

**Resolución de problemas por investigación
y su influencia en los Trabajos Prácticos
de Laboratorio en Termodinámica¹**
*Problem solving by research and its influence
on Practical Laboratory work
in Thermodynamics*

Rodrigo OÑATE GARCÍA²

jonate@ubiobio.cl

Iván SÁNCHEZ SOTO³

isanchez@ubiobio.cl

Universidad de Bío Bío

Concepción, Chile

Recibido: 15-01-2009

Aprobado: 25-6-2010

¹ El soporte conceptual de este trabajo es del Proyecto N° 1071050, financiado por el Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico de Chile (FONDECYT).

² Profesor del Departamento de Física de la Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile. Más de quince años de experiencia a nivel universitario en pregrado. Ocho años como coordinador de laboratorios de Física. Es Ingeniero Civil Mecánico por la Universidad de Chile. Magister en Pedagogía Universitaria por la Universidad Católica del Maule.

³ Profesor Asociado. Departamento de Física de La Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile. Ha liderado proyectos de investigación FONDECYT y de mejoramiento de la

RESUMEN

El presente trabajo se inicia con el diseño, elaboración e implementación de una propuesta metodológica con base en un problema integrador estructurado en una serie de problemas más acotados a resolver a través de Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) dentro de un marco constructivista. Se realiza con la finalidad de establecer su influencia en el aprendizaje adquirido por los alumnos en comparación con otras propuestas metodológicas tradicionales empleadas actualmente. La investigación se llevó a cabo en un curso de Termodinámica para alumnos de Ingeniería en Construcción de la Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile. Aquí se comparan tres propuestas metodológicas diferentes para abordar los contenidos a través de los TPL, éstas son: a) Grupo Experimental 1, que incluye guías abiertas, con problemas y actividades de aprendizaje, b) Grupo Experimental 2, que implica buscar información e investigación y c) Grupo Experimental 3, con trabajo en laboratorio de acuerdo a guías de trabajo (tradicional). De los resultados obtenidos se observa que los alumnos del grupo experimental 1 presentan una mayor motivación y mejor comprensión de los contenidos abordados, lo que se refleja en la comunicación oral y escrita de sus resultados. Por otra parte, se activan los principios facilitadores de aprendizaje significativos, integración reconciliadora y diferenciación progresiva.

Palabras clave: Termodinámica, aprendizaje significativo, enseñanza de las ciencias, educación chilena.

ABSTRACT

This study begins with the design, creation and implementation of a methodological proposal based on an integration problem structured in a series of problems to be solved through Laboratory Practical Work (LPW) within a constructivist framework. The aim was to establish its influence in learning acquired by students in comparison with other traditional methodological proposals currently employed. The study was carried out with a course in Thermodynamics for students of Construction Engineering at the University of Bio-Bio, Concepcion, Chile. Three distinct methodological proposals are compared with a view to using LPW, namely: a) Experimental Group 1 which includes open guides with problems and learning

calidad de la educación MECESUP. Tiene 20 años de experiencia de nivel universitario, en pregrado y postgrado. Es Profesor de Física y Matemática por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Magíster en Enseñanza de las Ciencias, Mención Física por la Universidad de Concepción y Doctor en Enseñanza de las Ciencias por la Universidad de Burgos, España.

activities, b) Experimental Group 2, which implies looking up information and research and c) Experimental Group 3 with laboratory activities based on work guides (traditional). From the results obtained, it was observed that the students in Group 1 showed more motivation and better understanding of the contents presented, reflected in both oral and written communication. Furthermore, this group presented evidence of the facilitating principles of significant learning, reconciliatory integration and progressive differentiation.

Keywords: Science teaching, Thermodynamics, significant learning, Chilean education.

1. INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación surge como una alternativa a las propuestas tradicionales de algunos trabajos de laboratorio, al revisar los que ordinariamente se realizan en la educación superior en esta área. Se establecen algunos aspectos positivos como el de aprender algunos procesos científicos y otros negativos como que sólo desarrollan habilidades prácticas, sólo se usan para confirmar algo ya expuesto por el profesor en el aula, son un recetario a seguir para alcanzar una respuesta predeterminada y se manipulan instrumentos sin tener un propósito, lo que convendría modificar o suprimir, según algunas propuestas como las de Pozo (1992), Gil & González (1993), González (1994), Hodson (1993), Perales (2000), Sánchez & Flores (2004). En todas ellas se pretende innovar en las actividades prácticas de laboratorio, proponiendo un paradigma de investigación unida a la resolución de problemas prácticos. En este marco de referencia proponemos abordar los contenidos de un curso de Termodinámica por medio de la resolución de un problema integrador y una secuencia de problemas más acotados en contenidos por investigación, recogidos en una guía de Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) abiertos. Los TPL son parte del proceso de optimización continuo, ya que estas actividades de desarrollo aumentan su eficiencia si se reorientan hacia la búsqueda de soluciones a partir de pequeñas investigaciones (Perales, 2000). Sin embargo, para Gil & González (1993) las actividades experimentales presentan una serie de problemas cuando se pretende

lograr aprendizaje significativo mediante su incorporación a las actividades habituales en las clases de Física.

Los intentos por modificar las actividades prácticas de laboratorio conducen a que esta actividad se centre en mejorar las prácticas o experiencias, pero la realidad es que pocos estudios verifican si las metas que se desean con estas actividades sean adecuadas, o si los TPL cumplen con su rol o función dentro del proceso de enseñar y aprender. Las actividades desarrolladas en este ámbito permiten el aprendizaje de destrezas, análisis y procesamiento de la información integrando los conceptos y conocimientos en el aula (Sánchez & Flores, 2004). Esta propuesta de trabajo práctico por medio de un entorno de aprendizaje interactivo, además, permite al estudiante adquirir habilidades prácticas para uso y manipulación de equipos, es un medio para el aprendizaje de técnicas experimentales; ilustra y comprueba, basado en la experimentación, hechos y leyes científicas presentadas previamente por el profesor en aulas (Sánchez & Flores, 2004). Se debe considerar que el desarrollo de actividades prácticas separadas reorientadas a la búsqueda de soluciones en procesos de investigación permite un alto nivel de investigación y construcción del conocimiento, pero deben ser validadas por grupos de trabajo y evaluadas para lograr un resultado efectivo (Sánchez, 2001).

Los objetivos que se deben plantear en las actividades prácticas de laboratorios se pueden agrupar en tres grupos a) *saber*, ilustrar contenidos de clases teóricas, b) *saber hacer*, enseñar técnicas experimentales (procedimientos) y c) *Saber ser*, promover actitudes científicas. Muchas actividades de laboratorio pretenden lograr estos objetivos, sin embargo, un análisis crítico demuestra una diferencia entre la situación antes planteada y la que realmente se pretende. Se busca, a través de un sistema interactivo computacional, crear entornos de aprendizaje integradores para que los alumnos los resuelvan en un contexto activo y participativo el cual permita una visualización y comprensión de lo que se realiza en tiempo real, permitiendo construir un conocimiento a partir de fundamentos teóricos previamente establecidos (Sánchez & Flores, 2004). Por este motivo, se formula una propuesta de Trabajos Prácticos de Laboratorio en un entorno de aprendizaje significativo

e integrador, con guías de actividades para laboratorio abiertas, las que serán comparadas en función de su rendimiento, con metodologías tradicionales de TPL.

Las actividades desarrolladas en el laboratorio permiten el aprendizaje de destrezas básicas e intelectuales, análisis, procesamiento de la información y acercarse al trabajo científico. El TPL en un entorno interactivo permite: a) Adquirir habilidades prácticas para uso y manipulación de equipos, b) Es un medio para el aprendizaje de técnicas experimentales (medición, análisis e interpretación de resultados) y c) Permite al alumno integrar y comprobar a partir de fenómenos observados en la experimentación, hechos y leyes científicas presentadas previamente por el profesor en aula (Sánchez, 2001). La propuesta metodológica es implementada en un curso de Física Termodinámica de la Universidad del Bío-Bío, que no considera actividad de laboratorio como parte de su currículo. En él se seleccionaron tres grupos que son enfrentados a un TPL con diferentes enfoques; a) Grupo Experimental 1 (Exp. 1) que trabajó con guías de laboratorio abiertas, b) Grupo Experimental 2 (Exp. 2), que son los que realizaron investigación y c) Grupo Experimental 3 (Trad.) que trabajó con guías tradicionales. Todos los grupos fueron evaluados estadísticamente con el fin de establecer cuál de los métodos aplicados logra un mejor aprendizaje significativo, tanto en las actividades de TPL como en su rendimiento.

1.1. Fundamentación Teórica:

La enseñanza de las ciencias prevé un nuevo significado, en que los estudiantes deben tener como objetivo aprender de forma estructurada y no como ideas sueltas e independientes (Sánchez, 2007). Las construcciones cognitivas son importantes para que los datos y los hechos cobren significado para los alumnos, quienes deben disponer de conceptos que les permitan interpretarlos (Pozo, 1992). Hay que tener en cuenta que aprender ciencias no es sólo aprender conceptos y modelos, sino también practicar en alguna medida el trabajo científico, experimentando una inmersión en la cultura científica

(Díaz & Jiménez, 1999). El papel de la investigación en didáctica de la Física puede ser el de iniciar nuevas y mejores estrategias de enseñanza en las clases de teoría y problemas, así como en las prácticas de laboratorio y controlar sus efectos tanto en el aprendizaje y comprensión de la Física como en la motivación por su aprendizaje. Actualmente se están iniciando diferentes líneas de investigación en Enseñanza de la Física Universitaria y una de ellas es la investigación sobre los trabajos prácticos y la utilización de nuevas tecnologías, con las siguientes preguntas: ¿La utilización de nuevas tecnologías contribuye realmente a un mayor aprendizaje?, ¿En qué medida las prácticas de laboratorio contribuyen a una actitud más positiva y a una mayor comprensión de los conceptos teóricos? (Guisasola y otros, 2004).

El trabajo que se desarrolla en entornos de aprendizaje prácticos de laboratorio se identifica con un aprendizaje significativo debido a que las experiencias se basan en conocimientos que se deben tener para asegurar que el contenido pueda relacionarse con ideas previas del alumno, siendo este el punto de partida para una intervención didáctica (Sánchez & Flores 2004). El aprendizaje significativo se caracteriza por la interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo. En ese proceso, que es no literal y no es arbitrario, el nuevo conocimiento adquiere significados para el aprendiz, y el conocimiento previo queda más rico, más diferenciado, más elaborado en relación con los significados ya presentes y, sobre todo, más estable (Moreira & Masini, 1982; Moreira, 1999, 2000).

El trabajo práctico de laboratorio brinda a los alumnos la posibilidad de explorar, manipular, sugerir hipótesis, cometer y reconocer errores para así aprender de ellos (Gil, 1997), desarrollando procesos de observación de fenómenos, recolección y análisis de datos para explicar las observaciones, pudiendo llegar a realizar modelos cualitativos matemáticos explicativos, permitiendo entender el papel de la observación directa y distinguir entre las inferencias que se realizan a partir de la teoría y las que se realizan a partir de la práctica. La enseñanza de la Física debe entregar a los estudiantes de Ingeniería medios para lograr la comprensión adecuada de los procesos del mundo físico. De este modo, el estudiante puede abordar los problemas más especí-

ficos de un campo profesional determinado junto a las nuevas tecnologías que vienen asociadas al mundo moderno (Meza y otros, 2002) y la enseñanza de las ciencias y los conocimientos de esta requieren del saber aplicar. Los procesos de enseñanza por medio de trabajos prácticos se encuentran actualmente en crisis, puesto que no se aplica saber y no saber aplicar es no saber (Izquierdo & Sanmartí, 2008). Hay que comprender que no se trata de adaptar las ideas de los científicos a la clase, sino de diseñar unas ciencias propias de las clases adecuadas a las ideas y sentimientos de los alumnos, que tengan en cuenta los obstáculos que se van a presentar, pero que sepan aprovechar lo que el alumnado ya conoce y hacia lo cual está motivado (Izquierdo, 2005).

La enseñanza de la Ciencia actualmente prevé un cambio en la actitud del alumno frente a los contenidos conceptuales de la Física, en la cual los estudiantes deben tener como objetivo aprender en forma estructurada y no como ideas sueltas e independientes (Perales, 2000). Por otra parte, las actividades de trabajo práctico experimental en laboratorio se plantean como un proceso que involucre una diversificación de actividades encaminadas a aprender procesos de la Ciencia, tales como la observación, la clasificación, la emisión de hipótesis, la realización, ello independientemente de los contenidos conceptuales concretos sobre los que se trabaja (Izquierdo & Sanmartí, 2008). En la práctica tradicional se observa que los trabajos de laboratorio realizan un énfasis en el aprendizaje de destrezas y técnicas de recolección de datos experimentales, sin embargo, se ve poca claridad y su relación entre los objetivos y los referentes teóricos. La metodología experimental en el laboratorio tiene que ofrecer el máximo de oportunidades para que el sujeto se involucre en las más diversas actividades que puedan ser observadas, en vez de ser rígidamente controladas (Álvarez, y otros, 2004). Se plantea que muchas de las actividades del trabajo práctico experimental desarrollado en laboratorios no influyen en el aprendizaje de las ciencias y en ocasiones suelen generar confusiones de tipo conceptual, metodológico y epistemológico más que ofrecer a los estudiantes una alternativa para favorecer la construcción del conocimiento (Gil, 1986; Hodson, 1993). Se han realizado investigaciones en las que se propone una apertura de las actividades experimentales del trabajo

en laboratorio, y ejemplo de ellas son las propuestas de actividades con un proceso de investigación dirigida que intentan acercar el trabajo del estudiante al de un científico (Gil & González, 1993).

El consenso actual que existe en torno a la necesidad de estas aperturas de actividades experimentales merece ser resaltado, pero es preciso ir más allá y mostrar de forma concreta, con ejemplos ilustrativos, lo que cada cual entiende por «prácticas como investigaciones». En caso contrario, corremos el peligro de que dicha expresión no pase de ser un simple eslogan, atractivo pero escasamente operativo, mientras la generalidad del profesorado continúa prestando escasa atención a las prácticas de laboratorio (Nieda, 1994). Las críticas a las prácticas habituales han sido especialmente contundentes y generalizadas al evaluar los resultados del modelo de aprendizaje por «descubrimiento autónomo», cuyas serias limitaciones asociadas a un inductivismo extremo, han sido denunciadas por numerosos autores (Ausubel y otros, 1983; Giordan, 1978; Millar & Driver, 1987). Los estudios sobre prácticas de laboratorio han generando un amplio consenso en torno a su orientación como actividad investigadora (Gil y otros, 1991; González, 1992; Tamir & García, 1992; Grau, 1994; Lillo, 1994; Watson, 1994; Gil & Valdés, 1996). Sin embargo, estas actividades investigadoras enfrentan varios inconvenientes al momento que se intenta introducir a los alumnos en las actividades de trabajo práctico de laboratorio bajo este nuevo contexto, como son: la falta de experiencia del alumno y su desconcierto cuando se enfrenta a las actividades, la limitación que existe al tratar de cambiar las experiencias actuales a experiencias más abiertas dentro de un laboratorio tradicional puesto que los docentes no están preparados para los cambios que ello implica y a la multiplicidad de hipótesis que pueden emitir los estudiantes.

No obstante, la profesionalidad del docente se manifiesta en la capacidad de organizar un escenario en el cual se aprenda la Ciencia que se enseña determinada con una finalidad educativa, mediante un complejo proceso de «transposición» o «reconstrucción» didáctica (Gundem, 2000). Si se quiere avanzar realmente en la transformación de las prácticas de laboratorio, es necesario analizar cuidadosamente con propuestas concretas, llevarlas al aula y

contrastar su validez (Payá, 1991; Gil y otros, 1993; González, 1994; Salinas, 1994; Gil & Valdés, 1996). Las propuestas se fundamentan, claro está, en el trabajo de clarificación acerca de la naturaleza de la actividad científica realizada. Desde este punto de vista, una práctica de laboratorio que pretenda aproximarse a una investigación ha de dejar de ser un trabajo exclusivamente «experimental» e integrar muchos otros aspectos de la actividad científica igualmente esenciales. La inclusión de los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias resulta efectivo y estos trabajos o entornos de desarrollo aumentan su eficiencia si se reorientan hacia la búsqueda de soluciones a pequeñas investigaciones (Izquierdo & Sanmartí, 2008).

La reorientación propuesta cuestiona la idea de «práctica de laboratorio» como actividad autónoma, puesto que la investigación científica abarca mucho más que el trabajo experimental y éste no tiene sentido tomado aisladamente (Gil & Valdés, 1996). En forma resumida se plantea a continuación el conjunto de aspectos fundamentales para poder hablar de una orientación investigativa del aprendizaje de las ciencias, y en este caso, del TPL. Dichos aspectos se agruparon en diez apartados, pero hay que destacar que no constituyen ningún algoritmo a seguir linealmente.

1.2. Aspectos fundamentales para hablar de la capacidad investigativa

- a. Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuado, con el objetivo de que los estudiantes puedan tomar decisiones para precisarlas y entrenarse.
- b. Favorecer la reflexión de los estudiantes sobre la relevancia y el posible interés de las situaciones propuestas que den sentido a su estudio.
- c. Potenciar los análisis cualitativos y significativos que ayuden a comprender y a acotar las situaciones planteadas (a la luz de los conocimientos disponibles, del interés del problema) y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca.

- d. Plantear la emisión de hipótesis y/o preguntas de investigación como actividad central de la investigación científica, susceptible de orientar el tratamiento de las situaciones y de hacer explícitas, funcionalmente, las pre-concepciones de los estudiantes.
- e. Conceder toda su importancia a la elaboración de diseños y a la planificación de la actividad experimental por los propios estudiantes, dando a la dimensión tecnológica el papel que le corresponde en este proceso.
- f. Plantear el análisis detenido de los resultados (su interpretación física, fiabilidad) a la luz del cuerpo de conocimientos disponible, de las hipótesis manejadas y de los resultados de «otros investigadores» (los de otros equipos de estudiantes y los aceptados por la comunidad científica, recogidos en los libros de texto).
- g. Plantear la consideración de posibles perspectivas (replanteamiento del estudio a otro nivel de complejidad, problemas derivados) y contemplar, en particular, las implicaciones entre ciencia, tecnología y sociedad actual (CTSA) del estudio realizado (posibles aplicaciones, repercusiones negativas).
- h. Pedir un esfuerzo de integración que considere la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, así como las posibles implicaciones en otros campos del conocimiento.
- i. Conceder una especial importancia a la elaboración de memorias científicas que reflejen el trabajo realizado y puedan servir de base para resaltar el papel de la comunicación y el debate en la actividad científica.
- j. Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico organizando equipos de trabajo y facilitando la interacción entre cada equipo y la comunidad científica, representada en la clase por el resto de los equipos, el cuerpo de conocimientos ya construido (recogido en los textos) y el profesor como experto.

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación compara tres grupos de estudiantes de un curso

de Termodinámica que enfrentaron el laboratorio de forma voluntaria y con propuestas metodológicas diferentes para abordar los mismos contenidos en un horario de clase asignado. La comparación se realiza bajo un diseño cuasi/experimental, por una parte, haciendo la comparación directa entre los tres grupos por medio de un ANOVA, y en una segunda parte, entre dos grupos a través de la prueba de las medias. La comparación se realiza con los rendimientos académicos de cada grupo al enfrentarse a los mismos instrumentos de evaluación. En el diseño de la investigación se desarrollaron las siguientes etapas:

- a) Definición de la muestra y elección del nivel educativo. Para este estudio se trabajó con alumnos de un curso de Física Termodinámica con 60 alumnos de la carrera de Ingeniería en Construcción, de segundo año de la Universidad del Bío-Bío, que no tienen laboratorio dentro de su programa de enseñanza.
- b) Selección y conformación de los grupos de trabajo. Se aplicaron dos prepruebas a los estudiantes, a) Cuestionario Honey-Alonso de formas de abordar los problemas y b) Test Peyde (Test de evaluación de prácticas educativas).
- c) Instrumentación, diseño y aplicación de las actividades a los diferentes grupos de trabajo. En este caso, para el desarrollo de la investigación se aplicaron las mismas actividades, pero con diferentes enfoques.
- d) Aplicación de cuestionarios o test de evaluación final y rendimiento académico para analizar los tratamientos aplicados a cada grupo de trabajo.

2.1. Metodología de aula

El presente trabajo de investigación se lleva a cabo con alumnos de segundo año de la carrera de Ingeniería en Construcción de la Universidad del Bío-Bío, quienes participaron en forma voluntaria fuera de sus horarios de clases regulares. Los estudiantes se distribuyen de acuerdo a los resultados obtenidos en los tests «Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje» y «Peyde de prácticas educativas», de modo que todos los grupos fueron formados con

características similares, separados en tres secciones de comparación y evaluados en función del rendimiento en la actividad de trabajo práctico de laboratorio. La conformación de los grupos de trabajo se realiza con los alumnos que participaron en forma voluntaria y la forma de distribuir a los estudiantes para abordar los contenidos se acerca a las exigidas a un diseño experimental el cual, por lo tanto, se evalúa usando técnicas paramétricas en la investigación, como los análisis de medias y el ANOVA. De igual forma, el desarrollo de las propuestas metodológicas que comprende la realización de cinco actividades representativas del curso de TPL están acordes con la teoría del curso, y cada una de ellas fueron desarrollados por los tres grupos de estudiantes sometidos a la investigación, con la finalidad de establecer su influencia en el rendimiento. Estos grupos son: Experimental 1, Experimental 2 y Experimental 3.

2.2. Actividad integradora propuesta de TPL para el grupo experimental 1

A este grupo se le plantean problemas integradores, en donde, para cada una de las experiencias, se entrega a cada grupo de alumnos, con un día de anticipación, un problema común al cual las personas pueden enfrentarse en la vida cotidiana, así como el fundamento mínimo necesario para comprender las leyes que son necesarias para poder analizar y aplicar en la experiencia de TPL. Los alumnos en grupo deben investigar y profundizar sus conocimientos, previamente, apoyados en los fundamentos adquiridos a través del curso y otros medios que estén disponibles a su alcance (Bibliotecas, Internet). En el TPL se le solicita a cada grupo el desarrollo de las siguientes etapas de trabajo, las cuales deben ser reflejadas en un informe que debe ser entregado al terminar la experiencia, a saber:

1. Descubrir qué método o experiencia debe emplear para resolver las situaciones problemáticas planteadas.
2. Explicar por qué ese método es más efectivo.
3. Formular objetivos e hipótesis para el desarrollo de TPL.

4. Diseñar un experimento para someter a prueba la o las hipótesis de trabajo propuestas y comparar el diseño propuesto con los otros grupos del TPL a fin de asegurar la viabilidad de la experiencia.
5. Con los resultados obtenidos en el TPL, deben responder una serie de preguntas relacionadas con la experiencia realizada, esto con el fin de verificar la comprensión de las leyes relacionadas y desarrollar sus conclusiones.

2.3. Actividades del grupo experimental 2

A este grupo se le presentan problemas los cuales deben ser resueltos por medio de la investigación bibliográfica. No realiza TPL. Los alumnos se limitan a la investigación de temas sin demostrar experimentalmente si las conclusiones son adecuadas al problema propuesto, lo cual se lleva a cabo en razón de las condiciones de aislación térmica óptimas en el diseño y construcción de una vivienda, en función de estas preguntas: ¿Qué propiedades, leyes y conceptos teóricos que se relacionan con la física termodinámica se encuentran asociados al objetivo propuesto?

2.4. Actividades del grupo experimental 3

Este grupo empleará guías tradicionales, que son las que actualmente se emplean en otros cursos que contemplan el TPL dentro de su programa y que guardan relación directa con los problemas propuestos. Estas guías son cerradas y limitan al estudiante en el proceso del TPL. De igual modo, se debe considerar que no todos los alumnos poseen las mismas habilidades intelectuales y psicológicas. Esto requiere que en la conformación se debe tratar de mantener un equilibrio de las características psicológicas de cada alumno, con el fin de que exista una contribución de acuerdo a cada categoría que se defina en función de los tests aplicados. Los alumnos que no participaron en ninguno de estos grupos siguen el programa regular de la asignatura sin el desarrollo de ninguna actividad adicional en relación a su programa original.

2.5. Actividades prácticas realizadas y contenidos a los que fueron enfrentados los tres grupos

1. Primera Ley de Calentamiento:
Ley de calentamiento y/o enfriamiento de Newton.
2. Capacidad Térmica Específica de los materiales:
Propiedad térmica de los materiales y sus características de comportamiento.
3. Proceso de Cambio de Estado de Agregación:
Energía Térmica Específica Sensible y Latente.
4. Termodinámica:
Ley de Boyle, Ley de Charles y Gay Lussac.
5. Mecanismos de transferencia de Energía Térmica:
Radiación, conducción y convección.

2.6. Instrumentos de recogida de la información

a) *Cuestionario Honey-Alonzo de estilos de aprendizaje.* Se analizan las características de los estilos de aprendizaje, en lo cual se destacan cuatro tipos de estilos o formas de aprender:

Estilo Activo: Implicación activa y sin prejuicios en nuevas experiencias.

Estilo Reflexivo: Observación reflexiva de las experiencias desde diversas perspectivas.

Estilo Teórico: Enfoque lógico de los problemas, integración de experiencia dentro de teorías.

Estilo Pragmático: Experimentación y aplicación de las ideas.

b) *Prácticas Educativas; Test Peyde.* Mide las capacidades del alumno desde un punto de vista psicológico en las siguientes categorías:

Conciencia Emocional: Es una parte del desarrollo cognitivo que se desarrolla paralelamente a la inteligencia en su sentido cognitivo. Es un desarrollo

progresivo de la capacidad de mantener la conciencia de los diferentes sentimientos, tanto de uno mismo como de los otros, durante las interacciones sociales, para integrarlos al servicio de actividades dirigidas a metas.

Control Emocional: Es la forma de regular, controlar o eventualmente modificar estados anímicos, sentimientos y/o emociones —o su manifestación inmediata— cuando éstos son inconvenientes en una situación dada.

Empatía: Significa simpatizar, sentir en común, describe la capacidad de una persona de vivenciar la manera en que siente otra persona y de compartir sus sentimientos, pudiendo llevar a una mejor comprensión de su comportamiento o de su forma de tomar decisiones.

Capacidad de Relación: Es la capacidad de una persona comunicativa, a quien gusta que las relaciones con los demás sean fluidas.

Capacidad de Resolución de Problemas: Es la capacidad de las personas que muestran interés por resolver los conflictos cotidianos buscando soluciones eficaces y si no resultan, se es capaz de inventar nuevas soluciones que le permitan solventar cualquier situación problemática.

c) Rendimiento: Fue evaluado por tres evaluaciones diferentes según se describe para cada grupo. En el caso de los grupos Experimental 1 (Exp.1) y Experimental 3 (Trad.), se calificó un informe entregado por cada experiencia (entregado a los tres días posteriores al desarrollo de la experiencia); un test al final del TPL y la calificación obtenida de su rendimiento en la actividad del TPL. Para el grupo Experimental 2 (Exp. 2) se evaluó el trabajo o informe final de investigación desarrollado (entregado al final del proceso) más un test después de la actividad del TPL.

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Con el fin de poder establecer cuál de las tres metodologías seguidas en el TPL es la más indicada o apropiada en el proceso de enseñanza, se consideraron los resultados de las evaluaciones prácticas, las cuales se analizan estadísticamente para definir su razón y justificación. Los grupos se comparan

estadísticamente por dos métodos: a) Análisis de Varianza (ANOVA) el cual permite establecer de manera equivalente si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, lográndose saber a favor de cuál de los tres grupos se establecen las diferencias. Se aplica la prueba de Tukey b) La Prueba de Medias, la cual permite establecer si existen diferencias estadísticamente significativas entre dos grupos y a favor de cuál.

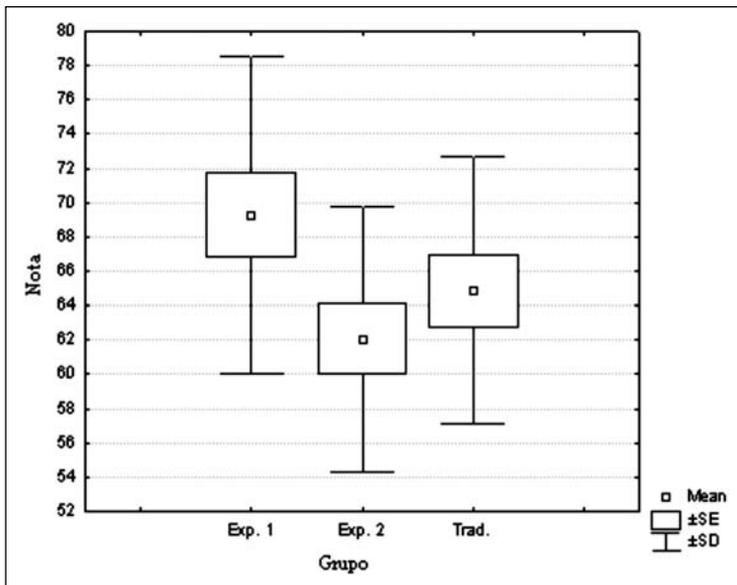
Resultados

Los resultados a ser analizados estadísticamente se obtuvieron promediando los rendimientos obtenidos por cada alumno que integró los diferentes grupos de trabajo: a) En los informes entregados de cada una de las experiencias realizadas y b) De un test individual al culminar el TPL en el caso de los grupos Experimental 1 y Experimental 3. Para los alumnos del grupo Experimental 2, su rendimiento se obtuvo en forma similar, con el promedio de un informe final de investigación desarrollado (entregado al final del proceso) y un test después de la actividad del TPL. Para establecer la influencia de la metodología en el rendimiento académico se utilizó en primer lugar un análisis de varianza ANOVA. Estableciendo un estadístico «F» con un 95 por ciento de confianza, al comparar los tres grupos de TPL con este nivel de confianza se establece que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos investigados. Sin embargo, del análisis se evidencia que existe una diferencia a favor del grupo que trabaja con problemas abiertos, con un nivel de confianza aproximado de un 92 por ciento. Aplicando la prueba de Tukey, se establece la diferencia entre los grupos a favor del que trabaja con problemas abiertos (Experimental 1) respecto de los otros dos grupos, la cual no es estadísticamente significativa, pero en educación esa diferencia es importante.

El segundo análisis estadístico se realizó a través de la prueba estadística de las Medias, empleando el mismo nivel de confianza y se obtuvo: a) Entre los grupos Experimental 1 y Experimental 3 (con una media de 67,08), se refleja una diferencia significativa con valor estadístico «X» de 3,89 y un nivel de confianza o significado de p de 0.0486, lo que refleja un grado de confianza del

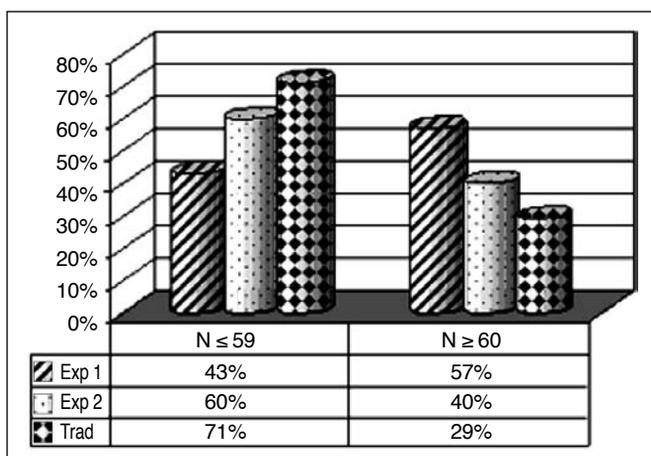
95 por ciento a favor del grupo Experimental 1; b) Entre los grupos Experimental 1 y Experimental 2 (con una media de 65,68), se refleja una diferencia significativa con valor estadístico «X» de 7,15 y un valor de p de 0,0075 lo cual refleja un grado de confianza del 99 por ciento a favor del grupo Experimental 1; y c) Entre los grupos Experimental 2 y Experimental 3 (con una media de 63,47), se refleja una diferencia significativa con valor estadístico «X» de 5,17 y un valor de p de 0.023, lo que refleja un grado de confianza del 97 por ciento respecto al grupo Experimental 3. El Gráfico 1 muestra los comportamientos de las calificaciones obtenidas por los tres grupos Exp. 1, Exp. 2 y tradicional. En él se reflejan la media, la desviación estándar y el error. Se verifica que el grupo Exp. 1 se encuentra por encima de los otros dos grupos y la diferencia entre las medias es baja. Debido a su cercanía, ello hace que los estudios no sean significativos y la razón probable es debido al tamaño de los grupos.

GRÁFICO 1
ANÁLISIS GRÁFICO DE COMPORTAMIENTO DE LAS NOTAS OBTENIDAS
EN CADA GRUPO



Este Gráfico 1, de comportamiento obtenido en función de los promedios, muestra que los alumnos que participaron y conformaron el grupo Experimental 1 obtuvieron un mejor rendimiento. El Gráfico 1 refleja y verifica la información que se obtuvo de los análisis estadísticos realizados, tanto para el análisis estadístico ANOVA, el cual no dio una diferencia significativa, pero que en educación se puede afirmar que hubo una mejora en el primer grupo, y de igual modo para el análisis estadístico de medias, el cual si dio significativo para este grupo. El Gráfico 2 muestra los valores porcentuales de los rendimientos obtenidos por los alumnos en el TPL para cada uno de los grupos Experimental 1 (Exp. 1), Experimental 2 (Exp. 2) y Experimental 3 (Trad.), en donde la nota mínima para aprobar es 60 puntos, en una escala de 100 puntos.

GRÁFICO 2
RESULTADOS PORCENTUALES DE RENDIMIENTOS EN TPL



Del Gráfico 2 se observa que los alumnos del grupo Experimental 1 presentan un mejor rendimiento en los promedios de las evaluaciones realizadas, al tener un 57 por ciento de ellos sus calificaciones por encima de 60 puntos

(nota mínima de aprobación) y un 43 por ciento que reprobaban el TPL. Los otros dos grupos presentan un número porcentual inferior de alumnos aprobados con nota superior a 60 puntos (Experimental 2 con 40 por ciento y Experimental 3 con 29 por ciento). Este análisis verifica que el estudio estadístico ANOVA, a pesar de no ser significativo, asegura que los alumnos del grupo Experimental 1 presentan un mejor rendimiento, y además está muy próximo de ser significativo. De igual modo, ratifica la condición de significancia del Análisis Estadístico de Medias, el cual favorece al grupo Experimental 1 en relación a los otros dos grupos experimentales.

4. CONCLUSIONES

4.1. Aseveraciones de conocimiento

En razón de los análisis realizados, se plantea la siguiente aseveración de conocimiento: A pesar de no ser significativos los cambios producidos por los TPL con guías abiertas, y de acuerdo al análisis estadístico de varianza, la prueba específica de Tukey da una diferencia mínima significativa con un 92 por ciento de confianza a favor del grupo Experimental 1. Estos resultados conducen a plantear que sí se logra una mejor comprensión y aprendizaje a favor de este grupo, al haber una mejora en las calificaciones obtenidas y por ende, se produce un aprendizaje significativo en función de las actividades propiamente desarrolladas. Una segunda aseveración de conocimiento, de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico (Medias), verifican una diferencia significativa de un 99 y 95 por ciento a favor del grupo Experimental 1 con respecto al grupo Experimental 2 y grupo Experimental 3 respectivamente. Esto asegura que sí se produce un aprendizaje significativo por el tipo de actividades desarrolladas. Sin embargo, con los resultados obtenidos por este mismo análisis aplicado entre los grupos Experimentales 2 y 3, se da cuenta de una diferencia significativa de un 97 por ciento a favor del grupo Experimental 3, razón que permite inferir que las actividades de TPL promueven una mejor comprensión de los fenómenos físicos planteados e influyen positivamente en el aprendizaje de los alumnos.

4.2. Aseveración de valor:

Los contenidos presentados de esta forma a través de problemas, y contextualizados, facilitan su adquisición, logrando ser presentados a partir de la reconciliación integradora de los contenidos (el todo), que luego se diferencian progresivamente (las partes) de los diferentes tópicos planteados en las actividades. Es decir, parten de un todo que es el contexto teórico, y posteriormente van diferenciando cada uno de los eventos planteados. Por otra parte, el aprendizaje se ve favorecido por la forma en que se trabajó la propuesta, en donde la responsabilidad del aprendizaje es traspasada al alumno, quien construye el conocimiento. Por la modalidad de trabajo que desarrollan, los TPL apoyados por sistemas interactivos (computacionales), permiten una visualización y comprensión de los fenómenos observados de la actividad que se desarrolla en tiempo real. Esto permite al alumno visualizar e integrar a partir de los fenómenos observados en la experimentación hechos y leyes presentados previamente en clases en el instante en que se desarrollan las actividades de TPL. Además producen una motivación en ellos.

De los informes entregados de la actividad de TPL se refleja que la hipótesis y la observación son parte del proceso de la investigación científica y que rompen con la habitual orientación del TPL como «recetas de cocina». Pero en esta transformación de los trabajos prácticos se sigue manteniendo un criterio reduccionista de la actividad, debido a que asocia la investigación sólo con los trabajos experimentales. Generalmente, los TPL son enfocados como simples manipulaciones, y a partir de la propuesta el alumno toma conciencia de visiones deformadas sobre el trabajo científico. De igual modo, se observa la relevancia del trabajo a realizar y el esclarecimiento de la problemática en que se inserta, logra la participación de los estudiantes en el planteamiento de hipótesis, en el diseño de los experimentos, el análisis de los resultados obtenidos y la comunicación de la información.

En el análisis de los informes se observa que los alumnos del grupo Experimental 1 plantean sus propias hipótesis y el diseño de experimentos para la obtención de evidencia experimental (en condiciones definidas y controladas

ocupa un lugar central en la investigación científica) con relación a la o las hipótesis a contrastar. Es decir, al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento, sino a través de las hipótesis que orientan la búsqueda de información. Al evaluar los informes entregados por el grupo Experimental 3 se detectaron carencias en la comunicación de la información, redacción, justificación y argumentación en sus conclusiones, obteniéndose resultados simples y una imagen con un carácter empobrecido de la actividad científica. Por último, los alumnos no modifican los diseños experimentales y se concentran en desarrollar sus actividades, sin problematizar en relación a las actividades de aprendizaje.

REFERENCIAS

- Ausubel, D.; Novak, J. & Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Segunda edición. México: Trillas.
- Álvarez, V.; García, J.; Gil, J. & Romero, S. (2004). *La enseñanza Universitaria. Planificación y desarrollo de la Docencia*. Madrid: EOS Universitaria.
- Díaz, J. & Jiménez, M. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 20, 9-16.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. & Martínez, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Gil, D. & González, E. (1993). Las prácticas de laboratorio de Física en la formación del profesorado (I). Un Análisis Crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*. 6, 1, 47-61.
- Gil, D.; Navarro, J. & González, E. (1993). Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado (II). Una experiencia de transformación de las prácticas del ciclo básico universitario. *Revista de Enseñanza de la Física*. 7, 1, 33-47.
- Gil, D. & Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*. 14, 2, 155-163.
- Gil, S. (1997). *Nuevas tecnologías en la enseñanza de la física. Oportunidades y desafíos*. Memoria VI Conferencia Interamericana sobre educación en la Física.

- Gil, S. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las ciencias*, 4, 2, 111-121.
- Giordan, A. (1978). Observation-Expérimentation: mais comment les élèves apprennent-ils?. *Revue Française de Pédagogie*, 44, 66-73. Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, 13.
- González, E. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 10 2, 206-211.
- González, E. (1994). *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de Física*. Tesis doctoral no publicada: Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals, Universitat de València.
- Grau, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique*. 2, 27-35.
- Guisasola, J.; Gras-Mart, A.; Martínez-Torregosa, J.; Almudi, J. & Becerra Labra, C. (2004). ¿Puede ayudar la investigación en enseñanza de la Física a mejorar su docencia en la universidad?. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26, 3, 197-202.
- Gundem, B. (2000). Understanding European Didactics, en Moon et al. (eds.). *Routledge International Companion to Education* (235-262). Londres: Routledge.
- Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 23, 1, 111-122.
- Izquierdo, M. & Sanmartí, N. (2008). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de Ciencias Experimentales. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 17, 1, 49-76.
- Lillo, J. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. *Alambique*. 2, 47-56.
- Meza, S.; Lucero, I. & Aguirre, M. (2002). *Trabajos prácticos de física y aprendizaje significativo*. Departamento de Física, Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura-UNNE.
- Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Moreira, M. (2000). *Aprendizaje significativo*. Teoría y práctica. Madrid: Visor.
- Moreira, M. (1999). *La teoría del aprendizaje significativo*. Texto de apoyo N° 3 (pp. 221-251). Actas de la I escuela de verano sobre investigación en enseñanza de las ciencias. Doctorado en enseñanza de las ciencias. Universidad de Burgos, España.

- Moreira, M. & Massini, E. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel* Sao Paulo: Moraes.
- Nieda, J. (1994). Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la Enseñanza Secundaria. *Alambique*. 2, 15-20.
- Payá, J. (1991). *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. Tesis doctoral no publicada. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals, Universitat de València.
- Perales, F. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. España: Marfil.
- Pozo, J. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. En Coll, C.; Pozo, J.I.; Sarabia, B. y Valls, E. *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes* (19-79). Madrid: Santillana.
- Salinas, J. (1994). *Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios*. Tesis doctoral no publicada. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals, Universitat de València.
- Sánchez, I. (2001). Validation of a methodology based on learning activities with creative techniques for college students. *Journal of Science Education*, 2, 2, 86-90.
- Sánchez, I. & Flores, P. (2004). Diseño y aplicación de una propuesta didáctica para enseñar y aprender física en forma activa y significativa. *Boletín de Investigación Educativa*. Pontificia Universidad Católica de Chile, 9, 101-110.
- Sánchez, I. (2007). *Aprendizaje Significativo a través de resolución de problemas integradores contextualizados por investigación*. Actas del primer encuentro internacional de aprendizaje significativo en las ciencias y la matemática, septiembre del 2007, Universidad Adventista de Chile.
- Tamir, P. & García, M. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de textos de ciencias utilizados en Cataluña. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 10, 1, 3-12.
- Watson, J. (1994). Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias. *Alambique*. 2, 57-65.