

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO Y EL TRABAJO DE LABORATORIO

ANDRÉS Z.¹, MA. MAITE y PESA², MARTA A.

¹ Dpto. de Matemática y Física. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Pedagógico de Caracas. UPEL-IPC Venezuela. <maitea@cantv.net>

² Dpto. de Física. Fac. de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

Palabras clave: Trabajos de Laboratorio; Pensamiento científico; Campos conceptuales.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es evaluar la efectividad de una propuesta de trabajo de laboratorio (TL) para promover el aprendizaje en el dominio metodológico en interjuego con el dominio teórico, y desarrollar concepciones cónsonas con el pensamiento científico. Para ello concebimos el TL como una actividad compleja: i) De resolución de problemas cuyo proceso cognitivo hemos interpretado mediante el modelo MATLaF, elaborado en base a la Teoría de Campos Conceptuales (Vergnaud, 1990) ii) Que modela el quehacer de la ciencia, demandando conceptualizaciones teórico-metodológicas.

MARCO CONCEPTUAL

Desde la teoría de Campos Conceptuales (TCC), los sujetos aprenden en acción ante situaciones novedosas. Cuando la situación no puede ser asociada con ninguna clase conocida, el estudiante no dispone de todas las competencias necesarias para abordarla; se da un proceso de reflexión y exploración en el que se activan esquemas que se acomodan, separan o combinan, propiciando la construcción de nuevos esquemas para nuevas situaciones. El funcionamiento cognitivo del sujeto ante situaciones nuevas puede irse automatizando, aunque siempre habrá un grado de decisión consciente para identificar la situación (Vergnaud, 1990).

Al concebir el TL como una actividad cognitiva compleja en la que los contenidos teóricos y metodológicos están en un interjuego permanente, próximo al quehacer experimental científico, es posible dar cuenta del proceso cognitivo mediante la teoría TCC. Para ello se elaboró un modelo que describe la dinámica de aprendizaje al resolver problemas en un TL que hemos denominado MATLaF (Fig. 1) (Andrés y Pesa, 2004)

Desde el MATLaF, el TL se inicia con la exposición de los estudiantes ante situaciones-problema que se suponen les resultarán novedosas, punto central para promover la construcción significativa de esquemas científicos. Los sujetos perciben la situación con sus esquemas, y al no encontrar uno que se ajuste completamente a ella, elaboran modelos mentales que evolucionan hasta alcanzar su funcionalidad (Moreira, 2004). Estos son transitorios, pero contienen elementos del tipo Invariante Operatorio (IO) que se mantienen y permiten identificar la información pertinente al problema, así como generar predicciones e inferencias operativas para el TL. Todo ello conlleva al replanteo del problema en términos de preguntas según

variables pertinentes a la situación. En este proceso pueden intervenir factores externos como: la interacción social con pares, la mediación del docente, la obtención de información desde otras fuentes, el modelaje del profesor y otros, que pueden ir transformando los IO en conocimiento explícito. Así, se inicia la construcción progresiva de esquemas para la situación que derivarán en una secuencia de acciones.

Las preguntas relevantes y esta primera secuencia de acciones, plantea la ejecución de subtareas, como: diseñar experimento, realizar mediciones, recolectar y organizar datos, transformar y representar resultados, entre otras; fundamentales del quehacer experimental en la ciencia. Cada subtarea es vista como un subproblema, cuya solución demanda esquemas que pueden o no ser conocidos. Sí la tarea resulta novedosa, el proceso cognitivo para su solución será similar al descrito en el párrafo anterior. En consecuencia, es relevante hacer explícitos los IO activados en todo el proceso para estudiar cómo mediar la construcción de nuevos conocimientos a partir de ellos.

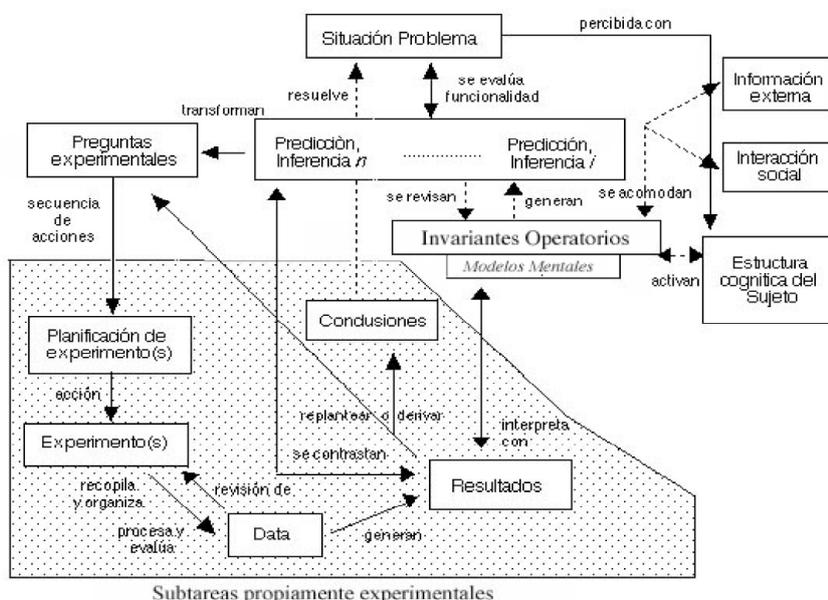


FIGURA 1
Modelo Dinámico de Aprendizaje para los Trabajos de Laboratorio de Física (MATLaF).

La solución de cada TL se basará en un esquema de asimilación general que contiene esquemas de asimilación específicos interrelacionados. Las conceptualizaciones que integran los diferentes esquemas, desde lo científico, pueden referirse al marco teórico y al metodológico, variando su énfasis según la tarea. Por otra parte, en la medida en que cada subtarea contenga elementos novedosos para el sujeto, se propiciarán nuevos aprendizajes.

En síntesis si el TL parte de problemas cuya resolución implique actividad experimental, el proceso cognitivo puede ser comprendido mediante el modelo MATLaF. Y por tanto, se puede planificar la mediación didáctica para el desarrollo de esquemas y representaciones pertinentes para su resolución. En este contexto nos preguntamos:

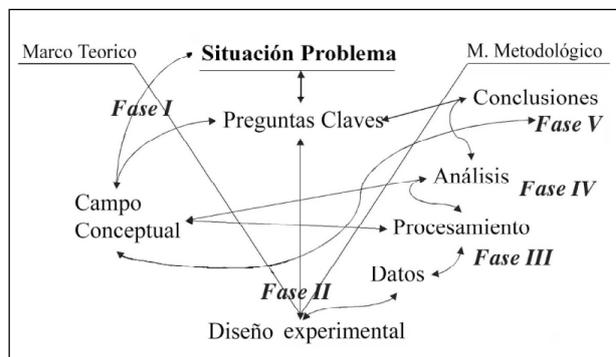
¿El desarrollo del TL según el modelo MATLaF y guiado por un plan general próximo al quehacer científico con un permanente interjuego entre aspectos teóricos y metodológicos, promoverá aprendizajes del dominio conceptual teórico-metodológico y contribuirá al desarrollo del pensamiento científico?

METODOLOGÍA

En el marco de un curso universitario de Laboratorio de la carrera de profesor de Física (UPEL-IPC) fue realizado un estudio de casos interpretativo. En él se evaluó el efecto de la mediación didáctica orientada según el modelo MATLaF, sobre el desarrollo conceptual. Participaron cinco estudiantes quienes conocían de la investigación a realizar y de su rol como sujetos-en-acción. Ellos tenían aprobado dos cursos de laboratorio (mecánica - electricidad y magnetismo) en donde el trabajo había sido planificado por el docente, con énfasis en la recolección, el procesamiento y la transformación de datos.

El TL se ejecutó en 4 semanas (20 hs.). El plan didáctico tenía cinco fases relacionadas, que implicaban procesos científicos vistos como subproblemas del TL (Fig. 2)

FIGURA 2
Plan general para el desarrollo de un Trabajo de Laboratorio. Fases: I. Análisis conceptual del problema; II. Diseño experimental; III. Recolección y Evaluación de datos; IV. Transformación y Análisis de datos; V. Conclusiones y Divulgación.



El TL se ensayó en el contexto teórico de Ondas Mecánicas en medios no dispersivos. Se seleccionó la clase de situaciones referida a la propagación de ondas mecánicas, ya que en ella han sido detectadas dificultades de aprendizaje (Wittmann, 1998).

El TL se inició (fase I) con problemas propuestos para que los estudiantes respondiesen por escrito; luego se promovió una discusión en torno a sus respuestas, y se cerró con la formulación de preguntas relevantes que llevaban al quehacer experimental según las condiciones dadas¹. La estrategia en las siguientes fases fue similar a la descrita, con la mediación del docente

La evolución de las conceptualizaciones de los estudiantes se estableció de las producciones escritas, los debates grabados y los registros anecdóticos del proceso. En este artículo reportamos sólo las concepciones acerca de la actividad experimental en la física. Para ello la información se recabó en tres etapas:

- EI) *Desarrollo conceptual inicial.* En un TL previo realizado con el mismo enfoque pero sin mediación intencional del docente, se registró en audio y papel el proceso seguido por los estudiantes. De ello se obtuvo información acerca del pensamiento científico de los estudiantes en relación con la actividad experimental (Andrés y Pesa, 2004).
- EII) *Evolución de las concepciones durante la mediación didáctica.* En un segundo TL, se dirigió la mediación didáctica según el MATLaF y los objetivos de aprendizaje de orden teórico, metodológico y epistémico establecidos a partir del desarrollo conceptual inicial. La intervención se inició con un tutorial (Wittmann, 1998), donde cada estudiante interactuaba con una simulación² siguiendo un guión dirigido a abordar algunas dificultades conceptuales. Durante el trabajo experimental se hicieron audiograbaciones y registros anecdóticos.
- EIII) *Aprendizajes logrados y reflexión acerca de ellos.* Al finalizar, cada estudiante presentaba un reporte del trabajo, y las reflexiones escritas en relación a sus logros y debilidades. Además, se hizo una entrevista individual con un guión dirigido a explorar sus ideas y razones, acerca de aspectos relacionados con un TL.

1. Materiales: resortes (1,5 m), cámara de video, VideoPoint, computadora, reglas, balanza, dinamómetros.

2. Tomado de *El curso interactivo de Física en Internet*. Franco, A. Versión original 1998. Bajado en abril 2003 (www.sc.ehu.es/sbwhch/fisica)

RESULTADOS

Desarrollo conceptual inicial. El desarrollo conceptual de los estudiantes derivado del estudio piloto, se caracterizó por una falta de comprensión del proceso del TL desde la perspectiva de la ciencia y del interjuego modelo-experimento que en él ocurre. Sus acciones mostraron que las tareas del TL son vistas como técnicas o reglas a seguir; y los modelos físicos son para decidir qué medir y qué valores se deben obtener. En general, se observó una carencia en cuanto a:

- Reconocer que los modelos se basan en abstracciones, y que éstos son construidos dentro de marcos teóricos para dar cuenta de los eventos del mundo real.
- Producir apropiadas explicaciones o argumentaciones.
- Reconocer que las estrategias de indagación dependen de las ideas sobre el problema.
- Reconocer qué mediciones deben repetirse y cuáles pueden ser seleccionadas para su análisis.
- Reconocer los datos que no son confiables para generar conclusiones y aceptar las incertezas como parte de la medida.
- Reconocer que los datos tienen significado y se transforman en atención a las preguntas y los modelos.
- Identificar los elementos que pueden hacer que una conclusión sea considerada confiable.
- Valorar la interacción social para la evaluación y toma de decisiones sobre los resultados.

Desarrollo del TL sobre Ondas. Durante la ejecución de las tareas propias de las fases II a IV del TL, se observó que respecto del estado inicial, hubo una evolución en el desarrollo conceptual de los estudiantes. Las conceptualizaciones que se iban manifestando eran más profundas que las iniciales. Aún cuando se seguía el plan general, el trabajo no fue automático; en su desarrollo se dieron procesos iterativos de acción, reflexión y toma de decisiones, lo que en ocasiones los llevó a revisar tareas anteriores. Además, mantenían una interrelación explícita entre las preguntas formuladas, el experimento, los datos y los resultados esperados.

Logros alcanzados. A partir de las reflexiones y las entrevistas, complementadas con los reportes finales se infieren logros por estudiante (Cuadro 1). Tres estudiantes evidenciaron mayor conciencia acerca del proceso indagatorio durante el TL; también alcanzaron mayor desarrollo conceptual en los dominios teórico y metodológico. El estudiante E1C aunque describe las acciones que realizó para resolver el TL, algunas no aparecieron expresadas en su reporte, por lo que se estimó que el desarrollo de significados no fue completo, ya que no logró representarlos.

CUADRO 1
Aprendizaje en el dominio epistemológico con el desarrollo del TL referido a la propagación de ondas mecánicas (N: 5)

Valoración del aprendizaje en el dominio Epistemológico	E1C	E2H	E4J	E5Y	E6L
Reconocer la existencia de abstracciones derivadas del modelo que dan cuenta de los eventos del mundo real y guían el diseño del experimento.	Si	--	Si	Si	Si
Producir apropiadas explicaciones o argumentaciones	--	--	Si	Si	Si
Reconocer que las estrategias de indagación dependen de las ideas acerca de la naturaleza de las ondas.	Si	--	Si	Si	Si
Reconocer qué mediciones deben repetirse y cuáles pueden ser seleccionadas	--	--	Si	Si	Si
Reconocer los datos que no son confiables para generar conclusiones y aceptar las incertezas como parte de la medida.	--	Si	Si	Si	Si
Analizar la clase de datos que se producen y transformarlos en atención a preguntas planteadas y los modelos.	Si	--	Si	Si	Si
Seleccionar los procedimientos más apropiados para el análisis de los datos en atención al modelo asumido.	Si	--	Si	Si	Si
Identificar los elementos para la producción de una conclusión confiable.	--	--	Si	Si	Si

El reporte final de E2H evidenciaba poca autonomía y poco dominio epistemológico. Las tareas experimentales estaban como secuencias preestablecidas, e independientes del problema y de los modelos asumidos para dar cuenta de éste. Esto se ratificó en la entrevista cuando E2H expresó tener dificultades con dichas tareas y no saber aún qué hacer.

De las entrevistas se pudo conocer que los estudiantes valoraron la representación del plan general expuesta en la figura 1, obteniéndose por ejemplo, que para ellos:

– Permitió darle coherencia al trabajo completo:

(E5Y) “Es útil pues permite darle armonía a todo, lo teórico con lo experimental y todo relacionado con el problema.”.

– Resultó útil para interrelacionar las diferentes tareas:

(E2H) “Siempre la tenía allí para lo que tenía que hacer, pero al final era que lo organizaba.

(E5Y) “Yo soy muy visual y lograba armar las piezas que iba produciendo.”.

– Sirvió como una herramienta metacognitiva:

(E6L) “... me permitía ordenar mis ideas esa secuencia de la V es útil para revisar el trabajo”.

(E4J) “Uno va viendo el proceso, creo que no se escapa nada de allí....me ayudó a precisar lo que tenía que comunicar”.

(E5Y) “La V la tenía en la cabeza, siempre pensaba en cómo cada acción tiene que ver una con otra; así no me perdía.”

CONCLUSIONES

Este ensayo permite decir que el TL sobre propagación de ondas mecánicas promovió en los estudiantes un movimiento favorable en la visión acerca de la actividad experimental en la ciencia. Los aspectos en donde se observó mayor evolución fueron:

- La comprensión en relación a la interrelación teoría-experimento, modelo-fenómeno, en los diferentes momentos del TL.
- Valoraron la producción de tablas, gráficos y transformaciones de los datos como necesarios para la solución del problema del TL. La mayoría (4 de 5) mostró haber comprendido que el dominio metodológico no puede ser abordado con algoritmos, y que las tareas en este dominio dependen de: la comprensión que se tenga de la situación, del modelo físico establecido y de las conceptualizaciones del dominio metodológico.
- La valoración de los resultados de un experimento varió entre los estudiantes. Todos aceptan que su interpretación sólo tiene sentido en un marco conceptual; pero sólo dos consideraron como posible el reconstruir el modelo en base a los resultados y el someter los resultados a la consideración de pares. Estos dos estudiantes diferenciaron los laboratorios educativos donde los modelos no están en discusión, de los laboratorios científicos donde los modelos están en estudio y es posible encontrar resultados inesperados. En este mismo sentido, un estudiante señaló que el modelo físico empleado en el TL del ensayo no estaba en discusión. Pareciera que esta idea se debe a que los conocimientos que se enseñan, generalmente, son datos que en algún momento del quehacer de las comunidades científicas, se transforman en enunciados que pierden todos los calificativos temporales y se aceptan sin necesidad de respaldarlos (Latour y Woolgar, 1995).

Estos resultados plantean la necesidad de incluir en los TL situaciones en donde surjan datos imprevistos para romper con esta visión estática de los modelos; y de incorporar casos de la historia que pongan en evidencia la interdependencia teoría-experimento en el progreso de ambas.

Si bien resultó favorable presentar y desarrollar los TL en la enseñanza como procesos propios del quehacer de la ciencia, la comprensión de la no estandarizada interrelación entre lo teórico y lo metodológico se facilitó con la figura 1; lo que incidió en el desarrollo del pensamiento científico.

Sin pretender hacer generalizaciones de este ensayo, consideramos que el TL centrado en la resolución de problemas y abordado bajo el enfoque propuesto contribuye a la construcción del pensamiento científico. Conscientes de que esto se consolida a largo plazo, proponemos continuar evaluando las situaciones que más promueven el desarrollo conceptual de los estudiantes dentro de diferentes campos conceptuales de la disciplina.

REFERENCIAS

- ANDRÉS, Ma. M. y PESA, M (sf) Conceptos-en-acción y Teoremas-en-acción en un Trabajo de Laboratorio de Física. *Revista Brasileira Pesquisa Ensino Ciencias*. Aceptado en 2004.
- LATOUR, B. y WOOLGAR, S. (1995) *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Editorial Alianza Universidad. Edición castellano.
- MOREIRA, M. A. (2004) La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. *La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área*. Brasil: Impressos Portao Sao Leopoldo.
- VERGNAUD, G. (1990) La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques* Vol. 10 (2) pp. 133-170 Traducido por Juan Godino.
- WITTMANN, M. (1998) Making Sense of How Students to an understanding of Physics: An example from Mechanical Waves. Doctoral dissertation. University of Maryland. EEUU.