

Encuentro Educativo

ISSN 1315-4079 ~ Depósito legal pp 199402ZU41

Vol. 13(3) Septiembre-Diciembre 2006: 401 - 413

Las prácticas habituales de laboratorio de física y la transferencia de conocimiento*

Xiomara Arrieta¹ y Nicolás Marín²

¹Centro de Estudios Matemáticos y Físicos. Facultad de Humanidades y Educación. Universidad del Zulia. Venezuela.

E-mail: xarrieta@intercable.net.ve

²Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales. Universidad de Almería, España.

E-mail: nicolas@nmarin.com

Resumen

En el modelo tradicional de prácticas de laboratorio, y en particular de física, el docente explica la teoría, da un guión a los alumnos para que comprueben en grupo algunos aspectos y leyes para posteriormente entregar un informe, en muchos casos cargado de teoría copiada textualmente y del cual pocas veces se discuten los resultados y las conclusiones. En este trabajo se pretende conocer, a través de un cuestionario abierto, la opinión que tienen los estudiantes de la forma habitual de llevar a cabo las prácticas de laboratorio de física, y de enfrentarlos a situaciones problemáticas novedosas cuyo contenido físico ya ha sido tratado en los laboratorios. La intención es que como futuros docentes tomen conciencia de las debilidades y limitaciones de este estilo habitual de hacer las actividades experimentales para transferir conocimientos académicos y aplicarlos a situaciones nuevas. Los resultados arrojan que este tipo de actividad no satisface las inquietudes de los alumnos; la elaboración de informes con exagerado énfasis en la teoría y cálculos de errores muchas veces incomprendibles, conllevan a un aprendizaje muy pobre que los limita a transferir conocimientos a planteamientos novedosos, principalmente debido a la asimilación mecánica de los procedimientos y la memorización de significantes.

Palabras clave: Prácticas habituales, laboratorio de física, transferencia de conocimiento.

* Este trabajo forma parte del proyecto de Investigación N° 0614-2003, financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), de la Universidad del Zulia.

Traditional Practices in the Physics Laboratory and the Transfer of Knowledge

Abstract

In the traditional model of laboratory practices, particularly in physics, the teacher explains the theory, gives the students written instructions to verify some aspects and laws in groups and later write a report about it, which in many cases is loaded with literally copied theory and only rarely discusses results and conclusions. Using an open questionnaire, this project purported to discover students' opinions about this traditional method of physics lab practices and to confront them with novel problematic situations whose physical content has already been dealt with in the laboratories. The intention was to make the students (who are future teachers) recognize the weaknesses and limitations of this traditional method for carrying out experimental activities for transferring academic knowledge and applying it to new situations. Results showed that this type of activity did not satisfy the students' needs; drawing up reports with an exaggerated emphasis on theory and error calculations that are frequently incomprehensible led to very poor learning that limits the students to transferring knowledge to new situations, due mainly to the mechanical assimilation of the procedures which depends on the memorization of meanings.

Key words: Traditional practices, physics laboratory, knowledge transfer.

1. Introducción

La enseñanza práctica de las ciencias experimentales, y en particular de la física, se ha venido impartiendo, salvo ciertas excepciones, de manera unidireccional, en el sentido de que es el docente quien decide, organiza y prepara las guías de trabajo, da las explicaciones teóricas preliminares para que posteriormente los alumnos se limiten a realizar una serie de pasos, muchas veces mecánicos, que conducen en la mayoría de los casos a comprobar leyes establecidas (Arrieta, 2000).

Diversos investigadores de la didáctica de las ciencias han hecho un análisis crítico de este estilo de prácticas de

laboratorio, señalando su carácter de receta manipulativa, llevada a cabo sin comprender el propósito del experimento. No proporciona al estudiante la ocasión de emitir hipótesis, de concebir posibles diseños experimentales, de analizar críticamente los resultados, siendo en algunos casos una pérdida de tiempo, pues dejan a lo sumo significantes, carentes de significado (Moreira, 1980; Marín, 1984; Payá, 1990; Gil, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991; Hierrezuelo y Montero, 1991; Hodson, 1994; Marín, 1997; Gil y Valdés, 1996; Izquierdo, Sanmartín y Espinet, 1999; Hart, Mulhall, Berry, Lougharm, y Gunstone, 2000; Arrieta y Marín, 2002).

Este trabajo tiene como objetivo conocer la opinión que tienen los alumnos de la forma habitual (a través de guiones) de llevar a cabo las prácticas de laboratorio de física, y de que ellos tomen conciencia, como futuros docentes, de las debilidades y limitaciones que tiene esta forma de hacer las actividades experimentales para transferir conocimientos académicos ya vistos y aplicarlos a situaciones nuevas. Estas debilidades y limitaciones se deben principalmente a la asimilación mecánica de los procedimientos y la memorización de significantes (Marín, 1984; Hodson, 1994; Gil y Valdés, 1996; Arrieta y Marín, 2002).

2. Las prácticas habituales

La enseñanza práctica de la Física ha seguido predominantemente un modelo tradicional en el cual el docente da las explicaciones teóricas, entrega las guías a ser desarrolladas por los estudiantes (basándose principalmente en tratar de comprobar lo dado en la teoría) y posteriormente realizar un informe, que en muchos casos no se discute con ellos. Las guías a ser desarrolladas se encuentran organizadas siguiendo una secuencia específica (Arrieta, 1999a-1999b), en la cual se consideran los siguientes aspectos: el número de práctica a realizar, nombre de dicha práctica, objetivos que se pretenden alcanzar, los materiales a utilizar, la teoría que deben leer los alumnos antes de realizar la misma, el procedimiento a seguir y algunas activida-

des propuestas para realizar posteriormente. La secuencia usual para dar el informe es la siguiente: 1) Datos de identificación, donde se especifique datos de la institución, número del informe, nombre del experimento, fecha en que se realizó el experimento, nombre de los integrantes del equipo, 2) objetivos del experimento, 3) material utilizado, 4) fundamento teórico o teoría correspondiente a la práctica realizada, 5) procedimiento o resumen, donde se describen los pasos seguidos y su relación con la teoría a aplicar, 6) hoja de datos ubicadas sobre cuadros, 7) cálculos, incluyendo errores, despejes, reemplazo de formulas, 8) gráficos en papel especial, 9) conclusiones donde se hará el análisis de los resultados obtenidos, 10) bibliografía utilizada, todo esto llevando una secuencia ordenada (Arrieta, 2000).

Según Hodson (1994) muchos estudiantes asumen diversas posiciones al realizar esta actividad, tales como: adoptar un enfoque de receta, siguiendo simplemente las instrucciones paso a paso; concentrarse en un único aspecto del experimento, con la virtual exclusión del resto; mostrar un comportamiento aleatorio que les hace estar muy ocupados sin tener nada que hacer; mirar a su alrededor para copiar lo que están haciendo los demás; convertirse en ayudantes de un grupo organizado y dirigido por otros compañeros.

No se trata de rechazar por completo el trabajo de laboratorio que se ha venido realizando, puesto que en ciertos casos, dependiendo de la dinámica

utilizada por el profesor, puede producir resultados favorables. Peor situación es aquella en la que los docentes no realizan ningún tipo de actividad práctica, aduciendo un sin número de excusas, usando las horas de laboratorio para dar teoría o resolver ejercicios (muy pocas veces problemas, y menos aún, problemas auténticamente nuevos). Esto unido a la apatía y falta de interés de los educandos, así como a las dificultades de aprendizaje de los contenidos procedimentales que éstos deben adquirir. Es importante que profesores y alumnos tengan claro que la actividad práctica es fundamental para el desarrollo tecnológico de un país (Hodson, 1994; Marín, 1997; Gil y Valdés, 1996; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999; Arrieta, 2000, Arrieta, 2003).

Si bien existen numerosos trabajos de investigación en el área de la didáctica de las ciencias donde se hacen juicios críticos sobre el estilo tradicional de las prácticas de laboratorio, existen pocas evidencias de trabajos que recojan la opinión de los alumnos sobre la forma habitual de llevar a cabo las actividades experimentales.

3. Metodología: muestra e instrumento

Para el desarrollo de la presente investigación se seleccionó una muestra de 25 estudiantes, conformada por la sección única (del semestre en curso) de la asignatura Física y Laboratorio IV, de la mención Matemática y Fí-

sica, Escuela de Educación, Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad del Zulia.

El instrumento utilizado para recabar información fue un cuestionario abierto de quince ítemes, dividido en dos partes.

La primera contiene siete preguntas en las cuales se solicita la opinión de los estudiantes sobre las prácticas habituales; se les pasó de manera individual y con un límite de tiempo prudencial para que respondieran sin presiones.

La segunda parte consta de ocho preguntas correspondientes a Mecánica, Electricidad y Magnetismo y tienen la finalidad de determinar cómo enfrentan los alumnos situaciones problemáticas novedosas cuyo contenido físico ya ha sido tratado en las prácticas de laboratorio. Estas situaciones fueron presentadas siguiendo una secuencia de actividades (predicción y explicación individual, contrastación con pares, contrastación entre grupos, interacción, reflexión y nuevas explicaciones a la luz del conocimiento científico, divulgación y transferencia) propuesta en una investigación anterior para el diseño de prácticas "basadas en el aprendiz" (Arrieta, Marín y Lúquez, 2003), y han sido elaboradas sobre la base de experiencias personales, o expuestas en investigaciones realizadas por varios autores (Inhelder y Piaget, 1972; Hierrezuelo y Montero, 1991; Marín, 1997; Pozo y Gómez Crespo, 2000; Andrés y Figueroa, 2001) o aparecidas como problemas de

interés en las páginas web: La ciencia es divertida (www.ciencianet.com), y The Physics Teacher Online (<http://ojps.aip.org/tpt/>).

4. Resultados y análisis de los mismos

En la Tabla 1 se ilustran las siete preguntas de opinión formuladas a los integrantes de la muestra y además la agrupación que se hizo luego de la revisión de las respuestas.

Los resultados que se exponen en la tabla reflejan que la opinión de los alumnos concuerda con los investigadores del área de didáctica de la ciencia, en cuanto a que las prácticas habituales son muy mecánicas y se emplean como receta de cocina (27,3%, con relación a la opinión de las prácticas habituales, un 31,8% con relación a si retan las habilidades cognitivas y la misma ponderación al preguntarles que le quitarían); sin embargo, un 27,3% expresa que dependiendo de la actuación del docente, pueden resultar interesantes o no.

Se necesitan actividades que resulten motivantes para los estudiantes (según lo afirma un 37,7% de la muestra), que se relacionen con situaciones familiares a ellos, pero sin llegar a ser predecibles (68,3% lo plantea al preguntarle si quieren participar en el diseño de las prácticas). Se observa que los alumnos piensan que el laboratorio es sólo para contrastar lo visto en teoría (27,3%), por eso quizás les parece extraño que no vayan de manera coordinada teoría y

práctica. Esta visión del experimento, de simple comprobación de teoría y leyes debe ser mejorada, ampliada e intentar que el alumno conceptualice a partir de los datos que le aporta la experimentación, lo cual podría salvar el principal problema que se detecta en las prácticas: su desarrollo mecánico y ausente de conceptualización (Arrieta y Marín, 2002, Arrieta, 2003).

Un 41% no está de acuerdo con la forma de entregar los informes, resultándoles un trabajo tedioso y poco significativo, ya que se hacen copias textuales sin análisis ni discusiones de los aspectos tratados en el mismo. Es sólo un requisito que cumplir.

Los alumnos sugieren (36,4%) que se traten más situaciones problemáticas novedosas y preguntas de análisis, pero no como "*actividad para la casa*", sino que sean trabajadas y discutidas en el mismo laboratorio.

La escasez de materiales de laboratorio (18,2%) y grupos grandes de trabajo (9,1%) dificulta el buen desarrollo de las actividades; unos trabajan y otros no, y en muchas ocasiones el docente no se percata de ello.

La rigidez del estilo usual de las prácticas no permite desplegar la imaginación y creatividad de los alumnos, y retan muy poco sus habilidades cognitivas. Por ello, manifiestan la intención de inmiscuirse en el diseño de las actividades a realizar (68,3%), aunque al principio les parezca un tanto difícil (31,7%).

Más del 60% opina no estar conscientes del propósito de la práctica,

Tabla 1
Agrupación de las respuestas

Grupo Pregunta	1	2	3	4	5
¿Qué opinión te merece la forma habitual de llevar a cabo las prácticas de laboratorio?	Algunas son buenas otras no lo son. Depende también del profesor 27,3%	Permiten contrastar lo visto en teoría, aunque muchas veces no están coordinadas. Si los resultados no concuerdan no hay respuestas del por qué la diferencia. 27,3%	Son desactualizadas. Sin mucha relación con la vida cotidiana No se profundiza 13,6%	Son empleadas como receta de cocina, muy mecánicas. No se discuten ni los resultados ni las conclusiones 27,3%	En los grupos, unos alumnos trabajan y otros no. 4,5%
¿Qué le quitarías?	Nada 9,1%	Lo rígido del desarrollo. La forma de receta 31,8%	El tedioso trabajo de los informes, con teorías largas y cálculos de errores que no se entienden 40,9%	Experimentos que no ayudan a entender los fenómenos 9,1%	Menos alumnos en los grupos. El docente no se fija en quien trabaja. 9,1%
¿Qué le agregarías?	Más flexibilidad y creatividad en el desarrollo de las actividades 22,7%	Más materiales y equipos, construidos o no por los alumnos. 18,2%	Nuevos experimentos que capten el interés y despierten la motivación 13,6%	Más preguntas de análisis o situaciones nuevas, pero que se discutan los resultados y conclusiones en el mismo laboratorio 36,4%	Más horas de clase y más atención del profesor, todos los alumnos deben trabajar 9,1%
¿Percebes que este tipo de práctica pone en juego tu imaginación y creatividad?	No 22,7%	No. El alumno se rige a lo que debe hacer, por un patrón o receta 40,9%	No. Sólo imaginamos lo que el profesor quería expresar. A duras penas se entiende el fenómeno 9,1%	Para nada. De ninguna manera. Claro que no 13,6%	Algunas sí, otras no. Depende del profesor y del alumno 13,6%
¿Retan tus habilidades cognitivas?	Algunas veces. No mucho. Medianamente 22,7%	De cierto modo sí, porque se debe tener conocimientos teóricos sobre la práctica a ejecutar y esto representa un reto. En la parte de análisis 18,2%	No 18,2%	Para nada. Es muy mecánico el proceso. No se consideran los conocimientos previos ni se hacen discusiones 31,8%	No, en muchos casos los resultados y conclusiones son fácilmente observables 9,1%
¿Te gustaría participar en el diseño de las prácticas a ejecutar? Da algunas propuestas.	Sí 18,0%	Por supuesto que sí. Así podríamos escoger sobre lo que nos gustaría hacer. Esto motivaría a los alumnos, mejoraría el proceso y se harían prácticas actualizadas 50,3%	Sí, pero se tendríamos que conocer el punto que se va a estudiar. Después de la teoría se puede llegar a un consenso de la experiencia que se vaya a realizar 13,6%	Sí. Se pueden comprobar situaciones problemáticas que surjan en la teoría o en los problemas, para comprenderlos mejor 13,6%	No sé. Si cada uno dice lo que quiere hacer, quizá no se llegue a nada 4,5%
¿Estás consciente del propósito del experimento cuando lo realizas?	A veces sí, otras no 36,4%	No 4,5%	No se hace consciente el propósito, aún cuando se leen los objetivos. Se hace de manera mecánica 40,9%	Los objetivos estaban en la práctica pero no se les prestaba atención 9,1%	Sí, tratar de comprobar la teoría 9,1%

aún cuando los objetivos aparezcan en ella. Al respecto Hart et al. (2000) señalan que si los alumnos no conocen la finalidad del experimento, entonces aprenden poco de la actividad práctica; tomar conciencia del propósito de ésta ayuda a comprender la naturaleza de la ciencia.

Las situaciones problemáticas de física presentadas se muestran en la Tabla 2. Las respuestas fueron agrupadas en cinco renglones (ver Tabla 3), ubicando las correctas, desde el punto de vista del conocimiento científico, en el grupo 1, lo que permite determinar el porcentaje de respuestas acertadas.

Los resultados son en algunos casos sorprendentes, considerando sobre todo que los integrantes de la muestra se encuentran en el octavo semestre de la carrera (de un total de 10) y han visto tres cursos de física, correspondientes a los temas tratados.

Del caso caída libre del libro y la ficha se nota que un 31,8 % de los estudiantes piensa que el libro cae primero por ser más pesado, sin hacer consideraciones del efecto del roce. Esta concepción, muy resistente al cambio, reaparece aún cuando el docente, y el mismo alumno, creen haberla modificado y ha sido reportada en diversas investigaciones (Carrascosa y Gil, 1982; Hierrezuelo y Montero, 1991; Pozo y Gómez Crespo, 2000; Arrieta, 2001; Arrieta, 2003).

Con respecto al caso del niño que lanza la pelota, aún cuando dicen que una de las fuerzas que actúa es la fuerza de fricción, no consideran que ésta

siempre se opone al movimiento del cuerpo. Llama la atención que un alto porcentaje de la muestra considera diferentes la fuerza de gravedad que actúa sobre la pelota, la fuerza gravitacional y el peso y la dibujan como vectores distintos en un diagrama de cuerpo libre. Es curioso notar como algunos alumnos piensan que sobre la pelota actúan fuerzas como la tensión y la normal. Algunos expresan que el peso del cuerpo sólo actúa cuando este va bajando. La idea de fuerza como una cantidad que se transfiere de un cuerpo a otro y queda acumulado en este último (Hierrezuelo y Montero, 1991) se evidencia en esta situación problemática, ya que los estudiantes argumentan que la fuerza que aplicó el niño queda en la pelota y se va "gastando" a medida que sube.

En la situación del sistema de resortes los resultados expresan que el 82% da respuestas que no se corresponden con el resultado esperado y sus argumentaciones son confusas. No establecen las diferencias físicas de las dos configuraciones. Esto demuestra la poca comprensión del concepto de constante de elasticidad y la ley de Hooke (Andrés y Figueroa, 2001), aunque ya se habían realizado prácticas habituales de este fenómeno.

Sólo un 18% responde satisfactoriamente a los casos de equilibrio de la balanza, hallando la expresión matemática. Otro 18% responde acertadamente, pero no halla la relación matemática. El 55% responde bien al caso más simple de equilibrio, pero no al

Tabla 2
Situaciones problemáticas de Física

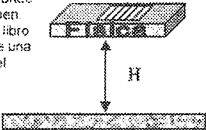
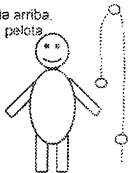
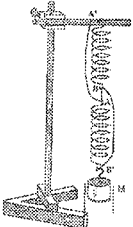
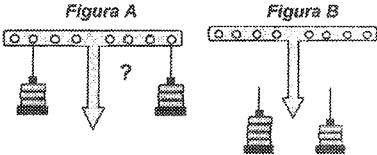
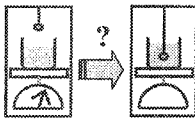

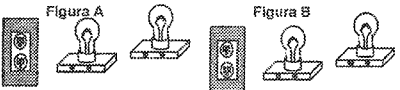

<p>Caso 1: Se tienen dos cuerpos, digamos un libro de Física grande y una ficha para hacer resumen. Si se coloca la ficha sobre el libro y ambos se dejan caer desde una altura H, ¿en qué momento el libro se separa de la ficha? Argumenta tu respuesta detalladamente.</p> 	<p>Caso 2: Un niño lanza una pelota hacia arriba. Dibuja las fuerzas que actúan sobre la pelota.</p> <p>a) Cuando va subiendo. b) Cuando está en el punto más alto de la trayectoria. c) Cuando está bajando.</p> 
<p>Caso 3: Se tienen dos resortes de constante de elasticidad (K) iguales. Al suspender una pesa de masa M en uno de ellos, se elonga (estira) una longitud X. Teniendo el sistema que se muestra en la figura, donde los hilos AA' y BB' se mantienen ligeramente flojos, sin tensión (son de longitud parecida a los resortes estirados), ¿qué sucederá al cortar el hilo que se encuentra entre A y B? ¿Cómo quedaría el sistema? Haz el dibujo. ¿Qué sucederá con la pesa en la nueva situación? Sube _____ Baja _____ Queda a la misma altura _____ Explica en forma clara el por qué de tu decisión.</p> 	<p>Caso 4: Se tiene una balanza con ocho agujeros, cuatro de un lado y cuatro del otro, y doce pesas de igual masa. En la situación que se muestra en la figura A, ¿hacia dónde se inclina la balanza? ¿Qué harías para equilibrarla? Argumenta tu respuesta. En la situación que se muestra en la figura B, ¿en qué agujeros colocarías las pesas para que la balanza quede en equilibrio? De acuerdo a las ideas anteriores, ¿qué expresión matemática explica el funcionamiento de la balanza?</p> <p>Figura A Figura B</p> 
<p>Caso 5: Se tiene un vaso con una cantidad de agua y una balanza. Al colocar sobre la balanza el vaso con agua nos da como resultado un valor M. Si introducimos en el agua una esfera cogida de un hilo, sin que toque el fondo, ¿Cambiará la lectura de la balanza? Escribe todas las explicaciones posibles que justifiquen tu respuesta.</p> 	<p>Caso 6: Se dispone de un recipiente con agua y un huevo. Ver posición 1.</p> <p>Posición 1 Posición 2 Posición 3</p> <p>Enuncia una o varias hipótesis que creas pueden explicar el comportamiento del huevo en las posiciones 2 y 3. ¿Qué diseño experimental podrías sugerir para contrastar las hipótesis?</p> 
<p>Caso 7: Dispones de dos bombillos de diferentes potencia, uno de 40 W y otro de 100 W, que se pueden conectar a una fuente de 120 V.</p> <p>a) ¿Cómo harías la conexión en paralelo de los dos bombillos a la fuente? Haz la conexión en la figura A. b) ¿Cómo harías la conexión en serie de los dos bombillos a la fuente? Haz la conexión en la figura B. c) ¿Cómo será el brillo de un bombillo al compararlo con el otro en la conexión en paralelo? Argumenta tu respuesta. Igual _____ El de 100 W es menor _____ El de 40 W es menor _____ d) ¿Cómo será el brillo de un bombillo al compararlo con el otro en la conexión en serie? Argumenta tu respuesta. Igual _____ El de 100 W es menor _____ El de 40 W es menor _____</p> <p>Figura A Figura B</p> 	<p>Caso 8: Tienes un imán del cual no conoces sus polos. Idea dos diseños experimentales que te permitan determinar el polo norte y el polo sur del imán.</p> 

Tabla 3
Agrupación de las respuestas a las situaciones problemáticas

Grupo Caso	1	2	3	4	5
Nº 1 Libro-Ficha (Caída Libre)	Nunca. La resistencia del aire actúa sobre el libro y protege a la ficha. La aceleración de gravedad es la misma para los dos cuerpos 36,4%	- Nunca, debido a la presión atmosférica. - Durante la caída, por diferencias de presión 13,6%	Cuando llegan al suelo, al rebotar. No se considera efectos del roce 13,6%	Cuando se sientan, el más pesado cae más rápido 31,8%	No sabe 4,5%
Nº 2 Niño-Pelota (Fuerzas)	- El peso - La resistencia del aire 13,6%	- La fuerza que aplica el niño al lanzarla o Fuerza de empuje - La resistencia del aire - El peso - La fuerza gravitacional o de gravedad - La gravedad 59,1%	- La tensión - El peso - La normal - La fuerza del aire 9,1%	- Fuerza de gravedad, hacia arriba y hacia abajo - Presión atmosférica 4,5%	- La velocidad - El peso - La gravedad 13,6%
Nº 3 Resortes Serie- Paralelo	Sube. El sistema cambia de serie a paralelo, el peso se distribuye entre los resortes, éstos se estiran menos y la pesa sube 4,5%	Sube. - El hilo no permite que el resorte se siga estirando - Si la pesa es bastante pesada ésta subirá. - Los hilos se estiran y la pesa sube 13,6%	Baja. - Los resortes se estiraran al máximo - Los hilos que están flojos se tensan y la pesa bajará. - Por la acción de la Gravedad 40,9%	Queda igual. - Las tensiones son contrarrestadas - La fuerza es la misma. - El hilo no afecta - Los resortes no pierden su elasticidad 31,8%	Depende - De la longitud de la cuerda - De la resistencia de las cuerdas 9,1%
Nº 4 Balanzas de Brazos (Equilibrio)	- Responden bien todos los casos de equilibrio - Usan la ecuación de equilibrio rotacional para conseguir la expresión matemática $F_1X_1=F_2X_2$ 18,2%	- Responden bien todos los casos de equilibrio - No hayan la expresión matemática 18,2%	- Responde bien el primer caso de equilibrio pero no el segundo caso - No hayan la expresión matemática. 54,5%	Responden mal los dos casos de equilibrio, pero tienen idea de que se aplica equilibrio rotacional para hallar la expresión matemática 4,5%	- Responden mal los dos casos de equilibrio - No hayan la expresión matemática 4,5%
Nº 5 Lectura de la Balanza (Acción y Reacción)	Si cambia. Se ejerce un empuje sobre la esfera y por acción y reacción, ésta ejerce una fuerza hacia abajo, que será registrada en la balanza. 13,6%	Si cambia - Aumenta el volumen o la cantidad de agua. - Al meter la esfera se agrega una masa adicional. - Si el volumen aumenta, la masa disminuye. - La masa aumenta la densidad del agua 18,2%	Si cambia. - Según Arquímedes el volumen de agua desplazado es igual al del objeto sumergido - Aumenta el nivel del agua en proporción al volumen del cuerpo 18,2%	Depende. - Si se desprecia la presión atmosférica no cambia - Si no se desprecia la presión atmosférica sí cambia 4,5%	No cambia - La tensión del hilo contrarresta el peso de la esfera - La esfera no toca el fondo - La presión que ejerce el agua es mayor que la de la esfera 45,5%

Grupo Caso	1	2	3	4	5
Nº 6 Flotación-Huevo (Densidad)	<ul style="list-style-type: none"> - Variación en la densidad del agua - Agregar sal al recipiente con agua <p>31,8%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Depende de factores como el peso del huevo, el empuje, la presión atmosférica, pero sin mencionar la variación en la densidad del agua. <p>27,3%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Depende de la temperatura del agua o de si el huevo está cocido o no. <p>27,3%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Variación en la viscosidad. - Agregar harina de trigo para aumentar la viscosidad. <p>9,1%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esto no puede ocurrir. El huevo no cambia de posición, porque su peso no cambia <p>4,5%</p>
Nº 7 Bombillos Serie-Paralelo (Circuito)	<ul style="list-style-type: none"> - En una conexión en paralelo el bombillo de mayor potencia alumbrará más, porque pasa mayor corriente - En serie alumbrará más el de menor potencia, porque está a mayor voltaje <p>0,0%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las conexiones son correctas. - Explicación correcta de la conexión en paralelo. - Explicación incorrecta de la conexión en serie. <p>9,1%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Una o las dos conexiones son correctas. - Explicaciones incorrectas: si el voltaje es el mismo, alumbran igual. - Si la corriente es la misma, alumbran igual - Alumbran según su posición - Sin explicaciones <p>50,0%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las conexiones son incorrectas. - Explicaciones incorrectas <p>18,2%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las conexiones son incorrectas. - Sin explicaciones <p>22,7%</p>
Nº 8 Polos del Imán	<ul style="list-style-type: none"> - Usando otro imán de polos conocidos. - Colocando el imán en un recipiente con agua de manera que flote y se oriente. - Suspendiendo el imán de un hilo. - Usando una brújula <p>50,0%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usando un alambre con corriente. - Marcarlo con dos colores: Rojo-Norte, Negro-Sur <p>9,1%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usando una aguja. Si el imán la atrae es el polo sur, si la repele es el norte. <p>4,5%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usando dos imanes, uno positivo y otro negativo. - Usando otro imán de polos positivo y negativo <p>13,6%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Colocando el imán debajo de una hoja de papel y agregando limadura de hierro. - Acercando clavitos de acero o pedazos de metal <p>22,7%</p>

caso un poco más complejo y no tratan de hallar la relación de proporcionalidad que existe entre los pesos y las distancias. Inhelder y Piaget (1972) realizaron este experimento para estudiar cómo se elabora el esquema de proporcionalidad, encontrando que esta noción sólo aparece en el estadio III A (formal inicial). Sorprende el hecho de que la mayoría de los alumnos manifiesta no saber que en la balanza de brazos se aplica equilibrio rotacional.

Aunque el 50% responde que sí cambia la lectura de la balanza al introducir la esfera, el 36% de los estudiantes da respuestas ambiguas e imprecisas. El 46% predice que no cambia, ar-

gumentando que la tensión del hilo contrarresta el peso de la esfera o que la esfera no toca el fondo. Algunos alumnos expresan, de manera incorrecta, que al introducir la esfera, el volumen o la cantidad de agua aumenta, quizás porque observan que el nivel del agua en el vaso aumenta.

El efecto de la influencia de la densidad del agua en la flotación del huevo sólo es explicado satisfactoriamente por el 32% de la muestra. El resto argumenta sin fundamento que el cambio de posición del huevo se debe a factores como el peso, el empuje, la presión atmosférica, la temperatura del agua, la viscosidad o si el huevo está

cocido, pero sin mencionar la variación de la densidad del agua. Este tipo de experimentos ayudaría a los estudiantes a comprender por qué se flota más fácilmente en agua de mar que en agua dulce.

Al analizar las respuestas en el caso de los bombillos en serie y en paralelo se aprecia que ningún alumno realizó debidamente las conexiones, dando explicaciones correctas al brillo de los bombillos. Es importante resaltar que un 50% argumenta que si el voltaje es el mismo o la corriente es la misma deberían alumbrar igual, no teniendo en cuenta la potencia y por ende, la resistencia de los bombillos. Hay quienes afirman que la posición de los bombillos es determinante en el brillo de éstos, alumbrando más el que está más cerca de la fuente, en el sentido positivo de la corriente. A pesar de haber realizado prácticas para comprobar las leyes de Ohm y Kirchhoff, no existe una buena comprensión de la relación entre las cantidades resistencia, voltaje, intensidad de corriente y potencia. Resultados similares fueron obtenidos por Sebastiá (1993), el cual opina que este tipo de interpretaciones que distan mucho del conocimiento científico, se manifiesta preferentemente, cuando los estudiantes no pueden refugiarse en fórmulas o expresiones memorizadas.

Aún cuando el 50% de los alumnos da explicaciones correctas de cómo determinar los polos de un imán, resulta de interés destacar algunos aspectos: el polo norte se

atrae con el norte, quizá por tratar de memorizar más que comprender el comportamiento; el polo sur del imán es el que se orienta hacia el polo norte de la Tierra, pensando en que polos distintos se atraen, pero sin distinguir los polos geográficos y magnéticos de ésta. Un 14% denomina los polos del imán como positivo o negativo, en analogía con los signos de las cargas eléctricas. Pero lo que más llama la atención (36%) es que algunos alumnos asocian el color a los polos del imán o piensan que si se le agrega limadura de hierro o se le acerca algún material ferroso se pueden distinguir los polos. Quizás, en el primer caso, porque la mayoría de los imanes están pintados de dos colores y, en el segundo, porque siempre se les dice que las líneas de campo magnético salen del polo norte y llegan al sur.

Luego de las discusiones entre grupos y las experimentaciones para contrastar las predicciones, resulta interesante observar el asombro de los educandos al constatar que sus argumentos eran inválidos y que los resultados de muchos experimentos eran contrarios a sus suposiciones, tomando conciencia de la poca comprensión que tienen de los conceptos y procesos empleados en las ciencias. En las situaciones más complejas, como el caso de los resortes, los bombillos, balanza de brazos y la lectura de la balanza, se les solicitó a los alumnos que entregaran un informe donde se reflejara el formalismo matemático que conduce a los resultados observados.

5. Conclusiones

Más que un análisis y reflexión para los alumnos por no comprender los conceptos y procedimientos del conocimiento científico, estos resultados implican una toma de conciencia para nosotros los docentes, pues enseñamos de manera mecánica a comprobar leyes, manipular ecuaciones y aplicar algoritmos, sin hacer énfasis en el razonamiento y comprensión de los fenómenos físicos.

Resulta evidente que el estilo tradicional de llevar a cabo las prácticas de laboratorio no es sólo un tema de investigación de la didáctica de las ciencias, es un problema que viven los estudiantes y muchas veces no se atreven a expresar.

Es relevante hacer más actividades experimentales, pero debemos cambiar las prácticas de laboratorio de simple comprobación de lo visto en teoría, de simple receta manipulativa, por otras actividades mejor fundamentadas, que despierten el interés y reten la intuición de los estudiantes, que impliquen descubrir más que comprobar, que permitan incorporar las ideas de los alumnos en el diseño y, sobre todo, que amplíen el espacio de discusión de los resultados obtenidos, ya que en definitiva, como plantea Niaz (2002), los experimentos son importantes, pero sus interpretaciones lo son aún más; esto podría salvar el principal problema que se detecta en las prácticas: su desarrollo mecánico y ausente de conceptualización (Arrieta y Marín, 2002).

Teniendo en cuenta que algunas concepciones de los alumnos son muy resistentes al cambio, se necesita una diversidad de estrategias y situaciones novedosas que permitan poner de manifiesto la inconsistencia de estas ideas para la explicación de los fenómenos.

Referencias Bibliográficas

- American Association of Physics Teachers. **The Physics Teacher Online**. <http://ojps.aip.org/tpt/> (noviembre, 2002).
- Andrés, M. y Figueroa, D. (2001). **El trabajo de laboratorio en la enseñanza de la Física**. I Escuela Venezolana para la enseñanza de la Física. Material impreso.
- Arrieta, X. (1999a). **Prácticas de Laboratorio. Física 9º Grado**. Editorial de la Universidad del Zulia (Ediluz). Maracaibo. Venezuela.
- Arrieta, X. (1999b). **Prácticas de Laboratorio. Física 2º Año de Ciencias**. Editorial de la Universidad del Zulia (Ediluz). Maracaibo. Venezuela.
- Arrieta, X. (2000). "Fundamentos de un modelo para la enseñanza práctica de la Física". **Encuentro Educativo**. Vol. 7, Nº 2, pp. 161-179.
- ARRIETA, X. (2001). **Propuesta y evaluación de algunas estrategias para la enseñanza aprendizaje de Fundamentos de Física, en Educación Básica Integral**. Trabajo de Ascenso para optar a la categoría de Profesora Titular. Universidad del Zulia. Inédito.
- Arrieta, X. y Marín, N. (2002). "Del experimento al concepto". **Encuentro Educativo**. Vol. 9, Nº 2, pp. 125 -146.
- Arrieta, X., Marín, N. y Lúquez, P. (2003). "Una propuesta para taxonomizar los contenidos procedimentales en las

- prácticas de laboratorio". **Investigación y Postgrado**. Vol. 18, N° 2, pp. 117-137.
- Arrieta, X. (2003). **Propuesta y evaluación de un modelo para el desarrollo de las prácticas de Física**. Tesis Doctoral. Universidad del Zulia. Facultad de Humanidades y Educación. Doctorado en Ciencias Humanas.
- Carrascosa, J. y Gil, D. (1982). Los errores conceptuales en la enseñanza de la Física. Un estudio de su persistencia. **Primeras Jornadas de investigación en Didáctica en Física y Química**, ICE Valencia, pp. 268-276.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). **La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria**. Cuadernos de Educación. ICE - Horsori. Universidad de Barcelona, España.
- Gil, D. y Valdés, P. (1996). "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo". **Enseñanza de las Ciencias**, 14(2), pp.155-163.
- 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), pp. 655-675.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1991). **La ciencia de los alumnos**. Editorial Elzevir. España.
- Hodson, D. (1994). "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". **Enseñanza de las Ciencias**, 12(3), pp.299-313.
- Inhelder, B. y Piaget, J. (1972). **De la lógica del niño a la lógica del adolescente**. Buenos Aires: Paidós.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). "Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales". **Enseñanza de las Ciencias**, 17 (1), pp. 45-59.
- Marín, N. (1984). **Evaluación de dos métodos experimentales en la enseñanza de la Física básica**. Tesina inédita. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- Marín, N. (1997). **Fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales**. Manuales. Universidad de Almería. Servicio de Publicaciones. España.
- Moreira, M.A. (1980). "A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics courses". **European Journal of Science Education**, N° 2, pp. 441- 448.
- Niaz, M. (2002). **Epistemología de la Ciencia**. II Escuela Venezolana para la enseñanza de la Física. Material impreso.
- Payá, J. (1990). "Los Trabajos Prácticos de la Física y Química: una revisión bibliográfica". **Enseñanza de las Ciencias**, 8 (2), pp. 181-185.
- Pozo, J. y Gómez Crespo, M. (2000). **Aprender y enseñar ciencia**. Segunda edición. Madrid: Morata.
- Sebastiá, J. (1993). "¿Cuál brilla más?: Predicciones y reflexiones acerca del brillo de las bombillas". **Enseñanza de las Ciencias**, 11 (1), pp. 45-50.