

Alcances y limitaciones actuales de la actividad experimental en escuelas de Enseñanza Media de la provincia Santiago de Cuba: criterios de alumnos y profesores



Guillaron, J. J.¹, Lourenço, A. B.², Méndez, L. M.¹, **Hernandes, A. C.²**

¹*Departamento de Física, Universidad de Oriente, Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, 90500, Cuba.*

²*Instituto de Física de São Carlos, Universidad de São Paulo, Av. Trabalhador Sãocarlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos-SP, Brasil.*

E-mail: j.guillaron@gmail.com

(Recibido el 27 de Noviembre de 2012; aceptado el 18 de Febrero de 2013)

Resumen

El propósito de este estudio es explorar el estado actual de desarrollo de las actividades experimentales en la asignatura de Física en escuelas de Enseñanza Media de la provincia de Santiago de Cuba ya que constituye un aspecto medular en la construcción del conocimiento científico. Para la recogida de la información se utilizaron dos instrumentos: una encuesta y una entrevista que fueron aplicadas a 268 alumnos y 18 profesores de cinco escuelas con entornos socioculturales diferentes. Los datos obtenidos de las encuestas de ambos sujetos están referidos a: la existencia o no de infraestructura de laboratorio en las escuelas, las características de sus participaciones en los laboratorios y la frecuencia de realización de los mismos. Complementan esta información sus opiniones expresadas en las respuestas a las entrevistas, donde se destaca el papel que atribuyen a los experimentos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los resultados indican un incremento en la motivación y en la asimilación de los contenidos por parte de los alumnos que participaron en las demostraciones experimentales en las escuelas con infraestructura de laboratorio. Se manifiestan también limitaciones en el orden material con énfasis en las escuelas más alejadas del centro de la ciudad de Santiago de Cuba y de preparación de los profesores para una eficiente utilización del instrumental que poseen en función de la docencia.

Palabras clave: Actividad experimental, Enseñanza de la Física, Laboratorio de Física.

Abstract

The purpose of this study is to explore the current developmental status of experimental activities within the subject of physics in Middle Schools in the Santiago de Cuba Province, which constitutes a key aspect in the attainment of scientific knowledge. Two different tools were used in the information gathering process: one poll and a series of interviews involving 268 students and 18 professors from five schools of diverse socio-cultural environments. The resulting data relates to: the availability – or not – of lab infrastructure at schools; the type of lab participation; and its frequency. This information is complemented by the opinions expressed in the responses to the interviews where the role attributed to experimental activity in the teaching-learning process is highlighted. The results show an increment in motivation and subject learning on the part of the students when they have access to experimental demonstrations at schools with lab infrastructure. Other limitations observed, especially at schools further away from Santiago de Cuba, were related to the lack of material resources and the preparation of teachers in relation to their utilization of available resources in the teaching function.

Keywords: Experimental Activity, Teaching of Physics, Physics Lab.

PACS: 01.30.Os, 01.40.-d, 45.20.D-.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

El uso de actividades experimentales en la enseñanza de las Ciencias puede contribuir a que los alumnos desarrollen y comprendan los conceptos científicos, despierten la curiosidad, susciten discusiones, reflexionen sobre los conceptos involucrados, elaboren hipótesis y adquieran espíritu crítico. Además, favorece una mejor percepción de la relación entre ciencia y tecnología [1 y 2] y posibilita a

Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 7, No. 1, March 2013

los alumnos construir y desarrollar conceptos, pues de acuerdo con Bernardino Lopes [2]

[...] al mismo tiempo que moviliza conceptos será necesario reformular algunos, enriquecer y eventualmente aprender otros. Para situaciones más complejas más allá de los conceptos es necesario construir o utilizar un modelo físico que recurra a una conceptualización de la situación física, la cual tiene que ser trabajada, –necesita una movilización de

conceptos—, hasta que se elabore un modelo y sea calculable (pág. 116).

Para el logro de tales habilidades es importante que los experimentos no sean concebidos como actividades que siguen guías detalladas ya preparadas por los profesores [1]. Es necesario que tengan una connotación de investigación en que integren muchos aspectos de la actividad científica [3]. Los alumnos deben tener momentos para tomar conciencia del problema experimental, sentir la necesidad de resolverlo y discernir entre varias vías de solución. Con esto, el estudiante puede tener la oportunidad de reestructurar su pensamiento, desarrollar conceptos científicos y empezar en una educación científica [4, 5].

En una reflexión colectiva de profesores en cursos de formación continuada, promovida por Carrascosa *et al.* [1] sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias y de las características básicas de la actividad científica, los autores identificaron que los profesores toman conciencia de que hacer actividades experimentales como simples manipulaciones pueden transmitir a los alumnos visiones deformadas sobre la ciencia, y que no presentan

[...] muchos de los aspectos fundamentales para la construcción de conocimientos científicos, como la participación de los estudiantes en el planteamiento de hipótesis y el diseño de los experimentos, el análisis de los resultados obtenidos entre otros aspectos (pág. 161, citado en [1]).

Además de la discusión sobre cómo los profesores promueven actividades experimentales, se significa el hecho de que hay muchas aulas de Ciencias Exactas, en específico de Física, que tampoco tienen un espacio para el desarrollo de este tipo de actividad. Una de las dificultades encontradas por el profesor en la realización de actividades experimentales es debido a factores externos, como la falta de instalaciones y material adecuado, excesivo número de alumnos, entre otros aspectos [1]. Sin embargo, hay profesores que superan estas dificultades y desarrollan con sus estudiantes experimentos en clases de Ciencias. Todavía es común encontrar profesores que no tienen la suficiente preparación para realizar actividades experimentales con sus estudiantes e incluso aquellos que tienen el temor de usar los aparatos experimentales de la escuela por miedo a que se rompan [4].

A consecuencia de todo lo anterior los gobiernos de distintos países incentivan la realización de las actividades experimentales [6, 7, 8, 9, 10]. En el contexto cubano, los programas de la asignatura de Física son los mismos para todo el país e incluyen dentro de los contenidos y objetivos para cada unidad de estudio, las propuestas de actividades experimentales (demostraciones y prácticas de laboratorio) que potencialmente se llevarán a efecto dependiendo del instrumental de laboratorio que posea la escuela y de la preparación de los profesores para acometer esa labor.

En Cuba muchas escuelas de Enseñanza Media recibieron un conjunto de instrumentos de laboratorio de Física (dotación de laboratorio) con el cual pueden hacerse prácticas en los tres años de esa enseñanza. El primer curso de utilización del mismo fue el curso académico 2011-2012. Lo anterior constituye el contexto en el cual se realiza la

presente investigación. Los objetivos de la misma es obtener un panorama de la ocurrencia y desarrollo de las actividades experimentales de Física en escuelas de Enseñanza Media de la provincia de Santiago de Cuba, y el papel que alumnos y profesores atribuyen a tales actividades.

II. METODOLOGÍA

La investigación sobre el estado actual del trabajo experimental en la asignatura de Física en la Enseñanza Media en la provincia de Santiago de Cuba constituye una investigación cualitativa, que organiza y analiza los datos de las encuestas y las entrevistas seleccionando categorías de acuerdo con las bases originarias. El análisis de las entrevistas obedece a un estudio descriptivo ya que busca identificar algunos elementos y características inherentes al proceso de actividad experimental en las escuelas.

La muestra estuvo constituida por alumnos y profesores que fueron entrevistados y respondieron una encuesta en el curso académico 2011-2012. Los mismos son oriundos de seis escuelas que son denominadas como A, B, C, D, E y F, notación que obedece a la situación geográfica a partir del centro de la ciudad del mismo nombre (capital de la provincia) a la cual pertenecen las cinco primeras y la última está ubicada en una zona rural. La Tabla I resume la información de las escuelas y de las cantidades de alumnos y profesores que participaron en la investigación especificando cuáles instrumento respondieron.

Tabla I. Datos de las escuelas y de la muestra utilizada.

Esc.	Sit.	Lab.	Alum. (En.)	Prof. (En.)	Alum. (Ent.)	Prof. (Ent.)
A	Centro	Sí	26	5	6	2
B	Centro	Sí	18	5	3	2
C	Perif.	Sí	106	2	6	4
D	Perif.	Sí	27	2	4	2
E	Perif.	No	61	3	-	-
F	Prov.	No	30	1	-	-
Total			268	18	19	10

Leyenda: Esc.: Escuela, Sit.: Situación geográfica, Lab.: Dotación de laboratorio, En.: Encuesta, Prof.: Profesor, Alum.: Alumno, Ent.: Entrevista.

Como se observa, la población objeto de estudio consiste en: 268 alumnos cuyas edades están comprendidas entre los quince y dieciocho años de edad, correspondientes a los tres años de la Enseñanza Media; y 18 profesores de los tres niveles anteriores con experiencias profesionales diferentes, algunos que recién comienzan su vida profesional y otros con muchos años en la docencia media.

Todos los alumnos y profesores fueron encuestados y se escogieron aleatoriamente 19 alumnos y 10 profesores para ser entrevistados, pertenecientes a escuelas con dotaciones de laboratorio, tanto céntricas como periféricas, de la ciudad de Santiago de Cuba. Las preguntas de los cuestionarios y

de las entrevistas relacionadas con el trabajo experimental aplicadas a los alumnos y profesores aparecen descritas abajo.

Preguntas de las encuestas aplicadas a alumnos

1. ¿Su escuela tiene laboratorio de Física? Sí () No ()
2. ¿Usted realiza experimentos de Física en su escuela?
Sí () No ()
3. ¿Con qué frecuencia usted realiza experimentos de Física en su escuela? Nunca () Algunas veces () Casi siempre () Siempre ()
4. Cuando su profesor realiza experimentos de física usted, Solamente observa () Observa y participa ()
5. ¿De qué manera usted participa en los experimentos?

Preguntas de las encuestas aplicadas a profesores

1. ¿En su escuela tienen laboratorio de física? Sí () No ()
2. ¿Usted hace experimentos de física con sus alumnos?
Sí () No ()
3. ¿Con qué frecuencia usted hace experimentos de Física con sus alumnos?
Nunca () Algunas veces () Casi siempre () Siempre ()
4. Cuando usted realiza experimentos de Física, sus alumnos:
Solamente observan () Observan y participan ()
5. ¿De qué manera los alumnos participan del experimento?

Preguntas de las entrevistas aplicadas a alumnos y profesores.

1. ¿Usted hace experimentos en su escuela?
2. ¿Con qué frecuencia usted hace esos experimentos?
3. ¿De qué forma usted participa de los experimentos en su escuela?
4. ¿Usted cree que las actividades experimentales ayudan en su aprendizaje? Cómo?

Preguntas de las entrevistas aplicadas a profesores.

1. ¿Cuál es la importancia de realizar experimentos de Física en las clases?
2. ¿Cuáles beneficios pueden ocasionar los experimentos de Física a los alumnos?
3. ¿Usted tiene alguna dificultad para realizar experimentos en su escuela?

Para el análisis de los resultados de las preguntas 1, 2, 4 y 5 en las encuestas de los alumnos y de los profesores se utilizó un procedimiento de estadística descriptiva (media y porcentaje) de modo que fuesen denotados los datos o las informaciones que ocurren con mayor frecuencia.

La pregunta 3 de la encuesta se formula según la escala Likert [11] de cuatro puntos (nunca, algunas veces, casi siempre y siempre) con la finalidad de conocer la frecuencia de realización de los experimentos de Física. Se calculan las puntuaciones medias para cada categoría de respuesta, para cada escuela y la global, a partir de una escala de valores desde 1 hasta 4 para las categorías “nunca” y “siempre”,

respectivamente, de esta forma le corresponde 2 a “algunas veces” y 3 a “casi siempre”.

Se utiliza la puntuación media como un índice para conocer las frecuencias de realización de los experimentos en cada escuela y la frecuencia global para el total de ellas, según los criterios de los alumnos y de los profesores, así como hacer comparaciones entre las escuelas dependiendo de sus características en la provincia de Santiago de Cuba. Se asumió el valor de 2,5 como una frecuencia “neutral” ya que es el valor central del intervalo asumido (desde 1 hasta 4) y, por tanto, este índice no se correspondería ni con “algunas veces” ni con “casi siempre”, siendo imposible designar una categoría en este caso específico.

Cuando las puntuaciones medias se encuentren entre los valores 2 y 3 se considera que es una frecuencia “intermedia”, siendo más cercana a “algunas veces” mientras menor sea el valor, o, a “casi siempre” cuando el valor sea más próximo a 3. En consecuencia de lo anterior, se considera que la frecuencia es “casi siempre” cuando la puntuación media sea igual o superior a 3 y que la frecuencia es “algunas veces” cuando la puntuación media sea igual o inferior a 2.

La pregunta 5 en las encuestas de los alumnos y de los profesores requirió la selección de las principales categorías extraídas de las diferentes respuestas de ambos sujetos, según la reiteración con que señalan una forma particular de participación de los alumnos en las clases de laboratorio impartidas por los profesores.

La información obtenida de las respuestas a las entrevistas fue clasificada teniendo en cuenta tres focos relativos a: 1) la influencia de los experimentos en la asimilación de los conocimientos y la motivación del alumno, 2) las ventajas que ofrecen al desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, y 3) las limitaciones actuales que presentan los profesores para la realización de los experimentos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados relativos a la actividad experimental desde la óptica de los alumnos y de los profesores teniendo en cuenta: 1) las condiciones de realización de los experimentos y cómo se implican ambos sujetos en la dinámica de esta actividad, 2) sus percepciones del papel que juegan los experimentos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, y 3) los factores que impiden su óptimo desarrollo.

Actividades experimentales en clase de Física: su ocurrencia y desarrollo según los criterios de los alumnos y los profesores

En el caso de las seis escuelas que forman parte de este estudio, cuatro tienen laboratorio de Física y dos no, según los criterios de los alumnos y de los profesores, como se muestra en el Tabla II. Del total de escuelas analizadas, la mayor cantidad de alumnos y profesores con porcentajes de

65,7% y 77,7% señalan que poseen laboratorios de Física y solo 34% y 22,2% refieren no poseerlos, respectivamente. Estos porcentajes corresponden fundamentalmente a las escuelas E y F, que carecen de dotación de laboratorio, lo que potencialmente las coloca en condiciones desfavorables para un eficiente desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, comparado con las escuelas que poseen los instrumentos y realizan los experimentos.

TABLA II. Porcentajes de existencia de laboratorio de Física en las escuelas.

Esc.	Criterio del Alumno			Criterio del Profesor		
	Lab. Sí	Lab. No	R. No	Lab. Sí	Lab. No	R. No
A	100	0	0	100	0	0
B	100	0	0	100	0	0
C	100	0	0	100	0	0
D	96,3	0	3,7	100	0	0
E	0	100	0	0	100	0
F	0	100	0	0	100	0
Tota	65,7	34,0	0,3	77,7	22,2	0

Leyenda: Esc.: Escuela, Lab.: Laboratorio, R.: Respuesta.

El hecho de que una escuela tenga dotación de laboratorio no es una condición *sine qua non* para que los alumnos y/o los profesores realicen experimentos, por lo que se investiga la realización o no por ambos sujetos. Los resultados para cada una de las escuelas y el total, según los criterios de los alumnos y los profesores, se muestran en la Tabla III.

A las cuatro escuelas de la ciudad de Santiago de Cuba que poseen dotación de laboratorio les corresponden los mayores porcentajes de alumnos que expresan que “sí realizan experimentos”, destacándose la escuela D con 88,9%. Todos los profesores de estas escuelas responden afirmativamente, excepto un profesor de la escuela B que, a pesar de poseer instrumentos de laboratorio, no realiza experimentos con sus alumnos.

Los mayores porcentajes de “no realización de experimentos” reportados por los alumnos corresponden a las escuelas E y F, que no poseen dotación de laboratorio; sin embargo, es de destacar que en la primera, a pesar de esta situación, algunos alumnos manifiestan que realizan experimentos. Una situación similar ocurre con los profesores, presentándose una excepción, contrapuesta a la de la escuela B, donde un profesor de la escuela E realiza experimentos con sus alumnos valiéndose de sus propios medios.

De los totales de alumnos y profesores, 53,4% y 77,7% afirman “realizar experimentos”, correspondiéndoles 42,9% y 22,2% que responden “no realizarlos”, respectivamente. Este último porcentaje de alumnos se considera significativo, indicando una pobre actividad experimental general con la consecuente falta de formación de habilidades experimentales.

TABLA III. Porcentajes de realización de experimentos por los alumnos.

Esc.	Criterio del Alumno			Criterio del Profesor		
	Real. Exp.	No Real. Exp.	R. (No)	Real. Exp.	No Real. Exp.	R. (No)
A	57,7	38,5	3,8	100	0	0
B	77,8	22,2	0	80	20	0
C	71,7	26,4	1,9	100	0	0
D	88,9	0	11,1	100	0	0
E	23	71,9	1,7	33,3	66,6	0
F	0	96,7	3,3	0	100	0
Total	53,4	42,9	3,8	77,7	22,2	0

Leyenda: Esc.: Escuela, Real.: Realiza, Exp.: Experimento, R.: Respuesta.

El hecho de que un alumno responda afirmativa o negativamente a la realización de experimentos depende de algunos factores tales como: la concepción del alumno, el liderazgo que posea en el aula respecto a la asignatura, las características del profesor, número de alumnos de la escuela, tenencia o no de instrumentos, entre otros.

En consecuencia con lo anterior, resulta interesante comprender mediante las respuestas a las preguntas de la entrevista qué conciben los alumnos por realizar experimentos. Las siguientes respuestas son ilustrativas (subrayado y comentarios nuestros).

Yo he hecho [...] como soy monitora, él [se refiere al profesor] me cogía y me llevaba al laboratorio y hacía los experimentos, o si no, lo hacíamos con una cámara para que todos vieran [...] (Alumno de la escuela A)

Sí, hay clases que son propicias [...] el profesor nos lleva al laboratorio y hacemos los experimentos, y también clases que lleva algunos instrumentos al aula y allí junto con el profesor hacemos experimentos y entendemos mejor las cosas que nos explica [...] he manipulado a veces [...] en una ocasión, con unos alambres grandes para ver la resonancia y esos sí los utilicé. (Alumno de la escuela B).

Sí, ella [se refiere a la profesora] nos manda a hacer experimentos y eso es lo que motiva a los muchachos, entiende? [...] no tanto ver, no tanto lo teórico, sino lo práctico y el laboratorio. Muchos experimentos que ella manda a hacer en la casa y después explicarlos, hicimos sobre los diferentes procesos de la luz, la difracción, la interferencia. ¿En el laboratorio?, ahí solo observamos (Alumno de la escuela C).

Se evidencia de estas expresiones que no es generalizable a todos los alumnos la realización de experimentos en la escuela. El alumno de la escuela A, en su condición de “monitora”, los realiza, pero el resto de los alumnos solamente observa. El alumno de la escuela B se refiere a que “hacemos experimentos junto al profesor” en el laboratorio y en una demostración en clase, sin embargo, refleja que es infrecuente la manipulación de los instrumentos. Y el alumno de la escuela C hace experimentos en su casa orientados por la profesora, pero en el laboratorio solo observa. En ninguno de los casos se explicita que las actuaciones de los alumnos satisfagan los requerimientos de una “actividad científica”, incumpliendo

lo señalado por Schwab en 1962 (citado en [12]) en cuanto a que la enseñanza de la ciencia debe involucrar “su propia naturaleza” y tomar la forma de investigación científica. Otros alumnos son categóricos al negar que realicen experimentos, como por ejemplo:

No hago experimentos, por eso quiero que se incrementen las actividades experimentales (Alumno de la escuela B).

Del resultado anterior se evidencia que algo más de la mitad de la muestra investigada (alumnos y profesores) realiza experimentos de Física, pero para que las habilidades experimentales se formen de manera adecuada debe haber sistematicidad en el proceso de formación. De ahí que conocer la frecuencia de realización de los experimentos es importante. Esto se logra mediante el cálculo de la puntuación media por escuela y las puntuaciones medias globales mostradas en la Tabla IV, según los criterios de alumnos y profesores.

La escuela mejor puntuada por los alumnos es la escuela B, con una puntuación media de 3,08 realizando experimentos “casi siempre”, siguiéndole la escuela C, con 2,33, por lo que su frecuencia es “intermedia” considerando que los alumnos tienden a hacer los experimentos “algunas veces”. Las demás escuelas obtienen puntuaciones medias inferiores a 2, conceptuándose que los alumnos realizan experimentos “algunas veces”, sin embargo, se hacen las excepciones siguientes: en la escuela E, más lejana del centro de la ciudad de Santiago y cuyo índice es de 1,24, se considera que prácticamente “no realizan” experimentos y en la escuela rural F, con puntuación media de 1 (caso límite), “nunca” realizan experimentos.

Las mayores frecuencias, según los profesores, se obtienen para las escuelas C y D, correspondiéndoles la puntuación media de 2,5, y para ambas la frecuencia es “neutral”. Les siguen las escuelas A y B con el mismo índice 2,2, cuyas frecuencias son “intermedias”, por lo que los profesores tienden a realizar experimentos “algunas veces”, aproximándose al resultado obtenido con los alumnos en el caso de la primera escuela, pero siendo diferente para la segunda, ya que esta fue la mejor puntuada por ellos. Los índices obtenidos para las escuelas E y F son los menores y prácticamente coincidentes con los obtenidos con los alumnos, resultado que puede estar determinado por la situación de no poseer las infraestructuras necesarias para la actividad experimental.

Las puntuaciones medias globales de 1,79 y 1,98 obtenidas de los criterios de alumnos y profesores, respectivamente, permiten evaluar la frecuencia general de realización de experimentos para ambos de “algunas veces”. Se considera que es una baja frecuencia, teniendo en cuenta que 77,7% de los profesores señalan que poseen laboratorio de física con los instrumentos necesarios para realizar experimentos. Esta situación debe conllevar a una deficiente formación de habilidades en los alumnos inherente a la experimentación.

TABLA IV. Puntuación media de frecuencia de realización de los experimentos.

Escuela	Puntuaciones medias	
	Criterio del Alumno	Criterio del Profesor
A	1,68	2,2
B	3,08	2,2
C	2,33	2,5
D	1,54	2,5
E	1,24	1,2
F	1	1
Total	1,79	1,98

El resultado anterior se ve reflejado en las expresiones de los siguientes alumnos (subrayado y comentarios nuestros):

Cada vez que damos una clase, nos manda un sistema de ejercicios, entonces de ahí venimos al laboratorio. Más o menos cada 15 días. (Alumno de la escuela A).

Algunas veces los hacemos [...] lleva [se refiere al profesor] los instrumentos, si no los lleva más a menudo sería porque no hay muchos instrumentos, siempre que la clase lo requiere y está a su alcance, él los lleva o, si no, nos lleva al laboratorio y allí los vemos. (Alumno de la escuela B)

Hacemos uno, dos o tres experimentos por unidad, pero con un poquito más de experimentos que nos enseñen uno se ve mejor preparado. (Alumno de la escuela C)

Estos alumnos dan a entender de diferentes formas que los experimentos no los realizan frecuentemente, siendo explícita la categoría de “algunas veces” en el alumno de la escuela B; y el alumno de la escuela C, a pesar de responder con cierta imprecisión, denota la necesidad de que se realicen un mayor número de experimentos.

Obtenido el resultado anterior, y con el conocimiento de las posibilidades de realización de experimentos por parte de los profesores, se indaga con estos y con los alumnos si solo observan la actuación del profesor o tienen participación en el transcurso de la actividad. El comportamiento de este aspecto por escuela y en total es mostrado en la Tabla V según los criterios de los alumnos y profesores.

De las escuelas de la ciudad de Santiago de Cuba, las escuelas B y C muestran los mayores porcentajes de “observación y participación” con 61,1% y 58,5% y 80% y 100%, según los criterios de los alumnos y los profesores, respectivamente, y se corresponden con la mayor puntuación de frecuencia de realización de experimentos según los alumnos vistas anteriormente.

Las escuelas A y D muestran los mayores porcentajes de solo “observación” con 61,5% y 51,9 % y 80% y 50% según alumnos y profesores, respectivamente. La escuela E muestra un alto porcentaje de “no respuesta” de alumnos y profesores, con 62,3% y 66,6%, respectivamente, y bajos porcentajes tanto de “observación” como de “observación y participación” reportados por los alumnos, resultados que son coherentes con los mostrados anteriormente para esta escuela.

Un comportamiento aún más crítico lo presenta la escuela F, con un porcentaje de 100% de “no respuesta” a la

pregunta de alumnos y profesores, lo cual puede estar influenciado por la no existencia de dotación de laboratorio. Pero, además, es un indicador de que el profesor no utiliza ningún medio alternativo para paliar la situación que presenta esa escuela y no hace ningún tipo de actividad experimental con sus alumnos.

De los totales de alumnos y profesores, 36,2% y 50%, respectivamente, afirman que los alumnos “observan y participan” en las actividades experimentales y el mayor porcentaje total de alumnos (39,9%) no responde esta pregunta, lo que representa un dato interesante. Este último resultado y el hecho de que los profesores que responden que los alumnos solo “observan” o no responden la pregunta representan 49,9% del total, lo que induce a pensar que no se propicia de manera general la adquisición de habilidades experimentales.

TABLA V. Porcentajes de observación y/o participación de los alumnos en los experimentos realizados por los profesores.

Esc.	Criterio del Alumno			Criterio del Profesor		
	Obs.	Obs. y Part.	R. (No)	Obs.	Obs. y Part.	R. (No)
A	61,5	34,6	3,8	80	20	0
B	16,6	61,1	22,2	0	80	0
C	14,2	58,5	27,4	0	100	0
D	51,9	29,5	18,5	50	50	0
E	26,2	11,5	62,3	0	33,3	66,6
F	0	0	100	0	0	100
Total	23,8	36,2	39,9	27,7	50	22,2

Leyenda: Esc.: Escuela, Obs.: Observa, Part.: Participa, R.: Respuesta

Tener un criterio del grado de participación de los alumnos cuando el profesor realiza los experimentos no ofrece la suficiente información del desempeño de los mismos en la actividad experimental, por lo que resulta necesario conocer las diferentes formas de participación aportando información del espectro de habilidades que los alumnos desarrollan. Las principales categorías de participación se muestran en las Tablas VI y VII según los criterios de alumnos y profesores, respectivamente.

En la Tabla 6 se observa que las habilidades principales y más comunes que los alumnos ejecutan cuando el profesor realiza los experimentos en casi todas las escuelas, según un orden decreciente de reiteración son: “observar”, “realizar preguntas”, “realizar experimentos” y “responder preguntas”. Las otras habilidades menos reiteradas no se contemplan en el cuadro. Se destaca la escuela C con el mayor número de habilidades, connotándose la “realización de experimentos” por los alumnos. Este resultado es coherente con el obtenido sobre la “observación y participación” en las actividades experimentales que realiza el profesor (ver Tabla V), lo que hace pensar en la participación activa de estos alumnos. Los resultados de “no respuesta” de las escuelas E y F son obvios ya que en la primera prácticamente no se realizan actividades

experimentales y, en la segunda, simplemente no se realizan.

El 51,8% del total de los alumnos no responde la pregunta, lo que es significativo y puede deberse a que los mismos no conocen cuáles habilidades están desarrollando cuando asisten a una clase de laboratorio de Física impartida por el profesor.

De la Tabla VII se observa que de las principales categorías referidas a las habilidades que ejecutan los alumnos según los profesores, la “observación”, “anotaciones” y “conclusiones” se encuentran en un mismo orden de reiteración, mientras que una sola de ellas (“montajes sencillos”) es la menos reiterada y es la que involucra la formación de habilidades manipulativas.

No responden la pregunta ocho profesores (44 %) y más de la mitad de ellos posee dotación de laboratorio en sus escuelas y refiere realizar experimentos con sus alumnos (ver Tabla III), sin embargo parece que desconoce cuáles habilidades están adquiriendo los mismos en las clases de laboratorio, resultado análogo al obtenido con los alumnos.

TABLA VI. Principales categorías referidas a la forma de participación de los alumnos en los experimentos que realiza el profesor. Criterio de los alumnos.

Escuela	Habilidades						
	Cant. (Alum.)	1	2	3	4	5	6
A	26	6	5	0	0	0	5
B	18	5	4	4	0	4	0
C	106	12	18	6	11	0	13
D	27	4	0	7	0	0	4
E	61	8	2	0	1	1	1
F	30	0	0	0	0	0	0
Total	268	35	29	17	12	5	18

Leyenda: Cant.: Cantidad, Alum.: Alumnos, 1: Realiza observación, 2: Realiza pregunta, 3: Responde pregunta, 4: Realiza conclusión, 5: Realiza anotación, 6: Realiza experimento, 7: No responde.

TABLA VII. Principales categorías referidas a la forma de participación de los alumnos en los experimentos que realiza el profesor. Criterio de los profesores.

Escuela	Habilidades					
	Cant. (Prof.)	1	2	3	4	5
A	5	3	1	1	1	0
B	5	1	1	3	2	1
C	2	0	1	0	1	0
D	2	0	0	0	0	1
E	3	0	0	0	0	0
F	1	0	0	0	0	0
Total	18	4	3	4	4	2

Leyenda: 1: Esc.: Escuela, Cant.: Cantidad, Prof.: Profesores, 1: Realiza observación, 2: Realiza pregunta, 3: Realiza anotación, 4: Realiza conclusión, 5: Realiza montaje sencillo, 6: No responde.

Los resultados anteriores son avalados por las siguientes expresiones de los alumnos (subrayado y comentarios nuestros):

Bueno, aunque tú no estés directamente haciendo el experimento casi siempre se forma un debate porque haces preguntas, el profesor las hace y tú respondes, de dudas que puedan establecerse [...] todo el mundo está participando del experimento, y se pueden demostrar otros experimentos, hay veces que se nos ocurren cosas. (Alumno de la escuela A)

Sí observando, hablando mucho, le pregunto al profesor, me intereso por la asignatura porque me gusta. (Alumno de la escuela B)

Participando, levantando la mano, si no un ejemplo, ella [se refiere a la profesora] nos dice "sujetan aquí para que vean esto" y nosotros la ayudamos, con los paneles solares [...], cómo crear la onda, uno siempre aprende observando y prestando atención a todo. (Alumno de la escuela C).

Las expresiones anteriores revelan algunas de las diferentes formas de participación de los alumnos en las clases de laboratorio. El alumno de la escuela A afirma que no realiza el experimento y señala que "hace y responde preguntas" (categorías 2 y 3), y algo importante cuando expresa que "hay veces que se nos ocurren cosas" pues se refiere al desarrollo de la creatividad, lo que se interpreta como la generación de ideas relacionadas con el fenómeno que se muestra.

La alumna de la escuela B deja claro su afectividad por la asignatura de Física e igual que la alumna de la escuela C expresan que una de las formas de participación es la "observación" (categoría 1), pero unida a esta las alumnas realizan otras acciones. Esta última alumna interviene en el experimento que realiza la profesora ayudándola, lo que puede interiorizarse en ella como que está "realizando el experimento", criterio que parece estar extendido en otros alumnos.

Actividades experimentales en las clases de Física: la concepción del alumno y del profesor

Los resultados cualitativos obtenidos de las entrevistas a alumnos y profesores revelan sus criterios sobre la actividad experimental. Con la finalidad de sistematizar la información, se ha agrupado teniendo en cuenta los siguientes focos: "Influencia de las actividades experimentales en la asimilación del conocimiento y el incremento de la motivación en los alumnos", "Las actividades experimentales como facilitadoras del proceso de enseñanza-aprendizaje" y "Limitaciones de los profesores para el desarrollo de la actividad experimental".

Influencia de las actividades experimentales en la asimilación del conocimiento y el incremento de la motivación en los alumnos

De las respuestas de los alumnos y profesores entrevistados se seleccionaron las principales categorías relacionadas con la influencia de las actividades experimentales en la

asimilación del conocimiento de los alumnos, teniendo en cuenta que estas actividades son partes centrales de la construcción de los conocimientos y, por tanto, un área esencial para la identificación de los criterios epistemológicos que subyacen en las acciones de enseñanza [12]. Las categorías según los criterios de los alumnos y profesores aparecen en la Tabla VIII.

TABLA VIII. Principales categorías relacionadas con la influencia de las actividades experimentales en la asimilación del conocimiento y el incremento de la motivación.

	Criterio del Alumno	Criterio del Profesor
Categorías	1. Memorización de los conocimientos. 2. Comprensión de los conocimientos. 3. Interiorización del significado del contenido. 4. Incremento de la autoestima del alumno.	1. Percepción del fenómeno. 2. Memorización de los conocimientos. 3. Comprensión de los conocimientos. 4. Motivación por la asignatura y por la profesión. 5. Reflexión. 6. Realización de preguntas. 7. Capacidad de relacionar diferentes hechos y fenómenos.

Algunas de las categorías anteriores se ven reflejadas en las siguientes expresiones de alumnos y profesores (subrayado nuestro):

La física [...] estudia los fenómenos de la naturaleza, pero si el alumno no los ve, él puede tener mucho nivel de abstracción, pero el órgano de la visión, la percepción es una de las cosas más fundamentales, que más fija el conocimiento, entonces ahí la importancia de los experimentos [...] yo tengo una anécdota: cuándo dimos campo magnético aquí hay un equipo, es un haz de partículas y cuando actúan las fuerzas magnéticas se desvía [...] y a los alumnos les llamó tanto la atención que dijo uno: "profé, yo me sentí un alumno del primer mundo", ellos piden: "¿cuándo vamos al laboratorio?" [...] ha despertado cantidad el interés hacia la asignatura y la comprenden mejor. (Profesor de la escuela A).

Los experimentos representan el setenta por ciento de que los alumnos comprendan lo que se les está explicando, porque está el contacto directo [...] cuando se tiene una demostración los motiva, y te hacen preguntas de otras cosas porque se parece a algo que han visto en la vida, asocian enseguida. (Profesor de la escuela B).

La importancia que tienen los experimentos de física para los alumnos [...], observar los fenómenos [...] permiten manipular los instrumentos [...] al relacionarse con los mismos los puede motivar a escoger una carrera relacionada con alguna rama de la ciencia. (Profesor de la escuela D).

Los experimentos hacen que uno fije mejor los conocimientos porque es algo que llaman la atención, y

Guillaron, J. J., Lourenço, A. B., Méndez, L. M., Hernandes, A. C.
hacen que uno recuerde y comprenda mejor el contenido.
 (Alumno de la escuela A).

Las actividades experimentales ayudan en nuestro aprendizaje porque, muchas veces, hablamos mucho teóricamente sobre los contenidos [...] pero al hacerlo con experimentos vamos interiorizando el significado de cada uno. (Alumno de la escuela C).

Los experimentos nos ayudan porque podemos saber cómo relacionar una cosa con otra, diferentes tipos de experimentos que me ayudan en nuestro propio hogar, en la calle, poder relacionar, saber de dónde proviene, cómo proviene y de la forma en que se puede utilizar (Alumno de la escuela D).

De las expresiones de los profesores de las escuelas A y B se desprende la importancia de la realización de experimentos ya que permite al alumno la “percepción” del fenómeno, el “contacto directo”, con una consecuente mejor memorización (“fija el conocimiento”), coincidiendo esta frase con la del alumno de la primera escuela. La percepción es la fuente primaria de la formación de los modelos mentales [13]. En la primera expresión del alumno relatada por el profesor de la escuela A se percibe la elevación de su autoestima. El aspecto de la comprensión es señalado por ambos profesores y por el alumno de la escuela A.

Hay dos aspectos importantes expresados por el profesor de la escuela B: la estimulación de las preguntas en el alumno ya que el punto de partida del conocimiento científico está en la formulación de preguntas precisas y profundas [14] y la posibilidad de relacionar el fenómeno que percibe con otros de su vivencia, también señalado por el alumno de la escuela D, condición para un aprendizaje significativo al relacionar el nuevo material con su estructura cognoscitiva de manera sustancial y no arbitraria [15]. En las actividades experimentales es más importante poner énfasis en la construcción de significados que en la transmisión de conocimientos, aspecto que parece lograrse según la expresión de la alumna de la escuela C. Lograr una estructura de trabajo coherente caracterizada por conexiones entre conceptos, representaciones formales y el mundo real significa trascender la enseñanza tradicional [16].

Los profesores de las escuelas A y D expresan el efecto motivador del experimento en el alumno, “un despertar en el interés por la asignatura y la comprensión del contenido” que puede conducir, incluso, a la motivación por la profesión, como expresa el profesor de la escuela D, ya que es necesario propiciar el estímulo de vocaciones tempranas de las y los jóvenes hacia la ciencia [17].

Las actividades experimentales como facilitadoras del proceso de enseñanza-aprendizaje

En la Tabla IX se resumen las categorías con relación a la ayuda que aportan las actividades experimentales en la dinámica de las clases, según los criterios de los alumnos y de los profesores, teniendo en cuenta la unidad dialéctica enseñanza-aprendizaje.

TABLA IX. Principales categorías relacionadas con las actividades experimentales que facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje.

	Criterio del Alumno	Criterio del Profesor
Categorías	1. Comprensión y aprendizaje de lo teórico. 2. Atención a las clases. 3. Credibilidad en la asignatura y su relación con la vida. 4. Valoración del profesor y sus clases. 5. Comprensión de cómo funcionan las cosas. 6. Motivación.	1. La impartición de la asignatura. 2. El aprovechamiento del alumno. 3. El proceso de formación del conocimiento a partir del fenómeno concebido como problema. 4. Transición del aprendizaje reproductivo a un nivel superior. 5. Cosmovisión de los fenómenos de la naturaleza. 6. Independencia del alumno. 7. Elaboración de hipótesis. 8. Realización de predicciones.

Algunas de las categorías anteriores se ven reflejadas en las siguientes expresiones de alumnos y profesores (subrayado y comentarios nuestros):

Bueno, [...] le voy a poner el ejemplo del campo magnético, cuando realizamos la comprobación parcial [prueba parcial], una de las cosas en que más dificultad tiene el alumno es en la aplicación de la mano derecha [...] y no hubo ninguna dificultad, porque decían: “profesor me acuerdo cuando fuimos al laboratorio”, no es mostrar por mostrar porque aplicamos el contenido: si el haz de partículas se mueve hacia allá, preguntamos: ¿hacia dónde pondríamos la mano?, la fuerza va hacia arriba y se desvía el haz de esta manera [...] facilita la impartición de la asignatura. (Profesor de la escuela A).

El experimento le da la cadena real del conocimiento: fenómeno y solución problemática de ese fenómeno, si no domina el fenómeno, él [se refiere al alumno] podría llegar a un nivel reproductivo, pero no podría explicar porque no conoce el fenómeno. (Profesor de la escuela B).

Una mayor independencia, una mayor cosmovisión de los fenómenos de la naturaleza y, al tener eso, logran una autovaloración, reflexión, elaborar hipótesis, rectificar, prever. (Profesor de la escuela C).

Lo práctico es imprescindible para nosotros entender y aprender lo teórico, [...] y hemos realizado unos cuantos experimentos que gracias a ellos, los estudiantes se han motivado mucho más y le han prestado mucha atención a las clases. (Alumno de la escuela B).

Los experimentos nos ayudan porque podemos ver que la Física no es una asignatura fantasma, sino que existe, que se relaciona con la vida [...] (Alumno de la escuela C).

Él [se refiere al profesor] con los experimentos da a entender que la Física no es mala como la gente dice, sino que nos ayuda [...] de una forma que nos hace a nosotros sentirnos orgullosos, tanto del profesor que tenemos, como de las clases en general. (Alumno de la escuela D).

Como expresa el profesor de la escuela A, los experimentos facilitan la impartición y el aprovechamiento de la asignatura ya que constituyen una actividad de clase

esencial para la enseñanza de las ciencias (De Boer, 1991, citado en [18]) e “imprescindible para entender lo teórico”, como apunta el alumno de la escuela B. Mientras, el profesor de esta misma escuela hace referencia al proceso de formación del conocimiento partiendo del fenómeno asumido como un problema experimental que el alumno debe resolver y rebasar la mera reproducción del conocimiento, situación en la cual se genera la actividad cognitiva dirigida hacia determinadas finalidades didácticas y metodológicas [19] que ayudan a superar el aprendizaje memorístico/mecánico y aproximarse al aprendizaje significativo [19].

El profesor de la escuela C apunta al logro de la independencia de los alumnos y la adquisición de habilidades científicas, las cuales deben conducir a que los mismos sean capaces de razonar una data experimental, construir modelos, diseñar experimentos para probar hipótesis, trabajar en grupo, entre otras [20]. Como apuntan estas autoras: utilizar el contexto de la Física para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades que van a utilizar más tarde en sus vidas.

Los alumnos de las escuelas D y C desmitifican la Física con las expresiones de que no es una asignatura “fantasma” ni “mala”, preconceptos comunes que han disminuido en los alumnos con la realización de los experimentos. En el primer caso se percata de la “relación con la vida” y en el segundo se manifiesta el aspecto afectivo en la valoración que hace de su profesor y sus clases.

Limitaciones de los profesores para el desarrollo de la actividad experimental

Por último, se hace un análisis de las principales dificultades que presentan en la actualidad los profesores para la realización de los experimentos. Las categorías extraídas de las entrevistas a los profesores aparecen en la Tabla X.

TABLA X. Principales categorías que dificultan la realización de las actividades experimentales según los criterios de los profesores.

Categorías	1. Infraestructura de laboratorio: locales e instrumentos.
	2. Preparación en los profesores en ejercicio.
	3. Formación pre-profesional en habilidades experimentales.
	4. Curso de actualización profesional.

Las expresiones siguientes son explícitas:

Todavía no tenemos todo el equipamiento necesario, hay demostraciones que se nos quedan [...], pero aquí tenemos un colectivo de profesores con mucha experiencia en los laboratorios, hemos tenido el apoyo de la universidad [...], a veces no tenemos un equipo, pero buscamos una variante, pero todavía no estamos como queremos, además de esto es un solo laboratorio y son muchos grupos. (Profesor de la escuela A).

En estos momentos me siento capacitada en muchas teorías, pero en lo práctico me falta todavía preparación

porque hay equipos que estoy conociendo este curso [...], estamos con falta de un curso de laboratorio que sea impartido por profesionales que tengan más dominio de estos equipos [...] nos enfrentamos a veces sin preparación y los errores de medición que puedan existir en un experimento a veces se nos hacen errores de comprensión [...]. (Profesor de la escuela C).

Mi preparación en el “Pedagógico”, por lo menos en mi año, existían los laboratorios pero no se realizaban las suficientes prácticas como para aprender, y por eso hay equipos que vinieron muy modernos [...] y hay que ir poco a poco, hay algunos contenidos que son menos fuertes y los medios son más accesibles y sabemos cómo hacerlo y nos hemos hecho fuertes en ellos, pero hay otros que no, aunque tenemos equipos para los tres grados [...] (Profesor de la escuela D).

La profesora de la escuela A pone de manifiesto que poseen un solo laboratorio y muchos grupos (categoría 1), sin embargo, la experiencia del colectivo de profesores y la colaboración de la universidad ha permitido la realización de los experimentos. Esta situación contrasta con la expresada por los otros dos profesores, donde existen limitaciones en la preparación de los mismos (categoría 2), y se hace explícita en el profesor de la escuela D, con deficiencias en su formación de pregrado (categoría 3). De la expresión del profesor de la escuela C, se evidencia la necesidad de que sea impartido un curso de capacitación sobre el trabajo experimental a tono con lo expresado por López (pág. 440, [21]):

El docente [...] reflexiona permanentemente sobre su práctica, sobre cómo adaptar mejor los programas y la propia gestión de los procesos educativos, para responder a las demandas de la sociedad, encarar el análisis funcional de la propia ocupación y gestionar su personal aprendizaje y actualización permanente.

IV. CONCLUSIONES

No existe una distribución uniforme de los instrumentos de laboratorio en las escuelas estudiadas, entre las cuales se ven desfavorecidas las dos escuelas más alejadas de la ciudad de Santiago de Cuba, donde se realizan muy pocas actividades experimentales (escuela E) o no se realiza ninguna (escuela F). Sin embargo, se evidencia que la iniciativa y gestión del profesor es un factor importante para minimizar las dificultades por carencia de instrumentos y poder realizar algún tipo de experimento con los alumnos, tal es el caso del profesor de la escuela E. En el resto de las escuelas, la frecuencia de realización de actividades experimentales es baja por resultar insuficiente la infraestructura de laboratorio con respecto a la cantidad de alumnos.

En las escuelas que poseen dotación de laboratorio se realizan demostraciones cualitativas caracterizadas por un papel del alumno fundamentalmente como observador de lo que ejecuta el profesor, para luego construir explicaciones,

pero que no permiten el desarrollo de “habilidades científicas” como el diseño de experimentos, la prueba de hipótesis y la solución de problemas, entre otras [22]. Sin embargo, la introducción de las demostraciones experimentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje ha provocado un incremento en la comprensión, la motivación y el aprovechamiento de los alumnos. Esto debe incentivar la búsqueda de vías metodológicas para desarrollar habilidades manipulativas integradas a otras experiencias metacognitivas de aprendizaje que incorporen la “manipulación de ideas” para promover el aprendizaje de la ciencia [23].

Se evidencia la falta de algunas competencias profesionales en los profesores para la óptima utilización del equipamiento de laboratorio, en muchos casos heredadas de la formación de pregrado, por lo que se requiere la implementación de cursos de capacitación orientados para aquellos profesores con mayores dificultades, pero teniendo en cuenta que *el desarrollo profesional docente y la mejora de la escuela constituyen las dos caras de una misma moneda* [pág. 134, 24].

Las limitaciones anteriores son compartidas por varios países y contribuyen con el desinterés de los jóvenes por las carreras científicas, lo que motivó que en la XVIII Cumbre Iberoamericana de Presidentes (2008) se declarara como necesidad perentoria *impulsar programas que promuevan la enseñanza de la ciencia y la tecnología [...] con miras a garantizar la formación y transición de nuevas generaciones de investigadores, innovadores y científicos en nuestros países iberoamericanos* (pág. 169, [17])

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con la subvención del Proyecto de Investigación CAPES/MES (n° 109/10).

A todos los alumnos, profesores y funcionarios del Ministerio de Educación de la provincia de Santiago de Cuba por su colaboración en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Carrascosa, J., Daniel Gil Pérez, D., Amparo Vilches, A., Valdés, P., *Papel de la actividad experimental en la educación científica*, Cad. Brás. Ens. Fís. **23**, 157-181, (2006).
- [2] Bernardino Lopes, J., *Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos*, Enseñanza de las Ciencias **20**, 115-132 (2002).
- [3] Gil Pérez, D. y Valdés Castro, P., *La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo*, Enseñanza de las Ciencias **14**, 155-163 (1996).
- [4] Zômpero, A. F., Passos, A. Q. Carvalho, L. M., *A docência e as atividades de experimentação no ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental*, Experiências em Ensino de Ciências **7**, 43-54 (2012).

- [5] Hofstein, A. y Lunetta, V. N., *The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century*, Science Education **88**, 28-54 (2004).
- [6] BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, (MEC, SEMTEC, Brasília, 2002).
- [7] República de Cuba, Ministerio de Educación, *Programas de Física de Décimo Grado*, (MES, La Habana, 2004), pp. 31-62.
- [8] República de Cuba, Ministerio de Educación, *Programas de Física de Onceno Grado*, (MES, La Habana, 2004), pp. 29-65.
- [9] República de Cuba, Ministerio de Educación, *Programas de Física de Duodécimo Grado*, (MES, La Habana, 2006), pp. 37-53.
- [10] Guillaron Lláser J. J., Méndez Pérez L. M., Baffa Lourenço, A., Hernandez, A. C., *Estudio de la orientación para el ingreso a las carreras de física y de los criterios de estudiantes de enseñanza media sobre los modos de actuación del físico: resultado de un proyecto de colaboración entre Brasil y Cuba*. Disponible en: http://tiberio.uh.cu/sites/default/files/Trabajos/LAJPE_TIBERO_ULTIMOpdf.pdf
- Fechas de visita: 21 noviembre de 2012.
- [11] Marbá-Tallada, A. y Márquez Bargalló, C., *Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO*. Enseñanza de las Ciencias **28**, 19-30 (2010).
- [12] Kang, N-H., Wallace, C., *Secondary Science Teachers' Use of Laboratory Activities: Linking Epistemological Beliefs, Goals, and Practices*, Science Teacher Education **89**, 140-165 (2004).
- [13] Bravo, S., Pesa, M., Sahelices, C., *Representaciones de los alumnos universitarios sobre propagación de ondas mecánicas*, Enseñanza de las Ciencias **27**, 405-419 (2009).
- [14] Torres, T., Duque, J., Ishiwa, K., Sánchez, G., Solaz-Portolés, J. J. y SanJosé, V., *Preguntas de los estudiantes de educación secundaria ante dispositivos experimentales*, Enseñanza de las Ciencias **30**, 49-60 (2012).
- [15] Osterman, F., Moreira, M. A., *Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores*, Enseñanza de las Ciencias **18**, 391-404 (2000).
- [16] Follari, B., Lambrecht, C., Dima, G., Perrotta, M., Carola, M., *Cambios de energía en un sistema debido a la transferencia de energía por calor: una experiencia de laboratorio*, Latin American Journal of Physics Education, **6**, 89-98 (2012).
- [17] Polino, C., *Las ciencias en el aula y el interés por las carreras científico-tecnológicas: un análisis de las expectativas de los alumnos de nivel secundario en Iberoamérica*, Revista Iberoamericana de Educación **58**, 167-191 (2012).
- [18] Quintanilla, M., Joglar, C., Jara, R., Camacho, J., Ravanal, E., Labarrere, A., Cuellar, L., Izquierdo, M., Chamizo, J., *Resolución de problemas científicos escolares*

y promoción de competencias de pensamiento científico.

Qué piensan los docentes de química en ejercicio?, Enseñanza de las Ciencias **28**, 185-198 (2010).

[19] Guruceaga, A., González, F., *Un módulo instruccional para un aprendizaje significativo de la energía*, Enseñanza de las Ciencias **29**, 175-190 (2011).

[20] Karelina, A., Etkina, E., *Acting like a physicist: Student approach study to experimental design*, Physical Review Special Topics - Physics Education Research **3**, 020106 (2007).

[21] López, A., *Formación del educador: enfoque competencial*, Tendencias Pedagógicas, Universidad Autónoma de Madrid **14**, 433-442 (2009).

[22] Murthy, S. y Etkina, E., *Development of Scientific Abilities in a Large Class*, Disponible en: http://paer.rutgers.edu/scientificabilities/downloads/papers/perc2004murthy_etkina.pdf.

Fecha de visita: 16 noviembre de 2012.

[23] Sesen, B.A. y Tarhan, L., *Inquiry-Based Laboratory Activities in Electrochemistry: High School Students' Achievements and Attitude*. Disponible en: http://download.springer.com/static/pdf/448/art%253A10.1007%252Fs11165-011-9275-9.pdf?auth66=1353084048_308188c351f93e515d226c6d53e5517a&ext=.pdf.

Fecha de visita: 16 noviembre de 2012.

[24] Marchesi, A., *Las Metas Educativas 2021. Un proyecto iberoamericano para transformar la educación en la década de los bicentenarios*, Disponible en: www.revistacts.net/files/marchesi_metas-educativas-2021.pdf

Fecha de visita: 22 noviembre de 2012.