objetivos del ingeniero, pues una de sus funciones es diseñar equipos e instalaciones.

Por otra parte, aquí se provoca la necesidad de realizar una u otra medición y por tanto ya no se da el caso de estudiantes que no saben por qué están midiendo tal o cual magnitud, ya que son ellos mismos los que diseñan el esquema de medición.

Durante toda esta parte del trabajo el profesor se limita a recorrer los puestos y responder a las interrogantes que le planteen los estudiantes tratando de intervenir lo menos posible. Si alguno de los equipos está detenido en algo, se le puede hacer alguna pregunta sugestiva que les permita continuar el trabajo. No dar demasiadas orientaciones y limitar su intervención a veces resulta difícil para los profesores acostumbrados a decirlo «todo», pero al final resulta mucho más provechoso dejar que el estudiante piense por sí mismo lo que desea «investigar» y cómo piensa hacerlo.

Se ha visto entonces como en este diseño de prácticas, se tienen en cuenta las recomendaciones dadas en la tendencia constructivista de permitir al estudiante expresar sus ideas, a través de la formulación de hipótesis, de tener una participación activa, ya que no es guiado constantemente por el profesor, de trabajar en pequeños grupos para desarrollar la práctica y de construir sus propios conocimientos a través de los resultados que logre en la ejecución del trabajo experimental.

Desde agosto de 2000 se empezó a desarrollar un

plan de introducción de Metodologías de aplicación del Método Científico Experimental, en las prácticas de laboratorio de Física de la FIME, comenzando por el laboratorio de Mecánica Traslacional y Rotacional. En el primer semestre de la aplicación se desarrolló el trabajo de preparación del material escrito de Mecánica Traslacional y Rotacional, que incluye el manual para los estudiantes y un manual de apoyo para los maestros. Estos materiales fueron confeccionados teniendo en cuenta la opinión de los maestros de la academia de dicha materia y su experiencia en la impartición del laboratorio.

El planteamiento de las prácticas se hace, siempre que es posible, partiendo de enfrentar al alumno a un problema que debe resolver, en muchos casos un problema de tipo práctico y vinculado con el perfil de Ingeniería. Este puede ser por ejemplo valorar la eficiencia de un sistema mecánico de poleas, determinar la velocidad de rotación de una polea que guía una banda transportadora u otro. Luego se le pide a los alumnos que, en trabajo conjunto con su equipo, formulen una hipótesis posible de respuesta al problema planteado. Aquí se trata de explorar las ideas que tienen los alumnos sobre estas situaciones físicas y ade-



más fomentar el trabajo en equipo.

En el caso del laboratorio de Ondas y Calor, la metodología utilizada fue la misma, con la característica de que en este laboratorio se tratan temas diversos y el equipo utilizado es muy variado. Por ello en este caso se realizaron una serie de seminarios antes de cada ciclo de prácticas donde se les brindó a los maestros la información necesaria para desarrollar cada práctica y se les indicó la forma de operar con el equipamiento disponible en el laboratorio. De la misma forma que se realizó en el semestre anterior se confeccionó un material para los maestros con la información necesaria.

Después de un año de aplicación de este método en el laboratorio de Mecánica Traslacional y Rotacional, que por segunda vez aplicó la metodología descrita, y el laboratorio de Ondas y Calor, que lo aplicó por primera vez, era necesario realizar una evaluación de los resultados obtenidos sobre todo para valorar la opinión de los estudiantes en cuanto al método descrito. Se debe señalar que en el laboratorio de Ondas y Calor hubo contratiempos con algún equipamiento, lo cual dificultó la aplicación de la metodología en la forma planeada. La práctica de Sonido no se pudo efectuar por faltar el equipo.

## EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES

Para evaluar la percepción de los estudiantes acerca de la metodología aplicada en las prácticas de laboratorio se aplicó una encuesta a estudiantes de ambas asignaturas. En el caso del laboratorio de Mecánica Traslacional y Rotacional se tuvo una muestra de 153 estudiantes y en el caso de Ondas y Calor la muestra fue de 317 estudiantes, que corresponden a un 12% y un 25% del total de estudiantes en cada laboratorio.

La encuesta aplicada se diseñó con el objetivo de evaluar:

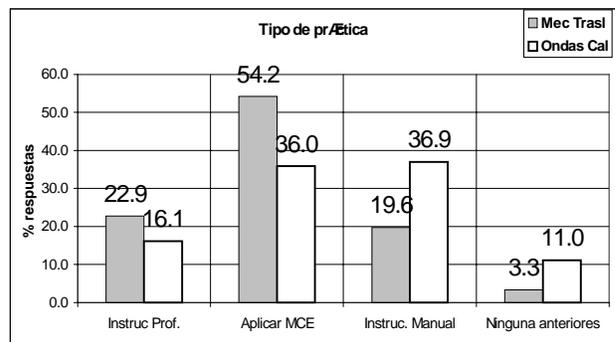
- El tipo de práctica desarrollada, por los estudiantes, de acuerdo a su criterio.

- Su papel durante la práctica.
- El procedimiento seguido para la formulación de hipótesis.
- El tipo de práctica que considera más útiles.
- La contribución del laboratorio al aprendizaje de la Física.

Al aplicar la encuesta a estudiantes de las dos asignaturas se pudo realizar una comparación de resultados entre ellas, así como entre los diferentes turnos de clase.

El siguiente gráfico muestra los resultados en % acerca de la percepción que tienen los alumnos del tipo de prácticas que desarrollaron, en las dos asignaturas. Se plantearon al alumno 4 opciones de respuesta:

- A) Seguir detalladas instrucciones que le ha dado el profesor.
- B) Aplicar el Método Científico Experimental.
- C) Trabajar según las instrucciones dadas en un manual.
- D) Ninguna de las anteriores.



Se observa que en Mecánica Traslacional y Rotacional el 54.2 % de los encuestados plantea que realizó las prácticas aplicando el Método Científico Experimental, mientras que en Ondas y Calor solamente el 36 % da esta respuesta. En el laboratorio de Ondas y Calor la mayoría (36.9 %) responde que siguió instrucciones del manual. Preocupa el hecho que en Ondas y Calor un 11 % de las respuestas es «Ninguna de las anteriores», lo que indica que un número

de alumnos no pudo identificar el tipo de práctica que estaban realizando.

La pregunta 2 se refería a la valoración, por parte de los estudiantes, de su papel en el trabajo de laboratorio. Se daban 4 opciones de respuesta:

- A) Pasivo.
- B) Observador.
- C) Activo.
- D) Investigador.

Las respuestas dadas en % del total de las muestras se ofrecen en la tabla siguiente.

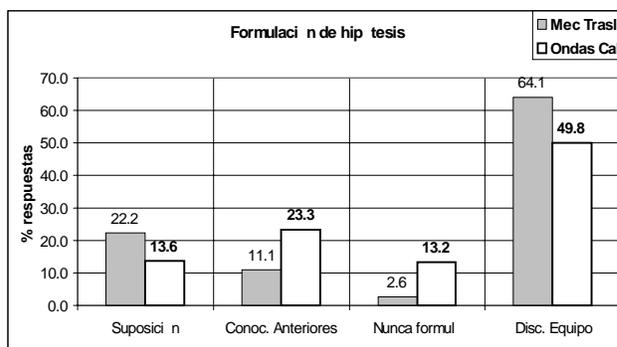
	Mecánica Transl. y Rot.	Ondas y Calor
Pasivo	9.8	10.7
Observador	36.6	33.1
Activo	41.2	39.4
Investigador	12.4	16.7

Se observa que el % de respuestas de activo es mayoría en ambos laboratorios aún cuando todavía alrededor de un 10 % de los encuestados plantea que su trabajo fue pasivo, lo cual es elevado. Asimismo el % de respuestas de observador es también elevado. Debe trabajarse más en lograr aumentar el trabajo activo o investigador de los estudiantes en los laboratorios.

La tercera pregunta estaba referida al procedimiento utilizado para formular hipótesis durante las prácticas. Se incluía una posible respuesta de «Nunca Formulé Hipótesis», para vincularla con aquellos alumnos que no hubieran aplicado el Método Científico Experimental. Las respuestas posibles eran:

- A) Hacía una suposición.
- B) Pensaba en mis conocimientos anteriores.
- C) Nunca formulé hipótesis.
- D) Discutía con mi equipo de trabajo y entre todos la formulábamos.

Siendo las respuestas deseables la D, destacando el carácter de trabajo en equipo, y la B para aquellos que trabajaron solos. Las respuestas se muestran en el siguiente gráfico.



Puede concluirse que en el laboratorio de Mecánica Traslacional y Rotacional la mayoría de los estudiantes (64.1 %) formuló las hipótesis utilizando el trabajo en equipo, mientras que en Ondas y Calor este resultado es menor (49.8 %). Preocupa el hecho de que en el laboratorio de Ondas y Calor, un 13.2 % de los estudiantes responde nunca haber formulado hipótesis, lo cual puede estar relacionado con el 11 % de los estudiantes que en la pregunta 1 no pudieron identificar el tipo de práctica que realizaron. Estos resultados son un indicativo de que en determinados grupos, de este laboratorio, no se aplicó la metodología del Método Científico Experimental.

En la pregunta 4 se pide al estudiante que responda qué tipo de prácticas considera más útil para su desarrollo profesional. Aquí se trata de obtener la opinión del estudiante acerca del tipo de práctica que está acostumbrado, que más le agrada y si realmente pudo apreciar la utilidad de las prácticas desarrolladas con esta metodología. Las respuestas posibles eran:

- A) Aquellas en las que me dicen todo lo que debo hacer.
- B) Las que me dan una lista detallada de instrucciones a cumplir.

C) En las que me proponen un problema y me piden piense cómo resolverlo, aplicando el Método Científico Experimental.

D) Otras.

Las dos primeras respuestas se refieren a un tipo tradicional de las prácticas donde se le dan al estudiante las instrucciones detalladas de lo que debe realizar. La respuesta C corresponde al Método Científico, partiendo de un problema al que debe dar solución. Las respuestas obtenidas en % del total de la muestra, se ofrecen en la tabla siguiente.

	Mecánica Trasl. y Rot.	Ondas y calor
Dicen todo	0	2.5
Lista detallada	6.5	10.1
Propone problema y aplica el método científico	92.8	77.9
Otras	0.7	9.5

Es muy alentador que en la mayoría de los casos las respuestas de los estudiantes coinciden que las prácticas más útiles para su desarrollo profesional, son aquellas en que plantean la aplicación del Método Científico. En el laboratorio de Mecánica Traslacional y Rotacional esta respuesta es de un 92.8 % y en el de Ondas y Calor de un 77.9 %. En este último debe recordarse que la aplicación del Método fue reportada solamente por el 36 % de los estudiantes, lo que parece indicar que aún cuando no todos aplicaron el Método Científico, hay estudiantes que prefieren este tipo de actividad. Obsérvese además que en el caso de Mecánica Traslacional y Rotacional ningún estudiante responde que las prácticas en las cuales le dicen todo lo que debe hacer son las más útiles y sólo el 0.7 % responde que prefiere otras prácticas. El resultado de esta pregunta es muy alentador y plantea un com-

promiso de continuar la aplicación de esta metodología en laboratorios de materias futuras.

Por último se evaluó la opinión de los estudiantes en cuanto a la contribución del laboratorio a su aprendizaje de la Física, dándole las posibles respuestas en:

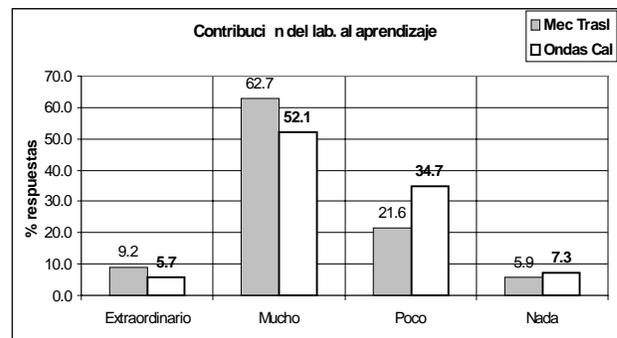
A) Extraordinariamente.

B) Mucho.

C) Poco.

D) Nada.

Las respuestas dadas se muestran en el gráfico siguiente, de donde se puede concluir que si bien en ambas materias la mayoría consideró que el laboratorio contribuyó mucho a su aprendizaje de la Física, en el caso de Ondas y Calor se presenta que un 42 % de los encuestados consideró que el laboratorio contribuyó poco o nada a su aprendizaje, lo cual es un porcentaje elevado, mientras que en Mecánica Traslacional y Rotacional este resultado fue sólo de un 27.5 %.



En el caso de Mecánica un 71.9% consideró que la contribución a su aprendizaje fue mucha o extraordinaria y sólo un 5.9 % valoró nula la contribución. Podemos relacionar este resultado con la aplicación más efectiva del Método Científico en el Laboratorio de Mecánica Traslacional y Rotacional.

Este aspecto puede considerarse como una motivación más para la aplicación de este método en las prácticas de laboratorio, pues cuando se le da más in-

dependencia al estudiante es cuando más útil resulta la actividad para su aprendizaje.

### EVALUACIÓN DE LOS MAESTROS

Con el objetivo de conocer la opinión de los maestros que impartieron las clases de laboratorio se realizó una encuesta de opinión entre 8 maestros de Mecánica Traslacional y Rotacional y Ondas y Calor.

Se le pidió su opinión sobre 4 aspectos similares a la encuesta de los estudiantes. Los resultados se muestran a continuación, con el % de las respuestas en cada caso:

1) Tipo de práctica desarrollado:

- A) Siguiendo detalladas instrucciones. 37.5%
- B) Aplicando el Método Científico Experimental 62.5%

2) Trabajo de los estudiantes:

- A) Pasivo. 12.5 %
- B) Observador. 25 %
- C) Activo. 25 %
- D) Investigador. 37.5 %



3) Formulación de hipótesis:

- A) Hacían una suposición. 12.5 %
- B) Pensaban en sus conocimientos anteriores. 0 %
- C) Nunca formularon hipótesis. 12.5 %
- D) Discutían con su equipo y entre todos la formulaban. 75 %

4) Prácticas que considera más útiles para el desarrollo profesional de sus estudiantes:

- A) Aquellas en las que le dicen todo lo que debe hacer. 0 %
- B) Las que le dan una lista detallada de instrucciones a cumplir. 12.5 %
- C) En las que le dan un problema y les piden resolverlo con el MCE 87.5 %
- D) Otras. 0 %

Como se observa, las opiniones de los maestros coincide con las de los alumnos, la mayoría plantea que: (1) desarrolló las prácticas siguiendo el Método Científico, (2) evalúan el papel de sus estudiantes entre Investigador y Activo, (3) formulaban las hipótesis en discusión con sus compañeros y (4) consideran las prácticas más útiles para el desarrollo profesional de los estudiantes las que aplican el Método Científico a partir de un problema dado.

Preocupa todavía el hecho que un 12.5 % de las respuestas (3) plantea que no se formularon hipótesis y también consideran como las prácticas más útiles (4) aquellas en las que se dan detalladas instrucciones a seguir por los estudiantes.

Entre los criterios planteados por los maestros están:

- 1) Brigadas con un excesivo número de estudiantes lo cual dificultaba el trabajo.

- 2) Aún los estudiantes tienen problemas con los conocimientos elementales para el desarrollo del trabajo del laboratorio.
- 3) El manejo del equipo a veces resulta dificultoso.
- 4) Continuar con los cursos de capacitación a maestros.

En general se puede evaluar que la aceptación de los maestros al método de impartición de las prácticas de laboratorio es buena y en algunas encuestas plantean continuar con el método en los siguientes cursos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la información presentada podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- 1) La mayoría de los estudiantes desarrollaron las prácticas de laboratorio siguiendo una metodología acorde con el Método Científico Experimental.
- 2) La opinión de los estudiantes en cuanto al tipo de prácticas que considera más útiles coincide en ser las del tipo de plantearles un problema a resolver aplicando el Método Científico.
- 3) Es necesario fortalecer aún más el trabajo en esta dirección en ambos laboratorios.
- 4) Los maestros coinciden con los estudiantes que este tipo de prácticas de laboratorio es más útil para el desarrollo profesional de los estudiantes y se continúe con su aplicación.
- 5) Debido a lo anterior se recomienda continuar con el seguimiento de esta aplicación en los laboratorios de Mecánica Traslacional, Ondas y Calor, Electromagnetismo y Física Moderna.
- 6) Implementar el Método Científico Experimental en todos los laboratorios de nuestra Facultad.



## REFERENCIAS

1. García Barros S., Martínez Losada C. y Mondelo Alonso M., “Hacia la Innovación de las Actividades Prácticas desde la Formación del Profesorado”, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 16, No. 2, 1998, 353 – 366.
2. Hodson D., “Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion”, *J. of Curriculum Studies*, Vol. 28, No. 2, 1996, 115 – 135.
3. A.H. Johnstone and A. Al-Shuaili, “Learning in the laboratory; some thoughts from the literature”, *U. Chem. Educ.*, No. 5, 2001, 42 – 51.
4. Riveros H., Rosas L., “El Método Científico aplicado a las Ciencias Experimentales”, Ed. Trillas, México, 1991.
5. Crowther D.T., Editorial, *Electronic Journal of Science Education*, Vol. 2, No. 2, December 1997.
6. Saunders W. “The constructivist perspective: Implications and teaching strategies for science”, *School Science and Mathematics*, 92 (3) 1992, 136 . 141.