



LATIN AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS EDUCATION

www.lajpe.org

Volume 9

Supplement 1

July 2015



A publication sponsored by the Latin American Physics Education Network
and the Institute of Science Education



LATIN AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS EDUCATION

Electronic version of this journal can be downloaded free of charge from the web-resource:

<http://www.lajpe.org>

Production and technical support

Enrique Martínez Roldán
eroldan@gmail.com
Isabel Contreras Arredondo
isaconarr1@yahoo.com.mx

Latin American Journal of Physics
Education is indexed in:

DOAJ

Dialnet

latindex

EBSCO
PUBLISHING

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

EDITORIAL POLICY

Latin American Journal of Physics Education (LAJPE) is a peer-reviewed, electronic international journal for the publication of papers of instructional and cultural aspects of physics. Articles are chosen to support those involved with physics courses from introductory up to postgraduate levels.

Papers may be comprehensive reviews or reports of original investigations that make a definitive contribution to existing knowledge. The content must not have been published or accepted for publication elsewhere, and papers must not be under consideration by another journal.

This journal is published quarterly (March, June, September and December), by the Latin American Physics Education Network (LAPEN) and the Institute of Science Education. Manuscripts should be submitted to boubarkic@gmail.com or lajpe@lapen.org.mx. Further information is provided in the "Instructions to Authors" on www.lajpe.org

Direct inquiries on editorial policy and the review process to: C. Bourbaki, Editor in Chief, Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño (Cuba), calle 154 No. 12906 entre 129 y 133 Reparto Reynold García, Matanzas, Cuba CP 40100. Phone: 53 45 265794

Copyright © 2014 Latin American Physics Education Network. (www.lapen.org.mx)

ISSN 1870-9095

INTERNATIONAL ADVISORY COMMITTEE

Ann-Marie Pendrill, Göteborgs University (Sweden)
Bayram Akarsu, Erciyes University (Turkey)
Carl Wenning, Illinois State University (USA)
Diane Grayson, Andromeda Science Education (South Africa)
David Sokoloff, University of Oregon (USA)
Dean Zollman, Kansas State University (USA)
Edward Redish, University of Maryland (USA)
Freidrich Herrmann, University of Karlsruhe (Germany)
Gordon Aubrecht II, Ohio State University (USA)
Hiroshi Kawakatsu, Kagawa University (Japan)
Jorge Barojas Weber, Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Jorge Valadares, Universidade Aberta de Lisboa, (Portugal)
Laurence Viennot, Université Paris 7 (France)
Lillian C. McDermott, University of Washington (USA)
Marisa Micheleni, University of Udine (Italy)
Marco Antonio Moreira, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brazil)
Minella Alarcón, UNESCO (France)
Orhan Karamustafaoğlu, Amasya University, (Turkey)
Pratibha Jolly, University of Delhi (India)
Priscilla Laws, Dickinson College (USA)
Ton Ellermeijer, (Netherlands)
Verónica Tricio, University of Burgos (Spain)
Vivien Talisayon, University of the Philippines (Philippines)

EDITORIAL BOARD

Deise Miranda, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil)
Eduardo Moltó, Instituto Superior Pedagógico José Varona (Cuba)
Eduardo Montero, Escuela Superior Politécnica del Litoral (Ecuador)
Josefina Barrera, Universidad do Estado do Amazonas (Brasil)
Julio Benegas, Universidad Nacional de San Luis (Argentina)
Leda Roldán, Universidad de Costa Rica (Costa Rica)
Celso Ladera, Universidad Simón Bolívar (Venezuela)
Manuel Reyes, Universidad Pedagógica Experimental Libertador (Venezuela)
Mauricio Pietrocola Universidad de Sao Paulo (Brasil)
Nelson Arias Ávila, Universidad Distrital, Bogotá (Colombia)
Octavio Calzadilla, Universidad de la Habana (Cuba)
Ricardo Buzzo Garrao, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile)
Zulma Gangoso, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

EDITOR-IN-CHIEF

C. Bourbaki, Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño (Cuba)

ASSOCIATED EDITOR

Josip Slisko, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (México)

LATIN AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS EDUCATION

Volume 9, Supplement 1, July 2015

CONTENTS/CONTENIDO

Editorial

Papers/Artículos

- Dificultades conceptuales en la relación de gráficas de cinemática: Estudio de casos
Santa Tejada Torres, Ángeles Domínguez 201
- Actitudes de profesores de Física de secundaria sobre ciencia, tecnología y sociedad
Silvia Tecpan, Genaro Zavala 202
- Ambientes de aprendizaje en Física: Evolución hacia ambientes constructivistas
Carolina Alvarado 203
- Entendimiento conceptual y dificultades de aprendizaje de Electricidad y Magnetismo identificadas por profesores
Silvia Tecpan, Julio Benegas, Genaro Zavala 204
- Hacia una idoneidad didáctica en una clase de Física
F. J. Parra Bermúdez, R. Ávila Godoy 205
- Identificación de metales y no metales en las atmósferas de las estrellas.
Un proyecto de colaboración docente del Instituto de Astronomía y del CCH Naucalpan para el curso de Química I
Chávez Espín, J. J., Hernández Toledo, H. M., Martínez Vázquez, L. A., Mejía Hernández, J. O., Pani Cielo, A., Peña Martínez, V. 301
- Análisis estadístico de examen diagnóstico para valorar la capacidad de transferir conocimientos abstractos a sus aplicaciones en diversos contextos
L. L. Alfaro Avena, J. E. Chávez Pierce, J. Estrada Cabral, S. Flores García 302

Dear colleagues,

The Mexican Section of the American Association of Physics Teachers (AAPT-MX) was created in the winter of 2008 at Monterrey, Nuevo León, Mexico. This was promoted by researchers of the Tecnológico de Monterrey and the Research Center of Applied Science and Advanced Technology of the National Polytechnic Institute. Finally, in the Assembly of the Winter Meeting of AAPT held in Chicago in 2009, the new section was approved and recognized as an official group of teachers and researchers on Physics Education. Therefore, since 2008 each year take place a national meeting of the AAPT-MX. In this way we can identify following meetings in Mexico as Mexico City 2009, Guanajuato 2010, San Luis Potosí 2011, Tabasco 2012, Baja California 2013, Guanajuato 2014 and the forthcoming Mexico City 2015.

Each time the AAPT-MX meeting has improved the number of attendants, speakers, workshops, etc. This is the second edition of a supplement of selected contributions presented in the AAPT-MX, especially in Villahermosa. We hope that for future contributions we can accelerate the publication of Proceedings, but this is a collaborative work between local organizers and the LAJPE editorial team. Again, this task is a free cost and non-profit homework. It is important to have records of how is the development of Physics Education in Mexico, just we are starting and I hope that new generations of young researchers and teachers can involve in this important project.

I congratulate the organizer of Paraiso, Tabasco AAPT-MX 2012 meeting, PhD Manuel Sandoval Martinez because his effort to prepared the current Proceedings.

Caesar Bourbaki
Editor in Chief

Estimados colegas,

La Sección Mexicana de la Asociación Americana de Profesores de Física (AAPT-MX) fue creada en el invierno de 2008 en Monterrey, Nuevo León, México. Esto fue promovido por investigadores del Tecnológico de Monterrey y del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Finalmente, en la Asamblea de la Reunión de Invierno de AAPT realizada en Chicago en 2009, se aprobó la nueva sección y se reconoció como un grupo oficial de profesores e investigadores en Educación en Física. Por lo tanto, desde 2008 cada año tiene lugar una reunión nacional de la AAPT-MX. De esta manera podemos identificar siguientes reuniones en México tales como, Ciudad de México 2009, Guanajuato 2010, San Luis Potosí 2011, Tabasco 2012, Baja California 2013, Guanajuato 2014 y la próxima reunión de nuevo en Ciudad de México 2015.

Cada vez la reunión AAPT-MX ha mejorado el número de asistentes, ponentes, talleres, etc. Cabe mencionarse que esta es la segunda edición de un suplemento de las ponencias seleccionadas presentadas en la AAPT-MX, específicamente en Villahermosa, Tabasco. Esperamos que para contribuciones futuras podamos acelerar la publicación de las memorias, ya que este es un trabajo de colaborativo entre los organizadores locales y el equipo editorial LAJPE. Una vez más, esta tarea es libre de costo y sin fines de lucro. Es importante contar con un registro de cómo es el desarrollo de la Educación en Física en México, justo estamos empezando y espero que las nuevas generaciones de jóvenes investigadores y profesores de física se puedan involucrar en este importante proyecto.

Aprovecho para felicitar a los organizadores de Paraíso, Tabasco reunión AAPT-MX 2012, en especial al Dr. Manuel Martínez Sandoval por su esfuerzo para preparar la presente memoria.

Caesar Bourbaki

Editor en jefe

Dificultades conceptuales en la relación de gráficas de cinemática: Estudio de casos



Santa Tejada Torres¹, Ángeles Domínguez^{2,3}

¹Departamento de Física, Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, Eugenio Garza Sada # 2501, Col Tecnológico, CP. 64849, Monterrey, N. L.

²Departamento de Matemáticas, Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, Eugenio Garza Sada # 2501, Col Tecnológico, CP. 64849, Monterrey, N.L.

³Facultad de Ingeniería, Universidad Andrés Bello, Sede Santiago, Sazié 2315, Santiago, Chile.

E-mail: stejada@itesm.mx

(Recibido el 3 de Junio de 2014; aceptado el 28 de Abril de 2015)

Resumen

El objetivo de este trabajo fue profundizar en la comprensión de dificultades de interpretación de los estudiantes al relacionar las gráficas de posición, velocidad y aceleración. La abstracción de gráficas se ha estudiado desde diferentes perspectivas, aunque se carece de abordajes de la expresión de ideas del estudiante al interpretar una gráfica como parte de su lenguaje científico. En esta investigación cualitativa se indaga la interpretación de gráficas de cinemática mediante entrevista semiestructurada y participaron estudiantes de ingeniería inscritos en un curso de Física propedéutica. Como parte del contenido del curso, estos estudiantes tomaron instrucción de análisis cualitativo y cuantitativo de gráficas, esto tomó lugar en las semanas previas a la entrevista. Se analizaron los discursos de los participantes a través de la rúbrica de habilidades científicas. Esta herramienta teórica establece aspectos fundamentales de comunicación científica, de los cuales se eligieron aspectos de representación, comunicación y resolución de problemas, dada la naturaleza de esta investigación de problemas de cinemática con gráfica. Durante el análisis de las categorías se identificaron los aspectos de comunicación científica presentes en el discurso del estudiante. Los resultados presentan las habilidades de relación entre conceptos y elementos de gráficas de posición, velocidad y aceleración. Se discuten las implicaciones de estas habilidades en función de las dificultades de interpretación de gráficas que manifestaron los participantes.

Palabras clave: Solución de problemas, representaciones, gráfica en Cinemática, relaciones conceptuales.

Abstract

The aim of this work was to study in depth the difficulties that students have interpreting the relation among graphs of position, velocity and acceleration. In kinematics, the graphs are didactic resources that teachers use quite often under the assumption that graphs help to understand better. The graphic abstraction has been studied with different perspectives, even though there are not enough research designs about student's ideas-expressions when they analyze a graph within their scientific language. In this qualitative research, we investigate interpretation of graphics of kinematics through semi-structured interview. Engineering students participated after they learned graphical analysis as part of their physics course. We analyzed participants' discourses through the scientific communication skills. This theoretical tool set up fundamental aspects of scientific communication. We chose to apply representation, communication, and problem solving, given the nature of this study related with graphics of kinematics. During the analysis of categories, we identified the scientific communication aspects that emerged from the students' discourse. Results show us relation analysis between concepts and graphical elements. We discuss the implications of these abilities through interpretation of graphics. The results show us the relations and concepts that students use to interpret kinematics graphs.

Keywords: Problem-solving, representations, graphs in Kinematics, conceptual relationships.

PACS: 1.40.Fk, 01.40.-d, 01.20.+x

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En cinemática, las gráficas son un recurso didáctico que los profesores utilizan con frecuencia, infiriendo que éstas permiten al estudiante un mayor entendimiento de temas complejos en Física. Sin embargo, la dificultad que algunos

estudiantes tienen para leer e interpretar gráficas limita el potencial de dicho recurso. En el aprendizaje activo de la Física, el estudio de los procesos cognitivos de los estudiantes proporciona una mirada a sus dificultades conceptuales más profundas [1].

Esta investigación explora las dificultades de los estudiantes al interpretar gráficas de posición, velocidad y aceleración. En la segunda sección se presentan antecedentes teóricos de investigaciones previas. En particular se mencionan estudios sobre los procesos cognitivos que manifiestan los estudiantes de psicología al resolver un problema gráfico [2] y sobre el tipo de razonamiento que muestran estudiantes de ingeniería en problemas de posición, velocidad o aceleración [1]. En la tercera sección se presenta el diseño del método de esta investigación cualitativa. En la cuarta sección se presentan los resultados de acuerdo a la clasificación del análisis y se exponen los hallazgos más representativos obtenidos de las entrevistas. En la sección final se presentan las conclusiones del estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En un problema gráfico, el razonamiento e integración de elementos visuales provocan procesos cognitivos asociados a la solución del problema. La naturaleza de estos elementos ha generado inquietudes de investigación, provenientes de ciencias dedicadas a estudiar el pensamiento humano y de ciencias exactas, las cuales utilizan como herramienta didáctica y de comunicación a las representaciones gráficas.

En el estudio de [2] se entrevistó a estudiantes de psicología a quienes se les mostró una gráfica formada por segmentos y se les preguntó sobre aspectos generales de ella.

La clasificación de las preguntas utilizadas en las entrevistas a los estudiantes fueron: 1) descriptivas, 2) integradoras, 3) de extracción específica y 4) de extracción múltiple. Las preguntas de este estudio cumplieron diferentes funciones.

Con las preguntas descriptivas se solicitó una descripción general de lo que representó la gráfica para los participantes.

Con las preguntas integradoras se cuestionó sobre tendencias que debían identificarse. Con las de extracción específica se indagó sobre un aspecto particular de una pregunta y con las de extracción múltiple se cuestionó sobre muchos aspectos de un ítem en particular. Las características de estas preguntas detonan razonamientos completos y elaborados, útiles para la indagación de problemas gráficos.

Por esta razón se retomaron sus aspectos elementales para generar un protocolo de entrevista de procesos cognitivos sobre conceptos de posición, velocidad y aceleración.

El entendimiento del estudiante sobre gráficas de cinemática y la manera en que emplea la relación entre conceptos y gráficas motivó el reconocimiento de la naturaleza de esta investigación, por lo que se diseñó una metodología de entrevista semi-estructurada inspirada en el trabajo de [3], quienes entrevistaron a estudiantes de ingeniería sobre diversos casos de cinemática. Estos investigadores presentaron diversas gráficas de cinemática

y analizaron la coherencia y claridad de las respuestas de los estudiantes como una manera de entender su razonamiento físico.

Los hallazgos de McDermott *et al.* [1] se centran en que los estudiantes carecen de habilidades de conexión de la pendiente en gráficas de posición contra tiempo, ya que ellos prefieren calcular una razón mediante la lectura de la posición y pueden llegar a omitir el cálculo de la pendiente.

Los razonamientos encontrados en las respuestas de los estudiantes permitieron a los investigadores inferir una falta de conexión entre elementos que forman parte de una gráfica, en este caso de la velocidad.

En la generación de este estudio se consideraron dos aristas para acotar los problemas de investigación. Por un lado se debía plantear un problema de características visuales detonantes de razonamiento y con preguntas diseñadas para explorar los aspectos significativos de un problema gráfico de cinemática [2]. Por otro lado, la exploración del razonamiento manifestado al abordar el problema gráfico y el entendimiento conceptual siguieron una línea de entrevista clínica similar a la aproximación de [1]. La combinación de las perspectivas [2] y [3] permitió explorar los procesos cognitivos y el entendimiento conceptual de gráficas de posición, velocidad y aceleración.

III. METODOLOGÍA

El diseño de investigación se basó en la entrevista semiestructurada con enfoque hacia la percepción y aplicación de elementos en un problema con gráfica. La estructura de los problemas de investigación admite cierta profundidad y alineación a las gráficas investigadas en psicología cognitiva y en educación de la Física.

Se invitó a 35 estudiantes de un curso propedéutico de Física impartido en una universidad privada del norte de México. Ese curso propedéutico se ofrece a estudiantes que no alcanzaron el puntaje mínimo requerido en el examen de ubicación de Física universitaria. El criterio de selección de participantes se basó en el puntaje obtenido en la evaluación mensual de la materia en análisis cualitativo y cuantitativo de gráficas de cinemática. Los profesores de la materia informaron cuáles estudiantes cumplieron el puntaje requerido. El grupo de investigación invitó a estos alumnos a participar en el estudio. De acuerdo al puntaje de los participantes se conformaron tres categorías: a) estudiante A, con un puntaje de 86 a 100, se le denominó de desempeño alto, b) estudiante B, con puntaje de 70 a 85, se le denominó de desempeño mediano y c) estudiante C, con un puntaje de 55 a 69, se le denominó de desempeño bajo.

Se informó a los estudiantes el objetivo de la investigación y tres de ellos accedieron a participar. Las entrevistas se realizaron de manera individual, se grabaron en video, se transcribieron y se estudiaron en tres ciclos del análisis mediante la rúbrica de habilidades científicas [3]. En este trabajo se presentan segmentos representativos de este análisis.

Al inicio de la entrevista se le recordó al estudiante el objetivo de investigación y se le proporcionó una hoja en

IV. RESULTADOS

blanco, disponible para cualquier anotación o diagrama que consideraran pertinente realizar durante el desarrollo de la entrevista. La duración aproximada de cada entrevista fue de 30 minutos.

Durante la entrevista se mostraron al estudiante 6 gráficas, una por una y en el mismo orden: a) gráfica creciente de posición, b) gráfica de velocidad constante positiva, c) gráfica creciente de velocidad lineal positiva, d) gráfica de aceleración constante positiva, e) gráfica de aceleración lineal creciente positiva y f) gráfica de velocidad lineal decreciente positiva. Todas las gráficas se trazaron en el primer cuadrante.

El último problema con gráfica incluyó respuestas de opción múltiple y se motivó al estudiante a explicar su razonamiento para resolver el problema. Esto se hizo con la finalidad de explorar la capacidad de conectar una gráfica de cinemática con su descripción, su interpretación.

Para esta investigación se verificó el cumplimiento de los aspectos cognitivos [2] en los problemas planteados de cinemática [3]. En la tabla siguiente se expone cómo se relacionaron los aspectos cognitivos con el análisis físico esperado por el estudiante.

TABLA I. Clasificación de las preguntas y aspectos que acompañaron a las gráficas del estudio.

Tipo de pregunta	Aspecto de análisis físico
Descriptiva	Identificación de gráfica
Integradora	Asociación con otro concepto físico
Extracción específica	Obtención mediante el uso de un concepto matemático
Extracción múltiple	Relación con gráfica de otra variable Física

Con estas medidas se generó un panorama de exploración más amplio del razonamiento físico y gráfico del estudiante.

Este panorama de exploración (Tabla I) se retomó para su análisis mediante una rúbrica de habilidades científicas [3].

Esta rúbrica representa una herramienta teórica confiable para la evaluación sumativa de habilidades. Para el diseño del criterio de análisis se seleccionaron las siguientes categorías: (a) habilidad de representar un proceso físico en múltiples formas, b) habilidad de aplicar y probar una explicación cualitativa o relación cuantitativa, c) habilidad de modificar una explicación cualitativa o relación cuantitativa, d) habilidad de evaluar afirmaciones conceptuales, solución de problemas y modelos y e) la habilidad de comunicar de manera oral o escrita.

La rúbrica de [3] permite clasificar las habilidades científicas como: (i) inexistente, (ii) inadecuado, (iii) necesita mejora y (iv) adecuado. Se partió las clasificaciones detectadas en los participantes para profundizar en los razonamientos manifestados.

El resultado del análisis se presenta por participante, junto con sus extractos de entrevista.

A continuación se presentan los razonamientos más coherentes alcanzados por los participantes.

IV.A Estudiante A

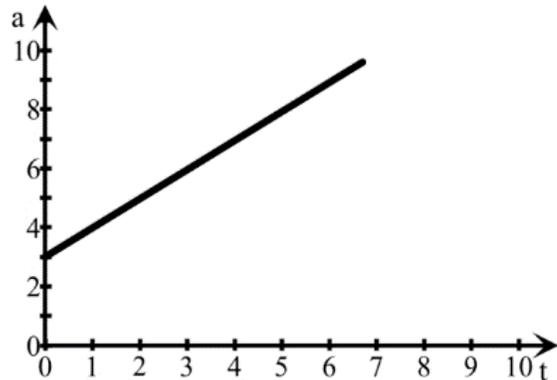


FIGURA 1. Gráfica de aceleración lineal creciente positiva.

Al presentar la quinta gráfica (Figura 1) al Estudiante A (A), la investigadora (I) le preguntó qué representaba esa gráfica.

A continuación se presenta su respuesta.

A: Que la aceleración va aumentando, va cambiando.

I: ¿Qué otra información podrías leer de esta gráfica?

A: El cambio de velocidad y el cambio de aceleración.

I: ¿Cómo podrías obtener esa información?

A: Con la pendiente y el área bajo la curva.

I: ¿Cómo sería un problema en un contexto que se pudiera representar con esta gráfica?

A: Te piden la razón de cambio de la aceleración, la aceleración promedio y el cambio de velocidad.

Algunas características de las respuestas de este estudiante fueron: a) claridad en la identificación de gráficas, observándose una respuesta sobresaliente en el caso de la aceleración que se incrementa, b) facilidad en la asociación de conceptos físicos, c) facilidad en la utilización de conceptos físicos y matemáticos. Estas características se relacionan con las habilidades científicas (a) habilidad de representar un proceso físico en múltiples formas, b) habilidad de aplicar y probar una explicación cualitativa o relación cuantitativa, c) habilidad de modificar una explicación cualitativa o relación cuantitativa, y e) la habilidad de comunicar de manera oral o escrita.

La asociación adecuada de conceptos físicos y matemáticos de este estudiante también se encontró en el problema de velocidad decreciente positiva.

De la misma forma que en el extracto anterior, el participante A evidenció habilidades científicas adecuadas para su nivel educativo.

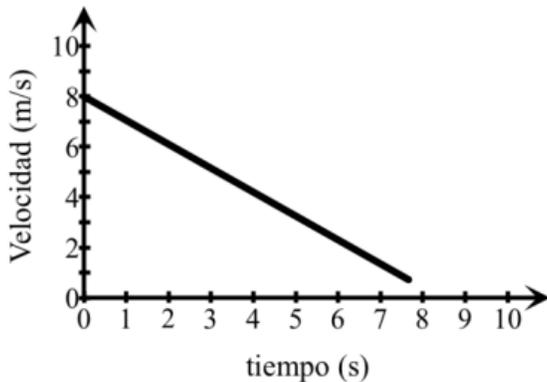


FIGURA 2. Gráfica de velocidad lineal decreciente positiva.

En este problema (Figura 2), el estudiante A mostró un desempeño sobresaliente en la integración de conceptos de cálculo con conceptos físicos, ya que mencionó poder realizar cálculos con el área bajo la curva. Este concepto matemático no fue mencionado de ninguna forma durante la entrevista de manera directa al estudiante, surgió de su propia percepción.

IV.B Estudiante B

La gráfica de velocidad creciente (Figura 3) se diseñó para explorar el razonamiento acerca de una gráfica más elaborada que una velocidad rectilínea constante, así como a la evocación de conceptos matemáticos útiles.

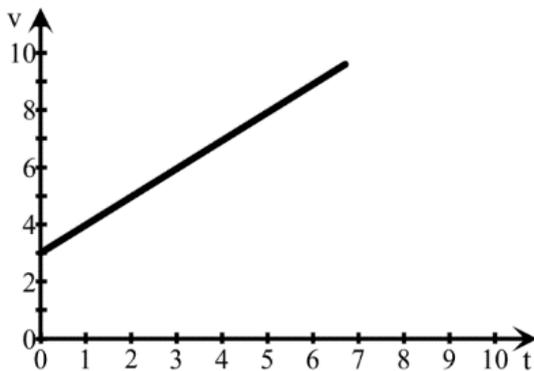


FIGURA 3. Gráfica de velocidad lineal creciente.

I: ¿Qué tipo de gráfica te parece?

B: La de velocidad.

I: ¿Qué representa para ti?

B: Que la velocidad va cambiando en diferentes tiempos.

I: ¿Qué otra información podrías leer de esa gráfica?

B: Que su aceleración/velocidad es creciente, que inicia con una velocidad de 3 en el tiempo cero y alcanza una de aproximadamente 10 en el tiempo 7.

I: Y algún otro dato que pudieras obtener de esta gráfica?

B: Mmm, también hacia donde se mueve la partícula, que se mueve hacia la derecha.

I: ¿Cómo sería un problema en el contexto del movimiento que se representara con una gráfica como esta?

B: De esta se le saca la pendiente (señala), podríamos ver hacia donde, o sea la pendiente en diferentes intervalos para trazar una gráfica de tiempos y también se podría trazar una gráfica de posición.

Esta estudiante manifestó las siguientes actividades:

(a) identificó correctamente todas las gráficas de cinemática,

b) asoció correctamente conceptos físicos aunque en algunas ocasiones titubeó,

c) mostró dispersión en la relación de una gráfica de aceleración constante con otra gráfica diferente de movimiento.

Mostró un desempeño sobresaliente en la asociación de una gráfica de velocidad que se incrementa con otra gráfica relacionada. Este desempeño se relaciona con las habilidades científicas (a) habilidad de representar un proceso físico en múltiples formas y b) habilidad de aplicar y probar una explicación cualitativa o relación cuantitativa,, y muestra que se pueden mejorar las habilidades c) habilidad de modificar una explicación cualitativa o relación cuantitativa, y e) la habilidad de comunicar de manera oral o escrita.

IV.C Estudiante C

La gráfica de posición creciente se diseñó para explorar el razonamiento sobre una gráfica creciente.

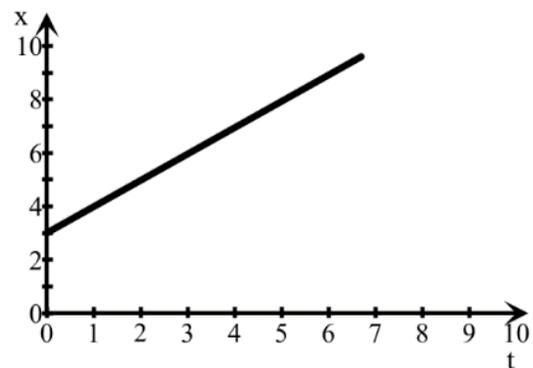


FIGURA 4. Gráfica de posición lineal creciente.

S: ¿Qué tipo de gráfica te parece?

C: Pues...x me parece la distancia, t me parece el tiempo, o sea, distancia sobre tiempo, o sea que me parece una gráfica de ...velocidad.

I: ¿Qué representa para ti?

C: Representa cómo va aumentando la velocidad del objeto, la partícula que se mueve, conforme al tiempo.

I: ¿Qué otra información podríamos leer de esta gráfica?

C: Pues...podemos saber cuál es el punto inicial en el que estaba la partícula y... en el intervalo de segundos cuánto avanza.

I: Y, ¿cómo se obtiene?

C: Se obtiene con la fórmula (escribe): $f(x) =$ velocidad inicial, que es de 3, velocidad inicial, más velocidad inicial, mm, velocidad inicial más tiempo, mm, ya se cómo, ya se me olvidó...

Las respuestas de este estudiante no siguieron una línea de razonamiento propiamente definida. Se encontró:

- (a) dispersión descriptiva en la gráfica de posición que se incrementa,
- b) habilidades insuficientes en la asociación de un concepto físico a otro,
- c) dispersión e insuficiencia en la utilización de un concepto matemático y
- d) habilidades insuficientes en la relación de una gráfica a otra.

La tendencia del pensamiento de este estudiante fue a la consideración de fórmulas que “debía haber visto pero que no recordaba”.

Desde la perspectiva de habilidades científicas de [2], este participante careció de: habilidades de aplicación, prueba y modificación de explicación cualitativa o relación cuantitativa y de comunicación. Las consecuencias de esta carestía podrían reflejarse en un desempeño bajo a lo largo de sus cursos universitarios de Física que involucren problemas con gráfica.

V. CONCLUSIONES

Las habilidades científicas de los estudiantes A, B y C fueron analizadas a la luz del planteamiento de [1] y [3]. La interpretación del alcance de las habilidades científicas aumenta la comprensión de los razonamientos manifestados por los participantes.

Se encontró que el razonamiento del estudiante A es funcional a un nivel conceptual, ya que sus habilidades científicas le permiten manipular y recorrer conceptos físicos y matemáticos con facilidad, además de emplear las gráficas con naturalidad. Estas habilidades pueden considerarse herramientas próximas de aprendizaje de la Física universitaria.

El estudiante B no alcanzó este grado de habilidades científicas. Este participante mostró un grado de explicación Física suficiente, pero tendencia a la dispersión entre sus conocimientos de cinemática y cálculo. Además, presentó un nivel de dominio con posibilidades de mejorar en el empleo de gráficas de cinemática. Las habilidades científicas de este estudiante de mediano desempeño requieren aumentar en términos de elaboración y relación entre conceptos físicos y matemáticos, con lo que podría mejorar su desempeño en un problema con gráfica.

Por último, el razonamiento del estudiante C evidenció carestía crítica de habilidades científicas. Este participante se expresó de manera confusa sobre la mayoría de las gráficas, mostró alta dispersión en la expresión de conceptos matemáticos y de relación entre cinemática y cálculo. Su desempeño en la utilización de gráficas de cinemática fue pobre, aunque manifestó saber construir una gráfica similar a la mostrada. Este desempeño muestra que

Dificultades conceptuales en la relación de gráficas de cinemática la herramienta más fuerte de este estudiante es su habilidad de representar una gráfica similar a la presentada. Esto significa que de la gama de habilidades científicas, este participante se localiza en la habilidad más básica para el aprendizaje de las ciencias.

El contraste entre los resultados de los estudiantes A, B y C muestra que para el entendimiento de una gráfica debe existir un conocimiento robusto de los conceptos asociados a ésta. En el caso de las gráficas de cinemática exploradas en este estudio, se observó una tendencia general a referenciar con gráficas conocidas de cálculo, aunque sólo los estudiantes A y B relacionaron de manera adecuada los conceptos de derivada y antiderivada con los conceptos de posición, velocidad y aceleración. En cuanto a la asociación de una gráfica con otra relacionada, se observó en el estudiante C una gran dificultad en generar de manera personal la gráfica correspondiente a la mostrada. En tanto, en la estudiante B se observó que de manera recurrente pensó en gráficas similares aprendidas en su clase de cálculo, aunque desconoció la manera de encajarlas de manera precisa con algunos aspectos físicos.

Cada gráfica mostrada fue creciendo en complejidad, lo que permite identificar el nivel de entendimiento de los entrevistados. Las evidencias de razonamiento obtenidos muestran que el estudiante A cuenta con procesos cognitivos más sólidos y claros que sus compañeros. En cambio, el razonamiento del estudiante B expone elementos cognitivos y de conocimiento conceptual que requieren una estructuración más robusta. El estudiante responde correctamente menos preguntas que el estudiante A. El estudiante C evidencia la necesidad de buscar un reforzamiento de habilidades de razonamiento efectivas para su desempeño en el aprendizaje de las ciencias. El estudiante C es quien menos respuestas correctas obtiene de los tres participantes. Aún y con los primeros problemas presenta dificultades que evidencian su limitado entendimiento de gráficas.

Los resultados de esta investigación amplían la perspectiva sobre la manera en que los estudiantes interpretan una gráfica de antiderivada a derivada y viceversa. La conexión con la rúbrica de habilidades científicas entrega un perfil del estudiante. Esta característica del estudio se ubica en un área del conocimiento donde las gráficas son una herramienta diaria de enseñanza-aprendizaje. La situación podría ser distinta en otros contextos científicos donde también se instruya mediante las gráficas como herramientas docentes y de comunicación.

REFERENCIAS

- [1] McDermott, L. C., Rosenquist, M. L. & Van Zee, E. H., *Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics*, American Journal of Physics **55**, 503-513 (1987).
- [2] Ratwani, R. M., Trafton, J. G. & Boehm-Davis, D. A., *Thinking graphically: Connecting vision and cognition*

Santa Tejada Torres & Ángeles Domínguez
during graph comprehension, Journal of Experimental
Psychology Applied **14**, 36-49 (2008).
[3] Etkina, E., Van Heuvelen, A., White-Brahmia, S.,
Brookes, D. T., Gentile, M., Murthy, S., Rosengrant, D. &
Warren, A., *Scientific abilities and their assessment*,

Physical Review Special Topics on Physics Education
Research **2**, 1-15 (2006).
[4] Ubuz, B., *Interpreting a graph and constructing its
derivative graph: stability and change in students'
conceptions*, International Journal of Mathematical
Education in Science and Technology **38**, 609-637 (2007).

Actitudes de profesores de Física de secundaria sobre ciencia, tecnología y sociedad



Silvia Tecpan, Genaro Zavala

Departamento de Física, Tecnológico de Monterrey, E. Garza Sada 2501, CP64849, Monterrey, México

E-mail: stecpan@gmail.com

(Recibido el 1 de Junio 2014, aceptado el 30 de Marzo de 2015)

Resumen

En la prueba PISA 2006 se evaluaron tanto la competencia científica que incluye la comprensión de la naturaleza de la ciencia como las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y el trabajo científico. Aunque las actitudes fueron positivas la competencia científica se encuentra por debajo de la media de la muestra. Por otro lado, en el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) se contempla que una persona alfabetizada científicamente comprende la naturaleza de la ciencia y muestra actitudes favorables hacia la ciencia. En este trabajo se presentan los resultados del diagnóstico de las actitudes de profesores de Física de secundaria que cursan un diplomado en línea sobre desarrollo de la competencia científica. Este diagnóstico permitió alcanzar dos objetivos: el primero fue corroborar la utilidad del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) en un país distinto al de su origen y el segundo fue detectar ambigüedad en las creencias y actitudes que sostienen los docentes sobre las relaciones CTS.

Palabras clave: formación docente, actitudes CTS, competencia científica

Abstract

In the PISA 2006 were evaluated both scientific competence includes understanding the nature of science as students' attitudes toward science and scientific work. Although attitudes were positive, scientific literacy is below the average of the sample. In the approach Science, Technology and Society (STS) provides that a scientifically literate person understands the nature of science and show positive attitudes toward science. This paper presents the results of the diagnosis of the attitudes of junior high school physics teachers who follow a virtual course on development of scientific competence. This diagnosis allowed to achieve two objectives: the first was to corroborate the utility of the Questionnaire of Opinions on Science, Technology and Society (COCTS for its acronym in Spanish) in a country other than their home and the second was to detect ambiguity in beliefs and attitudes that teachers hold about relations STS.

Keywords: teaching formation, attitudes CTS, scientific competence.

PACS: 01.40.-d, 01.40.jh, 01.40.gb, 01.75.+m

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

La comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) constituye el reto actual más innovador y arduo para los profesores de ciencias [1]. La NdC (de aquí en adelante) es un conjunto de meta-conocimientos acerca de qué es y cómo funciona la ciencia en el mundo actual [2]. Se ha encontrado que tanto profesores como estudiantes sostienen posiciones filosóficas ambiguas sobre la NdC y no se reflexiona sobre ello [3].

Dentro del movimiento ciencia, tecnología y sociedad (CTS) se considera a las actitudes desde el marco teórico de la psicología social en el que una actitud integra simultáneamente componentes cognitivos, afectivos y conductuales pues desde esta perspectiva se toman en cuenta los valores en la ciencia y se promueve un mayor interés hacia ella [4]. Actualmente se presta atención a las

actitudes del profesorado por la hipotética influencia que estas pueden tener en la enseñanza y por tanto, en las ideas de los estudiantes [5].

Resulta necesario diagnosticar de forma efectiva y confiable las actitudes de los docentes para ajustar los procesos de formación continua en las áreas que presenten actitudes inadecuadas [6].

El instrumento Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) cuenta con diversas mejoras metodológicas que permiten obtener un índice actitudinal normalizado con valores de -1 a + 1 lo que implica que los datos obtenidos se encuentran en escala de intervalo, facilitando los análisis de estadística inferencial [7, 8].

En este trabajo se presenta el resultado de diagnosticar las opiniones CTS de profesores de Física de secundaria

que cursan un diplomado en línea sobre desarrollo de la competencia científica en el aula.

En primer término se presenta una breve revisión de literatura en donde se establecen algunas características del instrumento empleado, a continuación se presenta la metodología de la investigación, se discuten los resultados y las implicaciones que estos pueden tener en la enseñanza de la Física.

II. ANTECEDENTES

II.A. La competencia científica

En el marco teórico del Programme for International Student Assessment (PISA) se define a la competencia científica en referencia a las siguientes habilidades del individuo:

- 1) Conocimiento científico y utilización de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y sacar conclusiones a partir de pruebas en problemas relacionados con las ciencias,
- 2) Comprensión de los rasgos característicos de la ciencia como forma humana de conocimientos e investigación,
- 3) Conciencia de cómo las ciencias y la tecnología dan forma al entorno material, intelectual y cultural, y
- 4) Voluntad de involucrarse como ciudadano reflexivo en cuestiones relacionadas con las ciencias y con las ideas científicas [9].

En la Figura 1 se pueden apreciar de forma gráfica estos elementos.

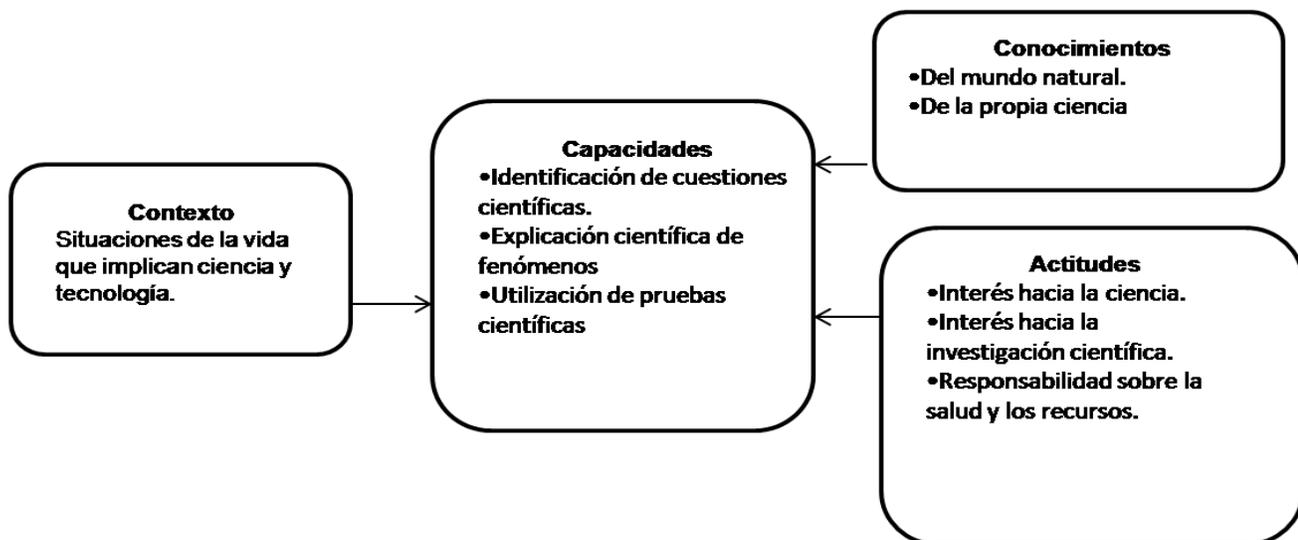


FIGURA 1. Se muestran los elementos que integran la competencia científica de acuerdo con el marco teórico de PISA 2006 [9].

Los incisos 2 y 3 de la definición de competencia científica que propone la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) se encuentran relacionados con el conocimiento de la NdC y con las actitudes y creencias CTS. Se ha encontrado que estudiantes y profesores sostienen creencias erróneas sobre esos temas [3,10], de modo que mejorar la formación del profesorado y la educación de los estudiantes sobre estas cuestiones se convierte en un objetivo prioritario para lograr la competencia científica.

B. Medición de actitudes CTS

Un aspecto que ha dificultado el diagnóstico de las actitudes y creencias CTS es la falta de instrumentos que tengan claramente delimitados los objetos actitudinales a medir y que cuente con unidimensionalidad de constructo [11]. A partir de entrevistas se desarrolló el Cuestionario de

Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad con un modelo de análisis que facilita el diagnóstico de estas actitudes desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa [12]. Se le objeta que brinda mayor énfasis a los aspectos cognitivos de las creencias CTS que a los aspectos afectivos y conductuales [13]. Sin embargo, permite realizar diagnósticos precisos y es actualmente uno de los instrumentos más utilizados en evaluaciones internacionales [1].

El COCTS está adaptado al contexto cultural español y tiene como objetivo evaluar actitudes y creencias CTS. Está formado por 100 reactivos distribuidos en nueve dimensiones que están en concordancia con la taxonomía de actitudes CTS propuesta por [14]. Las mejoras con las que cuenta el COCTS son: 1) el uso de un modelo de respuesta múltiple (MRM) que permite utilizar toda la información disponible en cada ítem [15], 2) la creación de una nueva métrica que brinda información más precisa, 3) la definición

de un índice actitudinal global normalizado con valores de -1 a +1 lo que implica que los datos obtenidos se encuentran en escala de intervalo, facilitando los análisis de estadística inferencial [8,11] y 4) la clasificación de todas las frases en tres categorías (Adecuadas, Plausibles, Ingenuas) determinadas por jueces especialistas [16]. Los datos obtenidos con el COCTS permiten realizar análisis cualitativos aun cuando haya surgido desde una perspectiva cuantitativa [7].

III. METODOLOGIA

III.A Muestra

Los participantes en este estudio fueron 38 profesores de Física de secundaria que cursan el Diplomado Desarrollo de la Competencia Científica en el Aula. Son 20 hombres y 18 mujeres. 14 cuentan con estudios de maestría, 11 son normalistas y los otros 13 cuentan con un título universitario.

El promedio de edad es de 40 años. El curso se imparte de manera virtual por lo que los participantes se ubican en distintos estados de la República Mexicana y son profesores de secundaria en distintas modalidades.

III.B Instrumento

Los ítems aplicados en este estudio se han extraído del COCTS. Todos los ítems de este instrumento tienen el mismo formato de elección múltiple. Inician con una cuestión de pocas líneas en las que se plantea un problema respecto al cual se desea conocer la actitud de una persona seguido de un conjunto de frases que ofrecen un abanico de diferentes justificaciones sobre el tema planteado [17].

Los 19 ítems elegidos para este estudio representan la mayoría de las dimensiones, temas y subtemas que aborda el COCTS. Incluyen 130 frases, de las cuales 28 son clasificadas por los autores como Adecuadas, 46 como Ingenuas y 56 Plausibles.

Dichas frases fueron valoradas por los profesores en una escala Likert de nueve puntos.

En la Tabla I se muestran los temas y subtemas a que pertenecen los ítems aplicados. El número de ítem hace alusión al tema y subtema de acuerdo con la nomenclatura de sus autores.

III.C Procedimiento

El instrumento se envió en formato electrónico como parte de una actividad dirigida a explorar las actitudes y creencias sobre los temas CTS y como ejemplo de la aplicación de encuestas electrónicas.

TABLA I. Temas, subtemas e ítems de los 19 reactivos del COCTS aplicados en el diagnóstico.

TEMAS	SUBTEMAS	ITEMS
	DEFINICIONES	
1. Ciencia y Tecnología	01. Ciencia	10111, 10113
	03. Tecnología	10211
	SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA	
2. Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia/ Tecnología	05. Instituciones educativas	20511
	07. Influencia sobre científicos	20711
	08. Influencia general	20821
4. Influencia de Ciencia /Tecnología sobre Sociedad	01. Responsabilidad Social	40111
	05. Bienestar económico	40511
	08. Influencia general	40821
5. Influencia de la ciencia escolar sobre la Sociedad	01. Unión de dos culturas	50111
	02. Fortalecimiento social	50211
	SOCIOLOGIA INTERNA DE LA CIENCIA	
6. Características de los científicos	01. Motivaciones	60111
	04. Capacidades	60411
	05 Efectos de género	60511
	EPISTEMOLOGÍA	
9. Naturaleza del conocimiento científico.	02. Modelos científicos	90211
	04. Provisionalidad	90411
	06. Aproximación a las investigaciones	90611, 90621
	10. Estatus epistemológico	91011

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar se obtuvieron los parámetros estadísticos que se

pueden consultar en la Tabla II. Los valores están en una escala de -1 a +1.

TABLA II. Parámetros estadísticos de los ítems del COCTS.

	Adecuada	Plausible	Ingenua	Índice global ponderado
Media	0.472	-0.381	-0.097	-0.002
Desviación estándar	0.170	0.296	0.146	0.087
Máximo	0.821	0.223	0.211	0.166
Mínimo	-0.026	-1	-0.34	-0.175
Rango	0.848	1.223	0.559	0.342

Se aprecian notables diferencias entre las tres categorías.

Solamente el promedio de las frases adecuadas es positivo.

Los índices de las frases Ingenuas y Plausibles son negativos.

La contribución de las tres categorías al índice actitudinal global es diferente. Los profesores parecen tener más facilidad para identificar las frases adecuadas, mucho menos para las ingenuas y aún menos para las plausibles. El valor esperado que representa mayor concordancia con la opinión de los filósofos, científicos e historiadores de la ciencia es +1 se observa que el resultado está bastante alejado del resultado deseado.

En la Tabla III se presenta el promedio obtenido en cada pregunta para las tres categorías y el índice global ponderado que es el promedio de las tres categorías.

Aun cuando los profesores mostraron mayor facilidad para identificar las frases Adecuadas se observa que en el ítem 50211 la valoración fue negativa, por otra parte, se aprecia que en todas las frases plausibles el índice obtenido fue negativo, mientras que en el caso de las frases Ingenuas los profesores lograron identificarlas en algunos ítems (Ver Tabla III).

En la Figura 2 se observa que el promedio ponderado de todas las preguntas se mantuvo en un rango cercano a cero lo que sugiere la ambigüedad de las creencias sobre temas CTS de estos profesores.

Los valores positivos que obtienen en las frases Adecuadas disminuyen con el valor negativo de las frases Ingenuas y Plausibles.

TABLA III. Promedio por categoría y promedio ponderado para cada ítem en escala -1 a +1.

Ítem	Adecuada	Plausible	Ingenua	Índice global ponderado
10111	0.666	-0.497	0.118	0.095
10113	0.736	-0.369	-0.511	-0.047
10211	0.554	-0.405	-0.750	-0.200
20511	0.628	-0.378	0.574	0.275
20711	0.568	-0.259	-0.095	0.071
20821	0.392	-0.297	-0.071	0.008
40111	0.679	-0.243	-0.422	0.005
40511	0.669	-0.405	0.520	0.261
40821	NA	-0.409	0.167	-0.120
50111	0.777	-0.203	-0.007	0.189
50211	-0.182	-0.351	-0.541	-0.358

60111	0.034	-0.356	-0.200	-0.174
60411	0.428	-0.446	0.514	0.165
60511	0.757	-0.626	0.530	0.220
90211	0.419	-0.243	0.119	0.098
90411	0.162	-0.149	-0.453	-0.146
90611	0.507	-0.426	-0.324	-0.081
90621	0.277	-0.419	-0.020	-0.054
91011	0.378	-0.324	-0.372	-0.106

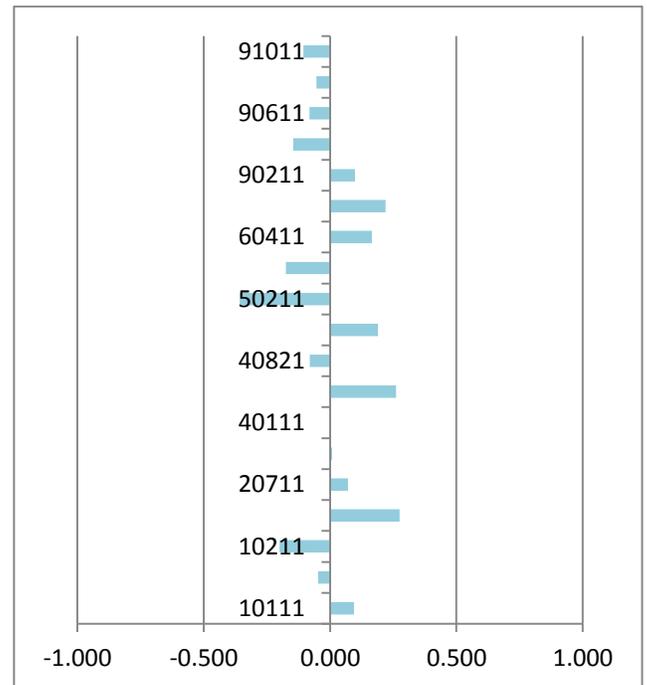


FIGURA 2. Índice global ponderado de los 19 ítems aplicados.

El bajo resultado obtenido por estos docentes de Física de secundaria coincide con un estudio previo [10] en el que evaluaron las actitudes CTS de 63 profesores de educación media superior y 21 profesores de educación superior que imparten asignaturas relacionadas con CTS en escuelas públicas de México. Concluyen que los resultados indican una pobreza alarmante porque los índices promedio de las treinta preguntas del COCTS que aplicaron se encuentran por debajo de 0.5 en una escala de [-1,1].

Los resultados de los profesores de secundaria que respondieron a este diagnóstico y que no están familiarizados con los contenidos CTS resultaron aún más bajos y con mayor tendencia a valores negativos lo que indica que las opiniones y creencias de estos profesores son significativamente opuestas a las creencias avaladas por los expertos.

Los resultados indican que las creencias CTS de los profesores evaluados son inadecuadas, en algunos casos ambiguos y en otros se observa una tendencia al positivismo y al desconocimiento de las definiciones contemporáneas de ciencia, tecnología y su relación con la sociedad. De igual forma se observó que desconocen la forma en que trabaja la ciencia y las características de los científicos. Sostienen la creencia de la tecnología como ciencia aplicada, la

neutralidad de la ciencia y que solamente algunas personas pueden entender ciencias, además de considerar que los varones son más aptos para la ciencia.

Las visiones deformadas de las relaciones CTS son difíciles de superar por lo que debe promoverse la reflexión profunda sobre estos temas entre los docentes.

Los bajos índices actitudinales que se han reportado al emplear el COCTS pueden sugerir dos situaciones: 1) el instrumento causa confusión y no se comprenden las preguntas o 2) es sumamente deficiente la formación en temas CTS en todo el profesorado. Con respecto a la primera situación se puede mencionar que los bajos resultados al evaluar la NdC dependen de las dimensiones que se evalúan lo que podría indicar que las dimensiones tal y como se evalúan en el COCTS tienden a provocar los bajos resultados [18].

La segunda situación podría originarse en el hecho de que los conceptos CTS no se han incluido en los planes de estudio de formación docente [19].

Las creencias en NdC del docente influyen en la visión de ciencia que transmiten a sus estudiantes, sin embargo, la relación entre las creencias de la NdC y las prácticas educativas no es directa y aún no se ha confirmado [20]. El conocimiento sobre NdC, aspectos CTS, alfabetización científica y actitudes hacia la ciencia sí están relacionados [21]. Las actitudes y creencias sobre NdC están más relacionadas con la alfabetización científica que con el conocimiento disciplinar [22].

V. CONCLUSIONES

El diagnóstico de las actitudes CTS de los profesores de Física de secundaria que cursan el Diplomado en Desarrollo de la Competencia Científica en el Aula indica que sostienen creencias ingenuas de las relaciones CTS.

El reactivo con el índice global ponderado más bajo fue el 50211 (ver Figura 2) que forma parte del tema influencia de la ciencia escolar sobre la sociedad y el subtema fortalecimiento social. Alrededor del 70% de los profesores mostraron alto grado de acuerdo con las frases que los expertos consideraron ingenuas pues muestran una imagen intachable de la ciencia. En las frases plausibles, que son parcialmente correctas, se observó que más del 60% de los profesores mostraron bajo grado de acuerdo cuando se esperaba que el mayor porcentaje se concentrara en un grado de acuerdo medio. En la única frase adecuada del ítem se encontró que 40% de los profesores mostraron un grado de acuerdo alto, pero este porcentaje debía ser mayor. En sentido opuesto, 35% de los profesores mostraron bajo grado de acuerdo con los expertos lo que muestra la ingenuidad de las creencias.

El reactivo con el índice global ponderado más alto fue el 20511 (ver Figura 2) que pertenece al tema influencia de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología y el subtema instituciones educativas. En este ítem los porcentajes de acuerdo siguieron los patrones propuestos por los expertos.

En las frases ingenuas se encontraron porcentajes del 57 al 92 % de grado de acuerdo bajo lo que coincide con los expertos.

En sentido opuesto, en la frase adecuada de este ítem hubo una coincidencia del 81% de acuerdo con los expertos, pues los profesores expresaron un grado de acuerdo alto. En este reactivo los profesores están de acuerdo en que es necesario que los alumnos estudien más ciencias y fueron capaces de identificar las razones correctas para ello.

Estos resultados sugieren que los profesores no están capacitados para instruir a sus alumnos en los temas de NdC que actualmente se consideran indispensables para desarrollar la competencia científica.

Los participantes fueron capaces de identificar de forma más o menos certera las frases adecuadas, pero al momento de evaluar frases ingenuas o plausibles, que son parcialmente correctas, no fueron capaces de diferenciarlas lo que provocó que su índice global fuera tan cercano a cero.

En distintos diagnósticos de actitudes CTS con profesores de distintos niveles educativos tanto en formación como en ejercicio se ha encontrado que sus actitudes y creencias son en el mejor de los casos ambiguas [7,10]. Se observa una tendencia al positivismo y al desconocimiento de las definiciones contemporáneas de ciencia, tecnología y su relación con la sociedad.

Ante los resultados alarmantes de este diagnóstico y los bajos índices que se han obtenido en las evaluaciones PISA se sugiere:

- 1) Incluir contenidos explícitos sobre temas CTS en la formación de los docentes de secundaria en particular de NdC,
- 2) Incluir los temas CTS desde la educación básica y 3) Capacitar a los docentes en el conocimiento pedagógico del contenido de la enseñanza de la NdC.

AGRADECIMIENTOS

Silvia Tecpan y Genaro Zavala agradecen a la cátedra de Enseñanza de la Física del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey a través de la cuenta 0020CAT140.

REFERENCIAS

- [1] Bennassar, A., Vázquez, A., Manassero, M. & García-Carmona, A., *Ciencia Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*, (Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, España, 2010).
- [2] Vázquez, A., Manassero, M. & Talavera, M., *Actitudes y creencias sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **9**, 333-352 (2010).
- [3] Cardoso, N. & Morales, E., ¿Son diferentes las actitudes hacia la NdCy T y sociedad por parte de los estudiantes y profesores de ciencias y humanidades? Un estudio en seis países iberoamericanos, En: A. Bennassar, A. Vázquez, M. Manassero & A. García Carmona (Eds.), *Ciencia*,

Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología (Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, España, 2010).

[4] Manassero, M. & Vázquez, A., Actitudes y creencias de los estudiantes relacionadas con CTS, En: Membiela, P. (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad, Formación científica para la ciudadanía*, (Narcea, España, 2001).

[5] Jones, M. G. & Carter, G., Science teacher attitudes and beliefs, In: Abell, S. & Lederman, N., *Handbook of Research on Science Education*, (Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 2007).

[6] Acevedo, J., Vázquez, A., Manassero, M. & Acevedo, P., *Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **1**, 1-27 (2002).

[7] Manassero, M., Vázquez, A. & Acevedo, A., *Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: Nuevos avances metodológicos*, Enseñanza de las Ciencias **22**, 299-312 (2004).

[8] Vázquez, A., Acevedo, J. & Manassero, M., *Progresos en la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia mediante el cuestionario de opiniones CTS. CTS+I Sala de lectura*, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo6.htm>, Consultado el 10 de septiembre de 2012.

[9] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana*, (Santillana, España, 2008).

[10] Garritz, A., Rueda, C. & Robles, C., Opiniones de profesores y estudiantes mexicanos del bachillerato y la universidad públicos sobre la NdCyT: Una pobreza alarmante. En: A. Bennassar, A. Vázquez, M. Manassero & A. García Carmona (Eds.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*, (Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, España, 2010).

[11] Acevedo, J., Acevedo, P., Manassero, M. & Vázquez, A., *Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS*, Revista Iberoamericana de Educación,

http://www.rieoei.org/did_mat12.htm, Consulta-do el 10 de septiembre de 2012.

[12] Vázquez, A., Acevedo, J. & Manassero, M., *Aplicación del cuestionario de opiniones CTS con una nueva metodología en la evaluación de un curso de formación CTS*

del profesorado, Tarbiya Revista de Investigación e Innovación Educativa **37**, 31-65 (2006).

[13] Morell-Alonso, D., Cabo-Hernández, J. & Armas-Crespo, M., *Formación del profesorado de ciencias agronómicas de la universidad cubana de Ciego de Ávila en educación Ciencia-Tecnología-Sociedad*, Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación **2**, 89-100 (2011).

[14] Vázquez, A. & Manassero, M., *Actitudes relacionadas con la ciencia: Una revisión conceptual*, Enseñanza de las ciencias **13**, 337-346 (1995).

[15] Vázquez, A. & Manassero, M., *Response and scoring models for the "Views on Science-Technology-Society" instrument*, International Journal of Science Education **21**, 231-247 (1999).

[16] Vázquez, A., Manassero, M. & Acevedo, A., *Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems*, Revista Electrónica de Investigación Educativa **7**, <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>, Consultado el 10 de septiembre de 2012.

[17] Manassero, M., Vázquez, A. & Acevedo, J., *Cuestionario sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*, (Palma de Mallorca, España, 2001).

[18] Flores, F., Gallegos, L., Bonilla, X., López, L. & García, B., *Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de los profesores de biología del nivel secundario*, Revista Mexicana de Investigación Educativa **12**, 359-380 (2007).

[19] López, A., Rodríguez, D. & Bonilla, M., *¿Cambian los cursos de actualización las representaciones de la ciencia y la práctica docente?*, Revista Mexicana de Investigación Educativa **9**, 669-719 (2004).

[20] Lederman, N., Nature of Science: Past, present, and future, In: Abell, S. & Lederman, N. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, (Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 2007).

[21] Chin, Ch., *First-year pre-service teachers in Taiwan. Do they enter the teacher program with satisfactory scientific literacy and attitudes toward science?*, International Journal of Science Education **27**, 1549-1570 (2005).

[22] Barona, C., Verjovsky, J., Moreno, M., & Lessard, C., *La concepción de la naturaleza de la ciencia (CNC) de un grupo de docentes inmersos en un programa de formación profesional en ciencias*, Revista Electrónica de Investigación Educativa **6**(2), <http://redie.uabc.mx/vol6no2/contenido-barona.html>, Consultado el 10 de septiembre de 2012.



Ambientes de aprendizaje en Física: Evolución hacia ambientes constructivistas

Carolina Alvarado

Grupo de Investigación e Innovación en la Educación de la Física, Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, Ave. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, Nuevo León, México.

E-mail: carolina.alvarado@maine.edu

(Recibido el 18 de Diciembre de 2012, aceptado el 29 de Abril de 2015)

Resumen

La importancia del estudio de los ambientes de aprendizaje reside en la influencia que ejerce en el comportamiento humano. El ambiente de aprendizaje en el aula es definido en términos de las percepciones del ambiente compartidas por los estudiantes y los profesores, involucrando las diversas relaciones que puedan existir entre los mismos. Las modificaciones de los ambientes de aprendizaje se relacionan con la modificación de estrategias de enseñanza-aprendizaje. Dentro de la enseñanza de la Física se han rediseñado ambientes de aprendizaje buscando la mejora del proceso enseñanza-aprendizaje. El reporte presenta la evolución de los ambientes tradicionales a los centrados en el estudiante. Por ejemplo, el ambiente SCALE-Up ha mostrado mejoras en el aprendizaje de los estudiantes de Física y ha sido replicado en diversas instituciones, incluyendo una adaptación en una universidad mexicana. Si bien tanto estudiantes como profesores del salón reconocen que las estrategias de aprendizaje activo implementadas pueden ser utilizadas en un salón tradicional, el ambiente generado en ambientes centrados en el estudiante cambia la dinámica.

Palabras clave: Investigación en educación de la Física, Métodos y estrategias de enseñanza, Ambientes de aprendizaje.

Abstract

The relevance of the learning environment research can be found in its influence on the human behavior. The scholar learning environment is defined in terms of the shared environment perceptions between students and teachers, involving the different relationships developed among them. The learning environment modifications respond to the needs of the new teaching/learning strategies. There has been some classroom redesign intended to improve the teaching-learning process in physics education. This report presents the evolution of the traditional learning environments to the student centered learning environments. In example, we present the SCALE-UP environment which has shown improvements in the physics students' learning; it has been replicated in several universities, including a Mexican one. Even though students and teachers recognize the active learning strategies can be implemented in a traditional classroom, the environment generated in a student centered classroom changes the dynamics.

Keywords: Physics education research, Teaching methods and strategies, Learning environments.

PACS: 01.40.-d, 01.40.Fk, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha observado un cambio en las estrategias de enseñanza, donde el rol pasivo del estudiante está siendo transformado por un rol más activo en la formación de su propio aprendizaje. McDermott [1] califica la enseñanza por exposición o tradicional como un estilo inefectivo para la mayoría de los estudiantes, ya que se requiere que los estudiantes cuestionen constantemente su propia comprensión, confronten sus dificultades y persistan en tratar de resolverlas para aprender de manera adecuada bajo dicha instrucción. Como alternativa Laws [2] propone

involucrar a los estudiantes de manera “activa” apoyándose en la inclusión de tecnología para la enseñanza.

Es así que en el presente documento se presenta la evolución de los ambientes de aprendizaje de la Física y los impactos que han generado en el aprendizaje de los estudiantes. Se presenta de una manera cronológica, partiendo de los principios de los ambientes de enseñanza tradicional a los nuevos ambientes que se centran en el estudiante como participante principal del proceso de aprendizaje. Durante el documento se estará relacionando los ambientes con las estrategias que se proponen para el mismo.

II. AMBIENTES DE APRENDIZAJE

La relevancia de estudiar los ambientes sociales, en nuestro caso los de aprendizaje, radica en la influencia que los ambientes ejercen sobre el comportamiento humano. Lewin generó una teoría de campo donde plantea que el ambiente y su interacción con las características personales de los individuos son determinantes potentes del comportamiento humano [3]. Es así que la modificación del ambiente puede relacionarse con el comportamiento que se espera tanto de los estudiantes como del instructor a cargo.

Al hablar de ambientes de aprendizaje en el presente trabajo, no se limitará a las características Físicas del lugar, sino al comportamiento humano que se genera en el espacio como resultado de su interacción con las características personales de los involucrados. A continuación se analizan tres tipos de ambientes de aprendizaje, los cuales han sido diseñados según el estilo de enseñanza-aprendizaje que se pretende en cada ambiente.

II.A Ambientes de aprendizaje tradicionales

Los ambientes de aprendizaje tradicionales, son aquellos que promueven el ambiente adecuado para aprender por métodos tradicionales. Las principales características es que el profesor se encuentra como el personaje principal del proceso, por lo cual las sillas de los estudiantes dirigen su atención hacia el profesor para tener una buena visibilidad así como buena recepción de sonido. Los inicios de la enseñanza tradicional se remontan a tiempos ancestrales donde la clase sacerdotal tenía la tarea de preservar la uniformidad de creencias, lealtades y prácticas que mantenían unidas a las tribus y naciones [4]. La clase sacerdotal surgió antes de que existiera la escritura, por lo que el conocimiento era transmitido de manera oral. El conocimiento era transmitido de manera oral, y los asistentes adquirían el conocimiento mediante un papel pasivo de escuchar el sermón.

En la actualidad se cuentan con ambientes de aprendizaje que siguen basándose en los mismos principios. Donde el profesor se coloca al frente para *recitar* la clase a sus alumnos, quienes por medio de escuchar y tomar nota se espera que adquieran los conocimientos. Para favorecer dichas actividades se encuentran diversos ambientes adecuados.

Dentro de la Universidad de Minnesota se observa el diseño de salones descritos como generales o tradicionales con los que cuenta la institución (Figura 1). Dentro de la enseñanza tradicional se requiere que la atención de los estudiantes se centre en el profesor, por lo que se puede observar que los diferentes arreglos mantienen la alineación de los estudiantes hacia el profesor que se encuentra al frente del salón.

Mediante dicho arreglo, el ambiente propicia el ambiente necesario para la enseñanza tradicional: los estudiantes se concentran en lo que el profesor presenta y se reducen las distracciones.

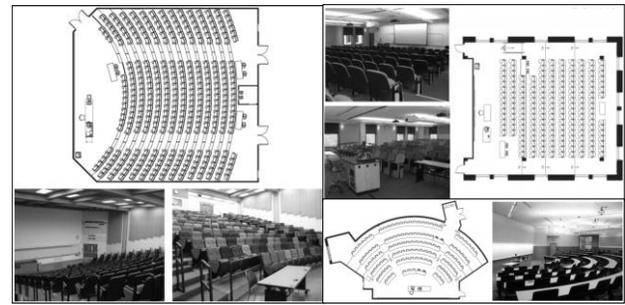


FIGURA 1. Se presentan tres diferentes arreglos de salones de clase de la Universidad de Minnesota. Los estudiantes toman asiento en filas dirigiendo su vista hacia el profesor [5].

II.B Ambientes de aprendizaje rediseñado

En la década de los noventa ya se hablaba de métodos activos para el proceso enseñanza-aprendizaje de la Física.

Algunos de los métodos que se habían desarrollado consistían en tutoriales conceptuales y cuantitativos que fomentaban la argumentación entre los estudiantes, dándoles un papel más activo. Otra tendencia era el uso de computadoras para realizar laboratorios físicos [2].

Se puede distinguir un ambiente de enseñanza tradicional a uno constructivista de acuerdo al uso que le dan a la hipermedia y multimedia [6]. Los ambientes tradicionales se utilizan la tecnología como medio de transmisión y recepción, mientras que en los ambientes constructivistas los aprendices la emplean para construir socialmente bases e conocimiento hipermedia/multimedia que reflejen su conocimiento propio y el de su comunidad del tema estudiado. Por lo tanto, se puede encontrar en la literatura transformaciones de ambientes de aprendizaje que pretendían incluir la tecnología para generar un ambiente de aprendizaje constructivista.

En 1993 se inaugura en el Instituto Politécnico de Rensselaer (Nueva York) el Studio Physics. La modificación tenía como propósito reducir el énfasis de las clases expositivas, mejorar la relación entre el curso y los laboratorios, aumentar la involucración activa de los estudiantes mientras se reduce su rol de observador, incluir experiencias de aprendizaje en equipo y colaborativas, e integrar más que hacer uso superficial de la tecnología en los cursos [7].

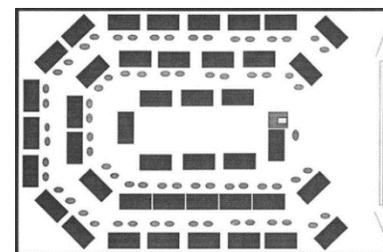


FIGURA 2. El arreglo del Studio Physics se comprende por mesas con capacidad de dos personas y un arreglo ovalado. Cada mesa cuenta con una computadora para cada equipo de dos.

De acuerdo a la aplicación de exámenes diagnósticos validados previo y posterior al curso, no se encontró mayores ganancias en aprendizaje conceptual de los estudiantes que las obtenidas en salones tradicionales bajo un método de enseñanza tradicional [8]. Si bien se redujo las clases expositivas, donde el profesor expone el tema a los estudiantes mientras ellos juegan un rol pasivo, no se lograron las mejoras esperadas. La evaluación realizada al Studio Physics reconoce que se cuenta con la infraestructura necesaria para la verdadera interactividad en el salón de clase, y se espera pueda ser mejorado su desempeño con la implementación de actividades centradas en el estudiante para obtener mejores resultados. Se podría decir que la implementación de la tecnología en la reestructuración del ambiente no logro un papel constructivista como se deseaba.

II.C Ambientes de aprendizaje centrado en el estudiante

De acuerdo con Dumlap y Grabinger [9], los ambientes de aprendizaje centrado en el estudiante tienen tres principales características: 1) se fomenta la responsabilidad y la toma de decisiones dentro de un ambiente de colaboración entre estudiantes y profesores, 2) se promueve el estudio y la investigación mediante contextos significativos y ricos en contexto, y 3) se implementan actividades donde los estudiantes participan de manera activa promoviendo proceso de pensamiento de alto nivel. Con tales fines, en la Universidad Estatal de Carolina del Norte se reestructuró el ambiente de aprendizaje de Física universitaria [10]. El proyecto de reestructuración del ambiente se basó en el rediseño del espacio físico y la generación de una reforma pedagógica que promueva el ambiente de aprendizaje centrado en el estudiante [11].

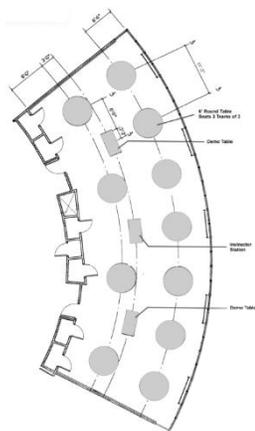


FIGURA 3. Se muestra el plano de la fase final de la implementación de SCALE-UP. Imagen obtenida de [11].

Dentro de la reforma pedagógica SCALE-UP se encuentra el fomento al uso de estrategias de enseñanza activa desarrolladas a partir de investigación [12]. Una de las características principales de dichas estrategias es el fomento al trabajo colaborativo así como la discusión entre

Ambientes de aprendizaje: Evolución hacia ambientes constructivistas estudiantes para que así surjan los conflictos cognitivos, de tal manera se expone el razonamiento inadecuado para dar pie a un entendimiento enriquecido [13]. Para facilitar la interacción entre los estudiantes, el rediseño físico del ambiente SCALE-UP toma como uno de sus principales distintivos el uso de mesas redondas en vez de asientos individuales alineados al “frente” del salón. De esta manera, el ambiente SCALE-UP fomenta la discusión de los estudiantes formando tres equipos de tres en cada mesa, los cuales colaborarán durante sus actividades de aprendizaje.

Puede encontrarse en la literatura el detalle tanto de las características Físicas como de la pedagogía que respalda al SCALE-UP [10, 11, 14, 15, 16]. Además de dichos artículos, se cuenta con el portal oficial del ambiente desarrollado por Beichner y el PER&D Group donde se recopilan aportaciones tanto de los desarrolladores del ambiente como de aquellos profesores que se encuentran impartiendo clases en dicho ambiente [2]. El portal permite compartir experiencias de los usuarios para enriquecer el uso del aula.

III. RENOVACIÓN DE AMBIENTES DE APRENDIZAJE EN MÉXICO

Dentro de México se realizó el 2010 la primera adaptación de un ambiente de aprendizaje centrado en el estudiante basado en el modelo SCALE-UP [18] llamada Sala ACE.



FIGURA 4. Primera adaptación del ambiente SCALE-UP en México. La sala fue inaugurada en el semestre Agosto-Diciembre 2010 en una universidad privada al norte de México.

La Sala ACE cuenta con ocho mesas redondas con capacidad de nueve estudiantes por mesa. Se encuentra enfocada en la enseñanza de Física y matemáticas. Se encuentra equipada con gran tecnología como una mesa con cámara para demostraciones, cuatro proyectores a lo largo del salón, una laptop disponible para cada equipo de tres, calculadoras con capacidades gráficas Texas Instrument, cuatro pizarrones blancos, una cámara para video llamadas, entre otros aditamentos. Los estudiantes en un inicio no se esperan un arreglo de mesas redondas para una clase, pero a lo largo del semestre se adaptan a un esquema de trabajo altamente colaborativo y participativo [19].

Los cambios en los ambientes de aprendizaje no se limitan al interior del aula. La reestructuración de los ambientes de aprendizaje también están siendo modificados

fuera de los salones de la universidad. La figura 5 muestra el cambio que se ha generado en la biblioteca de la institución.

Si bien se requieren de espacios silenciosos que permitan el estudio individual de los estudiantes, también se ha reconocido la falta de espacios que permitan el trabajo en grupos fuera del aula. Dentro del cuarto piso de la universidad se reestructuró el ambiente cambiando los pasillos de los estantes de la biblioteca por un espacio abierto con mobiliario que puede ser fácilmente arreglado para albergar pequeños y grandes grupos. Se ha proporcionado el acceso a pizarrones para el uso libre de los estudiantes en sus sesiones fuera de clase, así como pantallas con capacidad de proyectar desde sus computadoras. De manera similar se observan pizarrones en los pasillos de biblioteca que permiten reuniones informales de estudiantes con espacios disponibles para trabajar. Los cambios se realizan manteniendo en mente que se cuenta con una gran variedad de estilos de aprendizaje, por lo que se fomentan espacios para el estudio individual y colaborativo.



FIGURA 5. En la parte superior de la imagen se observa la sección de la biblioteca de la institución que permanece con un formato adecuado para el estudio individual de los estudiantes. Al centro se observa la renovación del cuarto piso de la biblioteca adaptada para el trabajo colaborativo de los estudiantes. En la parte inferior se observa el pasillo exterior donde los estudiantes se reúnen y hacen uso de los pizarrones.

IV. CONCLUSIONES

Durante las últimas décadas se ha hablado sobre el cambio pedagógico que se requiere para la enseñanza de la Física, un cambio que toma los principios del constructivismo que les da el papel central a los estudiantes del desarrollo de su aprendizaje. Sin embargo, ahora se habla del cambio de ambiente que se requiere a la par de la implementación de las nuevas estrategias de aprendizaje. Al ser el profesor un facilitador del aprendizaje, se requiere fomentar un

ambiente de discusión y colaboración entre los estudiantes donde puedan interactuar de manera natural. Se presentan algunas de las aportaciones a diseños de ambientes en el aprendizaje de la Física que se encuentran en la literatura.

El cambio del ambiente no se basa en el aspecto físicamente, sino a las interacciones que se propician dentro de dicho espacio. Si bien el ambiente SCALE-UP promueve el uso de la tecnología para un aprendizaje activo en los estudiantes, se recalca que su mayor tecnología es el uso de mesas redondas. Las mesas permiten que los estudiantes generen pequeñas sociedades de aprendizaje, donde el espacio les permite la facilidad de interactuar y así poder apoyarse entre ellos mismos para su aprendizaje.

Se reconoce que en muchas ocasiones se requiere una inversión para reestructurar un ambiente que se adapte a las necesidades de las actividades desarrolladas, sin embargo se recomienda buscar alternativas. Es posible buscar patrocinadores para la remodelación, o realizar modificaciones que no requieran una inversión muy alta.

REFERENCIAS

- [1] McDermott, L. C., *How we teach and how students learn-A mismatch?*, Am. J. Phys. **61**, 295 (1993).
- [2] Laws, P. W., *Promoting active learning based on Physics Education research in introductory Physics courses*, Am. J. Phys. **65**, 14 (1997).
- [3] Fraser, B. J., In: *Handbook of Research on Science Education*, Abell, S. K. & Lederman, N. G. (Eds.), (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwa, 2007).
- [4] Thut, I. N., *The story of education*, (McGraw-Hill Book Company, New York, 1957).
- [5] O. of C. Management, *Appendix DD to the University of Minnesota Construction Standards*, (UM, Minneapolis, 2010).
- [6] Jonassen, D. H. Myers, J. M. & McKillop, A. M., In: *Constructivist Learning Environment*, Wilson, B. G. (Ed.), 2a Ed. (Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, 1998).
- [7] Wilson, J. M., *The CUPLE physics studio*, The Physics Teacher **32**, 518 (1994).
- [8] Cummings, K., Marx, J., Thornton, R. K. & Kuhl, D., *Evaluating innovations in studio physics*, Am. J. Phys. **67**, S38 (1999).
- [9] Dunlap, J. C. & Grabinger, R. S., In: *Constructivist Learning Environment*, Wilson, B. G. (Ed.), 2a Ed. (Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, 1998).
- [10] Beichner, R. J., *SCALE-UP Report 1999* (1999).
- [11] Beichner, R. J., Saul, J. M., Allain, R. J. Deardorff, D. L. & Abbott, D. S., *Annual Meeting of the American Society for Engineering Education*, (ASEE, Seattle, Washington, 2000).
- [12] Meltzer, D. E. & Thornton, R. K., *Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics*, Am. J. Phys. **80**, 478 (2012).
- [13] Springer, L., Stanne, M. E. & S. D. Donovan, *Effects of small-group learning on undergraduates in science*,

mathematics, engineering and technology. A meta-analysis, Review of Educational Research **69**, 21 (1999).

[14] Beichner, R. J. & Saul, J. M., In: *Invention and impact: building excellence in undergraduate Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education*, (AAAS, Washington, 2004).

[15] Gaffney, J. D. H., Richards, E., Kustus, M. B., Ding, L. & Beichner, R. J., *Scaling up educational reform*, J. Coll. Sci. Teach. **37**, 18 (2008).

[16] Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J. J. Deardorff, D. L. Allain, R. J., Bonham, S. W., Dancy, M. H. & Risley, J., *The Student-Centered Activities for Large*

Ambientes de aprendizaje: Evolución hacia ambientes constructivistas Enrollment Undergraduate Programs (SCALE-UP) Project, Research-Based Reform of University, Physics **1**, (2007).

[17] PER&D Group, <<http://scaleup.ncsu.edu/>>, Consultado el 18 de Diciembre 2012.

[18] Zavala, G., Alarcon, H. Dominguez, A. & Rodriguez, R., *Sala ACE: Aprendizaje al servicio de la Educación*, Ciencia Conocimiento Tecnología **36** (2010).

[19] Alvarado, C., Dominguez, A., Rodriguez, R. & Zavala, G., *AIP Conf. Proc.*, Rebello, S., Engelhardt, P. & Singh, C. (Eds.), (AIP, Omaha, 2012).

Entendimiento conceptual y dificultades de aprendizaje de Electricidad y Magnetismo identificadas por profesores



Silvia Tecpan¹, Julio Benegas², Genaro Zavala¹

¹Departamento de Física, Tecnológico de Monterrey, E. Garza Sada 2501, CP64849, Monterrey, México

²Departamento de Física/IMASL, Universidad Nacional de San Luis, Ej. de los Andes 950, CP 5700, San Luis, Argentina.

E-mail: stecpan@gmail.com

(Recibido el 25 de Julio de 2014, aceptado el 30 de Mayo de 2015)

Resumen

Se reportan los resultados de entendimiento conceptual de los asistentes al taller de Aprendizaje Activo de Electricidad y Magnetismo AAEM. Este taller estuvo dirigido a formadores de formadores que se desempeñan en universidades e institutos dedicados a la formación inicial de profesores de Física en países de América del Sur. Utilizando como instrumento de medición el test de respuestas de opción múltiple *Conceptual Survey of Electricity and Magnetism* (CSEM), en una versión modificada que incluyó 12 preguntas sobre circuitos eléctricos. Se detectó que los profesores mostraban dificultades conceptuales en algunas áreas incluidas en la prueba. Se analizaron además las reflexiones de los asistentes sobre las principales preconcepciones de sus propios estudiantes en los tópicos del taller. Un bajo porcentaje de profesores fue capaz de describir las dificultades de aprendizaje más comunes en estas áreas de la Física básica, limitándose, la mayoría, a solo identificar los temas que causan dificultades de aprendizaje en sus estudiantes. Los resultados por áreas del CSEM han sido también discutidos, así como su posible correlación con las preconcepciones y dificultades de aprendizaje reportadas por los participantes al taller.

Palabras clave: formación docente, educación, electricidad y magnetismo.

Abstract

The results of conceptual learning workshop attained by participants to the Active Learning Electricity and Magnetism workshop (AAEM) are shown in this work. This workshop was aimed at teachers working in Argentina and other countries. We used a modified version of the CSEM, which includes 12 electrical circuits' items, to measure teachers' conceptual difficulties previous and after the workshop. We observed some conceptual difficulties remained after the workshop ended. We also recollected participants' reflections on their students' preconceptions in Electricity and Magnetism. We found that a low percentage of teachers were able to describe the most common student's preconceptions, instead most of the teachers focused on identify the most complicated topics for their students. Results are discussed by the CSEM dimensions and along its relationship with the students' preconceptions reported by these teachers.

Keywords: education, in service training, teaching methods and strategies.

PACS: 01.40.-d, 01.40.jh, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Los Talleres regionales del Cono Sur sobre Aprendizaje Activo de la Física fueron pensados como Escuela de Otoño para formadores de formadores que se desempeñaran en universidades e instituto de formación de profesores de Física de países del Cono Sur de América Latina. En el 2010 se abordaron estrategias de enseñanza para el Aprendizaje Activo de temas de Electricidad y Magnetismo (AAEM). Etkina [1] sugiere que en la formación del profesorado de Física se deben incluir tres tipos o aspectos del conocimiento (Ver Figura 1): a) conocimiento de Física, b) conocimiento pedagógico y c) conocimiento pedagógico

específico de la disciplina (*Pedagogical Content Knowledge*, PCK, por sus siglas en inglés). Con esto en mente, y con base en los resultados de investigación educativa en la enseñanza de la Física (*Physics Education Research*, o PER por sus siglas en inglés) que enfatizan la participación de los estudiantes en una variedad de actividades en el aula [2] se desarrolló un taller de formación profesional de enfoque constructivista con énfasis en las metodologías de aprendizaje activo de la Física. En esta aproximación se pretendió que los profesores construyeran, a través de la acción y la reflexión, su propio conocimiento sobre las estrategias de enseñanza presentadas [3].

Respecto de la evaluación conceptual propuesta y utilizada en este taller, los resultados de la Investigación en Física Educativa también han contribuido a desarrollar pruebas de opción múltiple que permiten diagnosticar el conocimiento conceptual de los estudiantes sobre un tópico en particular. Dichas pruebas ayudan a los docentes a evaluar, de una manera simple y objetiva, los resultados de aprendizaje de una determinada clase, de manera tal que pueda ser comparado con el obtenido en cursos anteriores o con otras muestras [4]. Una de las pruebas más conocida y ampliamente utilizada en Física Educativa es la Encuesta Conceptual sobre Electricidad y Magnetismo (*Conceptual Survey of Electricity and Magnetism*, CSEM, [5]), la cual fue utilizada en este trabajo para evaluar el aprendizaje de los participantes del taller AAeyM.

Congruente con la aproximación constructivista del taller, Gunstone [6] afirma que los docentes necesitan aprender a través de la reflexión en la práctica. Este aspecto fue promovido en el AAeyM al solicitar a los participantes que reflexionaran sobre las dificultades de aprendizaje y preconcepciones que tuvieran sus propios estudiantes sobre los temas de electricidad y magnetismo cubiertos en el taller. Chrobak [7] y Gil y colaboradores [8], entre otros, también sugieren cuestionar el pensamiento docente, bastante generalizado en la enseñanza de las ciencias, que esencialmente responsabiliza al estudiante de sus dificultades para aprender. Por ello también fue requerido a los asistentes al Taller AAeyM que reflexionaran al respecto.

En este marco en el presente trabajo se plantearon tres objetivos

- a) diagnosticar el conocimiento inicial y el aprendizaje conceptual de electricidad y magnetismo logrado por los asistentes al Taller AAeyM)
- b) describir que dificultades de aprendizaje y preconcepciones estudiantiles son reconocidas por estos formadores de formadores y
- c) indagar si existe alguna correlación entre este conocimiento de dificultades y preconcepciones estudiantiles y el conocimiento disciplinar que tienen los profesores sobre los temas del Taller.

A continuación se presentan algunos antecedentes del tema y la metodología de trabajo. La sección de resultados se divide en la presentación del análisis de ganancia normalizada en primer término y posteriormente el análisis de las dificultades de aprendizaje y preconcepciones reportadas por los asistentes. Se discuten luego estos resultados y sus posibles implicaciones didácticas. En la última sección se presentan las conclusiones del estudio.

II. ANTECEDENTES

A. ¿Qué deben saber los profesores de Física?

El éxito en la implementación de estrategias educativas recae principalmente en la formación del profesorado. No es suficiente que el profesor conozca la disciplina que enseña, es necesario, además, que sepa cómo aprenden los

individuos y cuáles dificultades enfrentan para aprender ciertos conceptos. El conocimiento pedagógico del contenido diferencia entre el conocimiento científico del profesor de ciencias y el del científico de esa disciplina. Los tres aspectos necesarios para la formación del profesor de Física propuestos por Etkina [1] se muestran gráficamente en la Figura 1.

B. Aprendizaje activo de la Física

El objetivo principal de los talleres regionales de formación de formadores sobre aprendizaje activo de la Física fue promover el uso de estrategias de enseñanza centradas en el estudiante. Estas estrategias, que tienen su base fundamental en la investigación educativa en Física llevada a cabo en los últimos 30 años [2], guían al estudiante en la construcción de su conocimiento a través de la observación directa del mundo real. Se busca que el alumno siga un ciclo de aprendizaje que a veces se representa como PODS (Predicción, Observación, Discusión y Síntesis), en el cual se propicia la comparación entre las creencias con que llega a la clase de Física y las leyes Físicas que gobiernan al mundo real. Las metodologías de aprendizaje activo de la Física han demostrado su efectividad para incrementar el aprendizaje conceptual, reproducir el proceso científico en el aula y desarrollar las capacidades de razonamiento.

Una forma de introducir e integrar a los formadores de formadores a las estrategias de aprendizaje activo es a través de su realización como si fueran estudiantes. Por ello en el Taller AAeyM se pidió a los asistentes realizar detalladamente las distintas actividades de dichas estrategias de la misma manera en que deberían realizarla sus estudiantes. Siguiendo en la formación docente también esta misma aproximación constructivista al aprendizaje, se requirió a los asistentes que antes de abordar las actividades de cada tema, reflexionaran, reconocieran y registraran las dificultades de aprendizaje y modelos alternativos de sus propios estudiantes, así como sus propias experiencias en la enseñanza de dicho tema. Esta aproximación didáctica tiene entre sus objetivos principales ayudar al docente a transitar el difícil camino que va desde la instrucción tradicional, donde es autoridad y dueño del conocimiento, al de facilitador de los procesos de aprendizaje, característico de las estrategias de aprendizaje activo [9].

C. Conocimiento conceptual de electricidad y magnetismo

Respecto del conocimiento conceptual que los participantes tenían y adquirieron durante el Taller AAeyM, al principio y al final del mismo se les requirió que contestaran un test sobre aspectos conceptuales de electricidad y magnetismo.

Esta actividad fue propuesta como un ejemplo práctico del uso de pruebas de respuestas de opción múltiple en la evaluación formativa [3].

En este punto, es importante destacar que la evaluación conceptual se ha visto muy favorecida en los últimos años por el desarrollo de pruebas conceptuales de opción múltiple, derivadas de la extensa investigación educativa

sobre los problemas de aprendizaje de los diversos tópicos de la Física. Una de ellas es *Conceptual Survey of Electricity and Magnetism* (CSEM, [5]), que mide el conocimiento en electricidad y magnetismo. Consiste en 32 preguntas de opción múltiple en la que las opciones incorrectas corresponden a los principales modelos conceptuales alternativos que la investigación educativa ha encontrado en distintas muestras de estudiantes. Es, junto con el *Brief Electricity and Magnetism Assessment* (BEMA) [10] uno de los diagnósticos más usado en temas de

electricidad y magnetismo, Ambos se basan en una exhaustiva taxonomía de concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje de los distintos temas de electricidad y magnetismo obtenido de estudiantes de nivel universitario y también preuniversitario. Los conceptos de electricidad y magnetismo no son tan concretos y familiares como los de mecánica, por lo que las preconcepciones de estos temas pueden no ser tan variadas y tan numerosas, pero son particularmente fuertes [5].

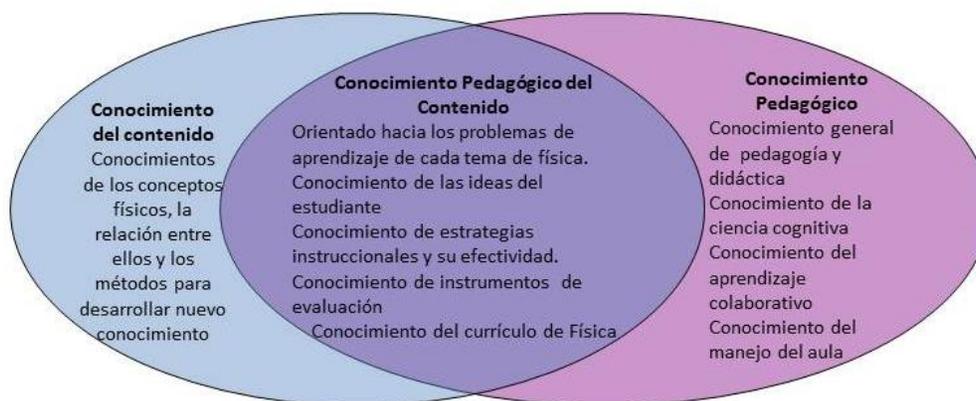


FIGURA 1. Etkina [1] muestra los tres aspectos que se considera que debe saber el profesor de Física. No solo debe saber la disciplina y los aspectos generales de cómo se aprende sino la amalgama o intersección entre ambos conocimientos, el PCK, que estudia sobre los aspectos particulares que hacen al aprendizaje de los distintos temas de la disciplina. Este aspecto, no desarrollado ni valorado anteriormente, se ha vuelto aspecto clave para una adecuada preparación docente en Física (y otras disciplinas).

En el taller AAEM se abordó también el tema de circuitos eléctricos. Para evaluar el entendimiento conceptual de los circuitos eléctricos se utilizó una versión modificada del CSEM que incluyó 12 preguntas adicionales sobre estos temas. La versión modificada del instrumento puede consultarse en el manual de entrenamiento elaborado para el taller (ISBN 978-987-1595-34-1). Esta versión fue previamente probada [11] de tal forma que el CSEM modificado constó de 44 preguntas distribuidas en 15 dimensiones conceptuales de electricidad y magnetismo que son: I) Distribución de carga en conductores y aislantes, II) Ley de Coulomb, III. Tercera Ley de Newton, IV. Superposición de fuerza y campo eléctrico, V. Fuerza causada por un campo eléctrico, VI. Trabajo y energía potencial, VII. Carga inducida y campo eléctrico, VIII. Fuerza magnética, IX. Campo magnético causado por corrientes, X. Superposición de campos magnéticos, XI. Ley de Faraday, XII. Corriente eléctrica, XIII. Diferencia de potencial, XIV. Resistencia equivalente, XV. Circuitos RC.

D. Dificultades de aprendizaje y preconcepciones de electricidad y magnetismo

Los temas de electricidad y magnetismo son menos intuitivos que los de mecánica newtoniana y abarcan un área conceptual bastante amplia. Además se basan en la comprensión de otros dominios, que se consideran adquiridos, como fuerza, movimiento y energía. En el

dominio de electricidad y magnetismo la mayoría de los estudiantes están poco familiarizados con los fenómenos, pues prácticamente no los han experimentado en la vida cotidiana lo que contrasta con el énfasis en el formalismo (expresiones matemáticas, principios y relaciones) presente en la instrucción tradicional. El carácter abstracto de los fenómenos de electricidad y magnetismo, comparados con los de mecánica, se traduce en dificultades de comprensión y frustración en muchos estudiantes [5].

Arons [12] menciona que parte del vocabulario sobre electricidad y magnetismo se escucha desde la infancia (por ejemplo corriente, voltaje) por lo que muchos profesores y libros de texto asumen que los conceptos asociados con dichas palabras ya han sido comprendidos, pero desafortunadamente no es así. Pocos estudiantes han observado interacciones electrostáticas o jugado con imanes además de que culturalmente se los ha condicionado por el miedo a la electricidad. Por estas razones es conveniente que los cursos introductorios de Física comiencen examinando el vocabulario básico y su significado operacional de lo contrario el docente encontrará que una gran cantidad de sus estudiantes tendrán serias dificultades de aprendizaje.

Diversas investigaciones han demostrado que algunos profesores de ciencias mantienen ideas previas similares a las de sus estudiantes. Dichas ideas interfieren con lo que se enseña en clase provocando un aprendizaje deficiente con pérdida de coherencia. También se ha encontrado que es posible modificar las ideas previas a través de estrategias que

promuevan el cambio conceptual [13]. Resulta entonces necesario que los profesores conozcan cuales son las ideas previas de los estudiantes y cómo inciden en el aprendizaje.

Los resultados de Física educativa se pueden consultar en los artículos de investigación publicados o se puede recurrir a inventarios de preconcepciones por tema que se encuentran en Internet, por ejemplo en: <http://www.huntel.net/rsweetland/science/misconceptions/electMagnet.html>.

E. Preconcepciones docentes sobre la enseñanza de la ciencia

Gil y colaboradores [8] mencionan que ahora se comprende que los profesores de ciencias también tienen ideas, actitudes y comportamientos sobre el proceso de enseñanza, debidos a una larga formación “ambiental” durante el periodo en el que fueron alumnos y a raíz de ello sostienen preconcepciones acerca de la enseñanza de la ciencia. Está también comprobado que estas preconcepciones de los profesores sobre la enseñanza y el aprendizaje impacta en su trabajo en el aula, por lo que es necesario conocer y cuestionar el pensamiento docente. Algunos de estos pensamientos están relacionados con el carácter “natural” del fracaso generalizado de los alumnos apoyado en el determinismo biológico (alumnos “listos” y “torpes”).

Chrobak [7] indica que es preciso cuestionar la idea de que enseñar es fácil y tomar conciencia de la necesidad de una concepción teórica que articule los planteamientos didácticos. En particular, se debe reforzar el conocimiento de cómo se aprende y promover la reflexión de las experiencias didácticas.

La reflexión en la práctica y el aprendizaje que esta experiencia genera es un aspecto fundamental en la formación docente. De acuerdo con Gunstone [6] lo más importante es la reflexión ya que no se aprende sólo de la experiencia sino de la reflexión en la experiencia.

Las estrategias de aprendizaje activo que se emplearon en el taller AAEM fuerzan al docente a abandonar al rol tradicional de explicar todo con autoridad, y lo inducen a cuestionar la enseñanza por transmisión y las creencias que esto implica. Estas estrategias los inducen con naturalidad a ocupar el rol de facilitadores del material didáctico y por tanto son un elemento central para ayudarlos a cambiar su concepción del aprendizaje [4].

III. METODOLOGÍA

En esta sección se describen el contexto, las características de la muestra, los instrumentos utilizados y el método de análisis empleado.

A. Contexto

Los Talleres Regionales del Cono Sur son talleres anuales y se abordan desde una aproximación didáctica constructivista. Las metodologías de enseñanza de la Física utilizadas han sido desarrolladas en grupos de investigación educativa de

los Estados Unidos de América. Han demostrado su efectividad para incrementar el aprendizaje conceptual en múltiples aplicaciones y se fundamentan en los resultados de la investigación educativa en Física llevada a cabo en los últimos 30 años [2]. El objetivo ha sido, entre otros aspectos, preparar grupos de formadores de formadores que puedan utilizar esta aproximación en la formación inicial del profesorado en sus propias instituciones o replicar este tipo de talleres para el aprendizaje activo de la Física en las distintas regiones de los países del Cono Sur. Por ello en el taller AAEM participaron representantes de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador y Uruguay, quienes se desempeñan como profesores de Física y contribuyen en sus regiones a la formación inicial y en servicio del profesorado de Física.

Se utilizaron principalmente actividades de Física en Tiempo Real [14], Clases Demostrativas Interactivas [15] y Tutoriales para Física Introductoria [16]. Se trabajó además en la utilización de análisis de videos con el programa LoggerPro, de Vernier software & Technology.

Concordante con la visión de aprendizaje activo de la Física, en el taller se propone que la formación del profesorado tenga la misma aproximación constructivista con que se pretende se enseñe Física. Para ello fue importante que los participantes pudieran reflexionar, al inicio y final de la jornada de cada tema, sobre las dificultades de aprendizaje de sus propios alumnos en el tema tratado, y cómo las actividades propuestas por cada una de las estrategias podrían contribuir a resolver dichas dificultades en su propio entorno de enseñanza. Se puede obtener mayor información sobre este taller en la referencia [4].

B. Muestra

La muestra utilizada puede ser caracterizada como *purposeful sampling* ya que los participantes al Taller son individuos que tienen una experiencia y competencia especial en el asunto de interés [17]. Esta muestra intencional no se toma como representativa de los profesores de Física en general ya que los asistentes son, en primer lugar, formadores de formadores y, en segundo lugar, demuestran estar interesados en el aprendizaje activo de la Física. Los participantes elegidos tienen un perfil similar integrado por las siguientes características: son profesores de Física, tienen algún conocimiento de los resultados de investigación educativa en Física, son profesores en servicio, cuentan con apoyo o aval institucional para asistir a estos talleres de formación y comparten el interés de aprender estrategias de aprendizaje activo para transmitirlos a sus estudiantes de profesorado en Física.

En el caso de los test conceptuales dado que es necesario contar con información por alumno pre y post taller se analizaron las respuestas de 26 profesores aunque en el Taller participaron aproximadamente 45. El reporte escrito de las reflexiones diarias sobre las dificultades de los estudiantes en cada tema fue variable y anónimo (entre 40 y 50 aportaciones por tema).

C. Método

Los datos pre-/post-instrucción del CSEM se presentaron en el taller como un ejemplo práctico del uso de una prueba de respuestas de opción múltiple desarrollada en base a resultados previos de investigación educativa sobre dificultades características y modelos alternativos en estos temas de Física. Para el análisis de los datos del CSEM se utilizó análisis de ganancia normalizada, el cual permite medir y comparar la ganancia obtenida en cursos de la misma índole o comparar los resultados de cursos de aprendizaje activo de la Física con cursos de corte tradicional [18], inclusive con muestras de estudiantes de distintos sistemas educativos.

De acuerdo con [19] la ganancia normalizada es la razón entre la ganancia obtenida en un curso (diferencia entre el pre test aplicado al inicio del curso y el post test aplicado al final del mismo) y la ganancia máxima posible, es decir la diferencia entre el resultado máximo posible (puntuación perfecta) y la situación inicial (pre-test). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$g = \frac{\langle post \rangle - \langle pre \rangle}{100 - \langle pre \rangle} \quad (1)$$

Donde el signo $\langle \rangle$ indica el promedio de toda la clase antes (pre test) y después (post test) de la instrucción. Los resultados obtenidos se pueden categorizar en zonas de ganancia normalizada baja ($g < 0,3$), media ($0,3 < g < 0,7$) y alta ($g > 0,7$). Al estar referida al valor del conocimiento inicial, esta definición de la ganancia normalizada permite comparar el grado de logro de la estrategia educativa en distintas clases, independientemente del estado inicial del conocimiento de cada una de ellas.

Utilizando este parámetro de medida, Hake [19] mostró que los cursos universitarios introductorios de mecánica que utilizan una estrategia tradicional de enseñanza tienen una ganancia normalizada relativamente baja ($\langle g \rangle = 0,23 \pm 0,04$) mientras que los que utilizan alguna estrategia de aprendizaje activo lograron una ganancia normalizada claramente superior ($\langle g \rangle = 0,48 \pm 0,14$). Este resultado ha sido confirmado por varios estudios posteriores, entre ellos por Coletta & Phillips [20], quienes mostraron que los cursos con enseñanza tradicional están caracterizados por valores de g cercanos a 0,2 mientras que en los cursos con estrategias de aprendizaje activo se encuentran generalmente valores en el rango de 0,3 a 0,6.

El pre test se aplicó inmediatamente después de la introducción al taller y antes de iniciar con los contenidos. El post test fue aplicado cuando ya se habían abordado todos los temas y estrategias previstos y antes de la reflexión final del taller.

El CSEM modificado se complementó con reflexiones escritas. Los profesores reflexionaron en forma individual sobre las dificultades de aprendizaje y preconcepciones de sus alumnos antes de abordar la unidad didáctica de cada tema. Posteriormente, al finalizar la actividad volvieron a reflexionar en pequeños grupos colaborativos sobre la utilidad de las estrategias didácticas presentadas para

transformar las preconcepciones reportadas al inicio. Se utilizó análisis de contenido para el procesamiento de las reflexiones escritas [21].

IV. RESULTADOS

A. Entendimiento conceptual

En primer término se presentan en la Tabla I los parámetros estadísticos obtenidos por la aplicación del CSEM antes y al finalizar el Taller también se indica el número de pregunta que se evaluó en cada sección. A pesar de que fue una actividad de sólo cinco días con énfasis en el aspecto pedagógico de las estrategias se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Se aplicó el Test de Wilcoxon [22] entre los resultados del pre test y el post test del instrumento completo y por áreas. ESTOS parámetros estadísticos se calcularon con SPSS v.16. En la Tabla II se muestra el valor de Z , la significancia de la prueba y el valor de ganancia normalizada obtenidos por la aplicación del CSEM antes y al finalizar el Taller.

De los resultados del Test de Wilcoxon y el valor de ganancia normalizada (Ver Tabla II) puede inferirse que los participantes parecen haber incrementado su comprensión conceptual en temas de electricidad y magnetismo. Lo mismo se observó al analizar los datos del pre y post test de las preguntas de circuitos eléctricos. Un análisis por subtemas indica que en las preguntas sobre Interacciones eléctricas no se encontró diferencia estadísticamente significativa y el valor de ganancia normalizada fue cero.

En cuanto a la ganancia normalizada se observa que el valor más alto se obtuvo en circuitos eléctricos lo que parece haber contribuido a que en el resultado del CSEM modificado se obtuviera mayor ganancia que en las 32 preguntas de la versión original del CSEM.

TABLA I. Parámetros estadísticos por área del CSEM en porcentaje.

Tema (preguntas que se evalúan)	Pre test %	(Desviación estándar) %	Post test %	(Desviación estándar) %
CSEM (1-32)	76	(19)	78	(19)
Modificado (1-44)	73	(20)	79	(18)
Circuitos (33-44)	63	(15)	83	(15)
Ley de Faraday (29-32)	62	(14)	73	(15)
Interacciones eléctricas (1-20)	79	(16)	79	(16)

TABLA II. Resultados pre y post instrucción por áreas del CSEM modificado, de ganancia normalizada y del Test de Wilcoxon.

Tema preguntas que lo evalúan	Z	Significancia (p<)	Ganancia normalizada
CSEM (1-32)	-0.693	(0.489)	0.08
Modificado (1-44)	-3.856	(0.001)	0.22
Circuitos (33-44)	-3.729	(0.001)	0.54
Ley de Faraday (29-32)	-2.164	(0.030)	0.29
Interacciones eléctricas (1-20)	-0.18	(0.857)	0

Respecto del conocimiento disciplinar, la Figura 2 muestra que en varias preguntas el rendimiento de la muestra es cercano al 50%, que puede interpretarse como un valor bajo si se considera que quienes han respondido este instrumento son formadores de formadores en Física.

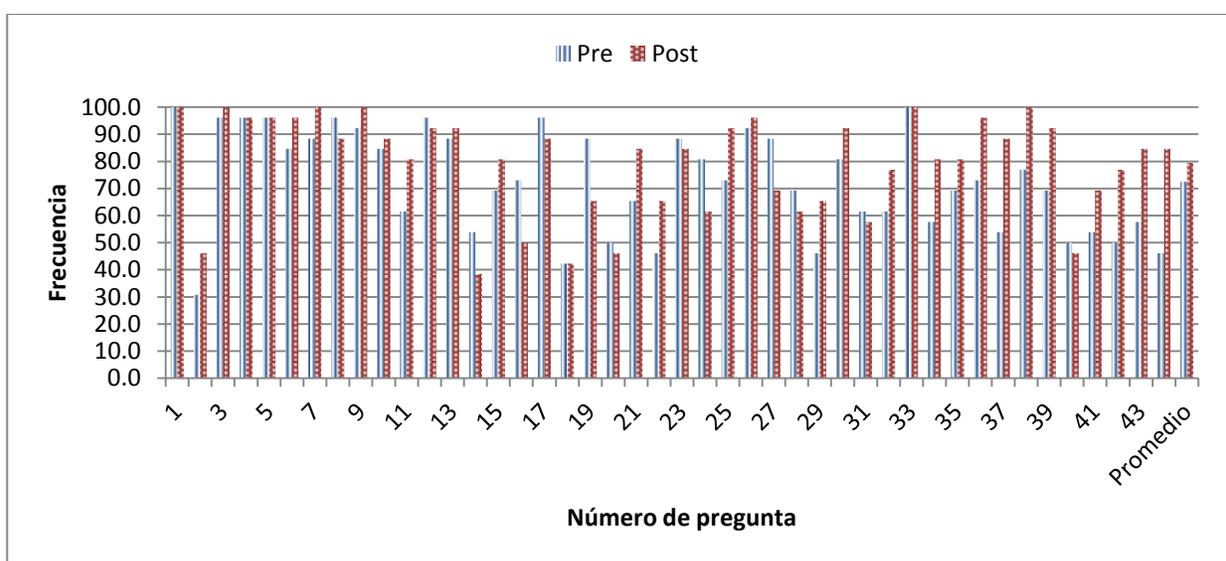


FIGURA 2. Resultados pre/post test en las 44 preguntas del CSEM modificado. Las 12 preguntas de circuitos eléctricos son los ítems 33 a 44. Las últimas dos barras a la derecha muestran el promedio pre y post instrucción para todo el instrumento.

Es interesante analizar que estos formadores de formadores mostraron mayor dificultad en algunos de los ítems. En la Tabla III se muestran las áreas conceptuales del CSEM y las preguntas que la evalúan de acuerdo con lo propuesto por sus autores [5]. En la tercera columna se indican los ítems con valor inferior a 50 en el pre test o en el post test mientras que en la cuarta columna se individualizan aquellos ítems en los que se obtuvo un valor mayor en el pre test comparado con el post test. Conviene resaltar que no se abordaron todos los temas evaluados en el CSEM durante los cinco días que duró el taller, lo que podría explicar que algunas de las ideas de los docentes no se modificaron con la realización de las actividades de aprendizaje activo propuestas en el Taller. Se observa que el área conceptual de trabajo y energía potencial es donde se encontraron más dificultades aun cuando se trata de un concepto que se aborda previamente en mecánica.

B. Dificultades de aprendizaje y concepciones alternativas

Cada día, antes de impartir el tema, se pidió a los profesores que reflexionaran y reportaran por escrito de manera individual cuales eran las dificultades de aprendizaje más notables de sus estudiantes en el tema del día. Este tipo de conocimiento forma parte del PCK, según lo propuesto por Etkina sobre la formación del profesorado [1]. Se recopilieron 142 aportaciones individuales que pudieron separarse en 336 frases divididas entre los cuatro temas tratados en el taller AAEM. De acuerdo con Giroux y Tremblay [23] las opiniones son fenómenos mentales que solo pueden ser evaluados al expresarse verbalmente o por escrito. En las producciones de los profesores se encontró que la mayoría de ellos no describió las preconcepciones específicas que tienen sus alumnos, limitándose en general, a mencionar el tema de mayor dificultad o en el mejor de los casos reportaron como dificultad la confusión entre

términos. Sólo algunos profesores fueron capaces de describir los modelos alternativos de sus estudiantes.

TABLA III. Distribución de preguntas por área conceptual en el CSEM modificado. Se destacan las preguntas con valores inferiores a 50 y con valores mayores en el pre test vs. el post test.

Área conceptual	Pregunta que la evalúa	Preguntas con valor inferior a 50	Preguntas con valor mayor en el pre test vs. post test
I. Distribución de carga en conductores y aislantes	1,2,13	2	
II. Ley de Coulomb	3,4,5		
III. Tercera Ley de Newton	4,5,7,24		
IV. Superposición de fuerzas y campo eléctrico	6,8,9		8
V. Fuerza causada por un campo eléctrico	10,11,12,15, 19,20	20	12,19
VI. Trabajo y energía potencial	11,16,17,18, 19,20	18,20	16,17,19
VII. Carga inducida y campo eléctrico	13,14	14	
VIII. Fuerza magnética	21,22,25,27, 31	22	27,31
IX. Campo magnético causado por corrientes	23,24,26,28		23,28
X. Superposición de campos magnéticos	23,28		
XI. Ley de Faraday	29,30,31,32	29	31
XII. Corriente eléctrica	33,34,35,37, 39		
XIII. Diferencia de potencial	36,38,40	40	
XIV. Resistencia equivalente	41,42		
XV. Circuitos RC	43,44	44	

La unidad de análisis de contenido fue la frase proponiéndose cuatro categorías [21] que fueron elegidas a partir del grado de detalle de la información. Cabe mencionar que en ocasiones un mismo profesor reportó más de un comentario por lo que en ocasiones se tuvieron más comentarios que número de participantes. Las categorías se describen a continuación y su comportamiento se puede observar en la Figura 3.

Menciona el tema: Agrupa las frases en las que solo se indica el tema sin mayor explicación del motivo de la dificultad. Ejemplo: “Resistencia equivalente”, “Ley de Faraday”, “Campo eléctrico”. Esta categoría mostró la mayor frecuencia en todos los temas lo que sugiere poca disposición del docente para reflexionar sobre las causas de las dificultades de aprendizaje de sus alumnos.

Atribuible al alumno: Se incluyeron las frases en las que los profesores indican que las dificultades de aprendizaje se deben a las características del alumno y a su intención para aprender, por ejemplo: “Llegan con pocos conocimientos previos”, “Pasividad del alumno”. Es notable que los asistentes al taller AAEM responsabilicen poco al alumno de las dificultades de aprendizaje lo que sugiere mayor conciencia de la responsabilidad del docente al elegir las estrategias más adecuadas para dirigir los procesos de enseñanza y de aprendizaje. En la Figura 3 se observa que estos comentarios mostraron mayor frecuencia en los primeros dos días del taller, siendo prácticamente nulos en los dos temas tratados al final del taller.

Atribuible a procedimientos: Se incluyeron las frases en las que el aspecto procedimental ya sea con la matemática o la representación gráfica se indica como responsable de las dificultades de aprendizaje. Se encontraron comentarios como: “Uso de la regla de la mano derecha”, “Comprender el carácter vectorial de un fenómeno”. La mayor frecuencia de estas frases se reportaron en electromagnetismo tanto por la comprensión del comportamiento vectorial del fenómeno como por la aplicación de la regla de la mano derecha.

Describe la preconcepción: En esta categoría se agruparon los comentarios en los que sí se desarrolló el modelo alternativo que sostiene el alumno para determinados conceptos. Por ejemplo: “Creen que la corriente se gasta”, “Creen que existen dos tipos de cargas magnéticas como las eléctricas”. Este tipo de frases se encontró con mayor frecuencia en el tema de Circuitos Eléctricos como se aprecia en la Figura 3. Estos resultados concuerdan con algunos de los inventarios de preconcepciones disponibles en Internet en donde se destina mayor atención a los circuitos eléctricos y, tal como menciona Arons [12], poco a electricidad estática.

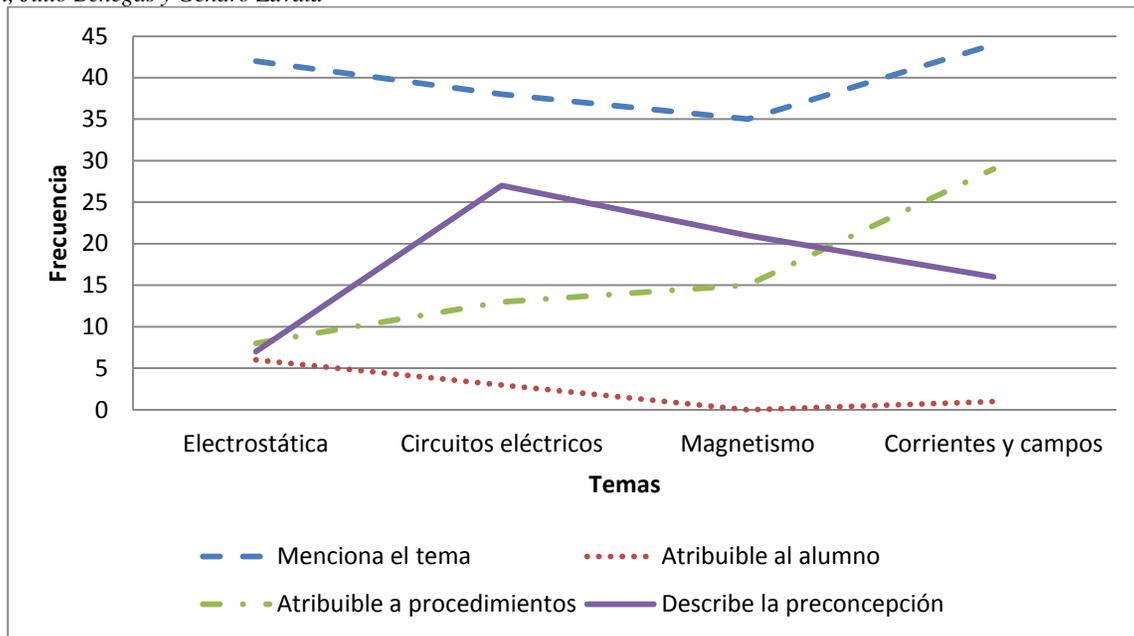


FIGURA 3. Frecuencia de las categorías de las dificultades de aprendizaje estudiantiles reportadas por los profesores para cada uno de los temas del taller.

V. DISCUSIÓN

A. Preconcepciones y áreas conceptuales del CSEM con más dificultades

Los ítems con puntuaciones inferiores a 50 (Ver Tabla III) sugieren que los profesores que asistieron al taller AAEM tienen dificultades conceptuales en esas áreas. Esto también sugiere que los profesores desconocen las preconcepciones que pueden tener sus alumnos al respecto. Maloney y colaboradores [5] detallan los problemas conceptuales asociados con las preguntas del CSEM lo que permite identificar las posibles creencias de los docentes y a partir de ellas observar si existe relación con las preconcepciones y las dificultades de aprendizaje de sus estudiantes.

Durante el primer día del taller en que se trabajó con Interacciones electrostáticas los profesores prácticamente no describieron dificultades de aprendizaje, no describieron modelos alternativos, tampoco dificultades procedimentales, únicamente enunciaron los temas en los que sus estudiantes muestran dificultades (Ver Figura 3).

Este resultado coincide con el hecho de que fue el área conceptual del CSEM en donde se registraron más ítems con puntajes inferiores a 50. Al respecto recordamos que Arons [12] afirma que como estudiante se tiene poco contacto con el fenómeno de electricidad estática y por ello puede ser un tema más difícil de aprender conceptualmente.

El tercer día las actividades de aprendizaje activo se enfocaron en el tópico de magnetismo. En este tema los profesores mostraron dificultades en menos ítems (Ver Tabla III) y aumentó la cantidad y detalle de las descripciones de las dificultades de aprendizaje de sus estudiantes (Ver Figura 3). Reportaron dificultades procedimentales y algunas preconcepciones lo que pudo haber influido en que disminuyera la enunciación de temas con dificultades.

Finalmente, el cuarto día se desarrollaron estrategias didácticas de aprendizaje activo para el tema de electromagnetismo. En este caso también fueron pocos los ítems con valores inferiores a 50 o con un valor inferior en el post test comparado con el pre test (Ver Tabla III). Los profesores reportaron muy pocas preconcepciones de sus estudiantes, pero se incrementó notablemente la enunciación de dificultades de aprendizaje asociadas con procedimientos (Ver Figura 3).

En los 12 ítems que se agregaron al CSEM sobre circuitos eléctricos solamente en dos de ellos se obtuvieron valores inferiores a 50 (Ver Tabla III). Fue notable la cantidad de preconcepciones reportadas por estos participantes, comparadas con las pocas preconcepciones que reportaron en los otros temas (Ver Figura 3). Este resultado sugiere que cuando los profesores están más conscientes de las preconcepciones y dificultades de aprendizaje que pueden tener sus alumnos prestan mayor atención a las posibles formas de confrontarlas.

Las preconcepciones y dificultades de aprendizaje que reportan los docentes reflejan de algún modo lo que consideran prioritario para el aprendizaje de sus estudiantes.

En la Tabla IV se muestran las principales dificultades de aprendizaje y preconcepciones que los profesores reportan que tienen sus estudiantes en algunas áreas conceptuales del CSEM modificado. Entre paréntesis se indica la categoría en que fue clasificada dicha dificultad de aprendizaje.

El análisis de ganancia mostró que el área en que se logró una mayor mejoría fue Circuitos Eléctricos, donde se obtuvo una ganancia normalizada de 0,54. Sobresale este resultado porque fue una de las dos áreas con valor más bajo en el pre test (63%). Este valor sugiere que las estrategias empleadas en el taller permitieron a los formadores de formadores mejorar su comprensión conceptual al confrontar sus propias dificultades conceptuales y preconcepciones. Este resultado

concuera con la experiencia reportada por Abbot y colaboradores [25] en la que se logró mejorar la comprensión conceptual del comportamiento de los circuitos eléctricos de corriente continua a través del uso de solo dos Tutoriales para Física Introductoria sobre circuitos eléctricos. Circuitos eléctricos, por otra parte, fue el área en donde los profesores lograron expresar una mayor cantidad de preconcepciones estudiantiles, lo que puede ser producto de haberlas encontrado descritas en libros de didáctica de las ciencias [8, 24] o en Internet.

TABLA IV. Dificultades de aprendizaje y preconcepciones de los estudiantes, reportadas por los formadores de formadores en algunas áreas del CSEM modificado.

Área conceptual del CSEM
Dificultades de aprendizaje y preconcepciones (categoría)
Superposición de fuerzas y de campo eléctrico
Campo eléctrico (Mención del tema)
Carácter vectorial del campo eléctrico (Asociado a procedimientos)
Los estudiantes tienen la idea de que un campo aísla del entorno (Preconcepción)
Trabajo y energía potencial
Potencial eléctrico (Mención del tema)
Teorema de trabajo y energía por el trabajo con vectores (Asociado a procedimientos)
Fuerza magnética
Campo magnético (Mención del tema)
Carácter vectorial y tridimensional del campo magnético (Asociado a procedimientos)
Creen que existen dos tipos de cargas magnéticas como las eléctricas (Preconcepción)
Creen que todos los metales son magnéticos (Preconcepción)
Ley de Faraday
Sentido de la corriente inducida (Asociado a procedimientos)
Regla de la mano derecha (Asociado a procedimientos)
Carácter vectorial del fenómeno (Asociado a procedimientos)
Creen que hay fem solo cuando cambia el campo magnético (Preconcepción)
Circuitos eléctricos
La corriente se gasta (Preconcepción)
La corriente eléctrica se comporta como el caudal de agua en una manguera (Preconcepción)
Ven los diagramas como una fotografía del circuito (Asociado a procedimientos)
Resistencia equivalente (Mención del tema)

La estrategia de aprendizaje activo utilizada en el taller que los profesores consideraron más efectiva para el tema de Circuitos eléctricos fue Física en Tiempo Real, seguida de Tutoriales para Física Introductoria.

La corta duración del taller y los valores de ganancia normalizados positivos que se obtuvieron, prácticamente en todas las áreas del CSEM, sugiere que la estructura del curso resultó útil también para incrementar el conocimiento disciplinar de estos profesores. Por otra parte, la reflexión continúa sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes y discutir sobre la efectividad de las estrategias experimentadas pudo contribuir a mejorar su conocimiento pedagógico de contenido.

En la comparación de resultados por pregunta entre el pre test y el post test cabe mencionar que en el taller se proporcionaron actividades de las cuatro estrategias de aprendizaje activo sólo sobre algunos temas de electricidad y magnetismo, pero bajo ninguna circunstancia se pretendió cubrir todo el contenido conceptual del CSEM. Se hizo una combinación de las cuatro estrategias en cada uno de los temas. Se abordó un tema por día y en cada día se trabajaron las 4 estrategias para distintos contenidos temáticos.

En el tema de Interacciones eléctricas (ítems 1 a 20) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas y el valor de ganancia normalizada fue cero (Ver Tabla II). Al ser un tema más abstracto y complejo que Circuitos Eléctricos se puede inferir que la modificación de las preconcepciones requiera un tratamiento más extenso, algo que no es posible en un taller de tan corta duración. El área conceptual del test dedicada a Trabajo y energía potencial fue la que acumuló la mayor cantidad de preguntas con puntuaciones menores a 50 (ver Figura 2) y con resultados mayores en el pre test comparados con el post test (Ver Tabla III). Este resultado es preocupante pues es un área conceptual que se aborda en mecánica. Los profesores no lograron describir preconcepciones al respecto, reportando pocas dificultades procedimentales. Fue, además, prácticamente el único tópico donde responsabilizaron al alumno de las dificultades de aprendizaje. Gil y colaboradores [8] indican que las concepciones espontáneas del docente sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias son las que los llevan a atribuir a las características del alumno las dificultades de aprendizaje.

En el tema de Ley de Faraday los profesores reportaron que la estrategia didáctica más útil para este tema fue Simulaciones seguida de Tutoriales para Física Introductoria. Fue también en este tópico en donde los profesores propusieron secuenciar las estrategias de aprendizaje activo para mejorar el aprendizaje. En cuanto a las dificultades de aprendizaje reportaron pocas preconcepciones y estas se enfocaron en la forma para producir fem tal como se menciona en la Tabla IV. Sin embargo, fue el tema en donde se reportó la mayor cantidad de dificultades procedimentales asociadas principalmente al carácter vectorial del fenómeno, como se observa en la Figura 3.

El panorama general de este estudio remarca la escasa y pobre descripción de preconcepciones y dificultades de aprendizaje de sus propios estudiantes que realizan estos formadores de formadores. El conocimiento profundo de estos obstáculos de aprendizaje se considera central para que los docentes puedan colaborar eficazmente en los aprendizajes de sus alumnos, lo que afirma la necesidad de mejorar el conocimiento pedagógico del contenido tal como propone Etkina [1].

Se considera también valioso que los participantes del taller reconocieran la utilidad de las evaluaciones conceptuales, como la realizada con el test CSEM utilizado en el taller, como una herramienta útil para indagar sobre las preconcepciones de sus estudiantes. Chrobak [7] propone

que esta medición sirva como base para desarrollar un plan de enseñanza que tenga en cuenta los conocimientos previos.

VI. CONCLUSIONES

Uno de los objetivos de este trabajo fue diagnosticar el aprendizaje conceptual de electricidad y magnetismo de los formadores de formadores que asistieron al Taller AAeyM.

Empleando el CSEM modificado para la evaluación conceptual y aplicando análisis de ganancia normalizada se encontró que los profesores obtuvieron la mayor ganancia en el tema de Circuitos Eléctricos ($g=0.54$) y que esto contribuyó a que la ganancia registrada al considerar el test en la versión de 44 preguntas fuera de un valor cercano $g=0.22$. Al hacer el análisis por áreas se detectó que los profesores mostraban dificultades en temas de trabajo y energía potencial, fuerza causada por un campo eléctrico, fuerza magnética, campo magnético causado por corrientes y Ley de Faraday. Estos resultados pretest/postest sugieren que en algunas áreas estos profesores mejoraron su entendimiento conceptual, lo que puede ayudar a que los profesores valoren las estrategias de aprendizaje activo y les ayude a iniciar un proceso de cambio en su práctica didáctica.

En relación al segundo objetivo los participantes mostraron un pobre conocimiento de las preconcepciones que tienen sus alumnos en los temas de electricidad y magnetismo, lo cual es considerado un obstáculo que puede dificultar la adopción y correcta aplicación de las estrategias de aprendizaje activo propuestas en el taller. En el mismo sentido, es preocupante que el profesor desconozca que él mismo sostiene preconcepciones que necesitan ser confrontadas. Si las preconcepciones de los formadores de formadores no son confrontadas estas pueden trasladarse a sus alumnos al darse por válidas en la instrucción en clase.

Este aspecto tiene relación con el tercer objetivo propuesto ya que las preconcepciones que los profesores sostienen en diversas áreas del CSEM modificado pueden ser la causa de sus dificultades para expresar las dificultades de aprendizaje y preconcepciones de sus propios alumnos.

Al respecto encontramos que, aunque en la reflexión de las dificultades de sus estudiantes la mayoría de comentarios fue de forma enunciativa, sin una descripción detallada de los modelos alternativos que sostienen, la Figura 3 parece sugerir que las estrategias de aprendizaje activo desarrolladas en el taller AAeyM contribuyeron a una mejoría en dichas descripciones.

Como reflexión final se puede decir que los datos obtenidos en esta investigación muestran que las estrategias de aprendizaje activo empleadas en el taller AAeyM contribuyeron a promover la reflexión, confrontar las preconcepciones de los docentes y a mejorar tanto el conocimiento disciplinar como el conocimiento pedagógico del contenido.

AGRADECIMIENTOS

Silvia Tecpan y Genaro Zavala agradecen a la cátedra de Enseñanza de la Física del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey a través de la cuenta 0020CAT140.

Julio Benegas agradece al Ministerio de Educación de la Nación Argentina y a la Universidad Nacional de San Luis por el importante apoyo otorgado para la realización de los Talleres de Aprendizaje Activo descritos en este trabajo

REFERENCIAS

- [1] Etkina, E., Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers, In: Meltzer, E. & Shaffer, P. (Eds.), *Teacher education in Physics. Research, curriculum, and practice*, (APS, College Park, 2010).
- [2] Meltzer, D. & Thornton, R., *Resource letter ALIP-1: Active-learning instruction in Physics*, American Journal of Physics **80**, 478-496 (2012).
- [3] Zavala, G., Alarcon, H. & Benegas, J., *Innovative training of in service-teachers for active learning: A short teacher development course based on physics education research*, Journal of Science Teacher Education **18**, 559-572 (2007).
- [4] Benegas, J., Zavala, G., Gangoso, Z., Gattoni, A. & Truyol, M. E., *Reporte del 3er Taller Regional del Cono Sur sobre aprendizaje activo: Electricidad y Magnetismo (AAeyM-Córdoba 2010) y la 3ra. Conferencia regional del Cono Sur sobre aprendizaje activo de la Física (CRAAF-3)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 776-780 (2010).
- [5] Maloney, D., O'Kuma, T., Hieggelke, C. & Van Heuvelen, A., *Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism*, Phys. Educ. Res. Am. J. Phys. Suppl. **69**, S12-S23 (2001).
- [6] Gunstone, R., The education of teachers of physics: Contents plus pedagogy plus reflective practice, In: Pinto, R. & Surinach, S. (Eds.), *Physics teacher education beyond 2000*, (Elsevier, Paris, 2001).
- [7] Chrobak, R., *Volver a aprender el derecho a enseñar. Metodologías de enseñanza de las ciencias*, (EDUCO, Neuquén, 2010).
- [8] Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. & Martínez-Torregrosa, J., *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, (Horsori, Barcelona, 2002).
- [9] Anderson, L., Inquiry as an organizing theme for science curricula, In: Abell, S. & Lederman, N. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 2007).
- [10] Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. & Beichner, R., *Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment*, Physical Review Special Topics **2**, 010105 (2006).
- [11] Zavala, G. & Alarcon, H., *Evaluation of instruction using the conceptual survey on electricity and magnetism in Mexico*, AIP Conf. Proc. **1064**, (American Institute of Physics, Edmonton, 2008).

- [12] Arons, A., *Teaching Introductory Physics*, (Wiley, New York, 1997).
- [13] Gallegos, L. & Flores-Camacho, F., Concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía en la enseñanza de la ciencia, In: López y Mota, A. (Ed.), *Saberes Científicos, Humanísticos y Tecnológicos* (Consejo Mexicano de Investigación Educativa, México, 2002).
- [14] Sokoloff, D. S., Thornton, R. K. & Laws, P., *Real time physics*, (Wiley, New York, 2004).
- [15] Sokoloff, D. S. & Thornton, R. K., *Interactive Lecture Demonstrations*, (Wiley, New York, 2004).
- [16] McDermott, L. C. & Shaffer, P. S., *Tutoriales para Física Introductoria*, (Prentice Hall, Buenos Aires, 2001).
- [18] Benítez, Y. & Mora, C., *Enseñanza tradicional vs. Aprendizaje activo para alumnos de ingeniería*, *Revista Cubana de Física* **27**, 175-179 (2010).
- [19] Hake, R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, *Am. J. Phys.* **66**, 64-74 (1998).
- [20] Coletta, V., Phillips, J. & Steinert, J., *Why you should measure your student's reasoning ability*, *The Physics Teacher* **45**, 235-238 (2007).
- [21] Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P., *Metodología de la investigación*, 4a. Ed., (Mc Graw Hill, México, 2006).
- [22] Sheskin, D., *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*, 4a Ed., (Chapman & Hall/CRC, New York, 2007).
- [23] Giroux, S. & Tremblay, G., *Metodología de las ciencias humanas*, (Fondo de Cultura Económica, México, 2004).
- [24] Jiménez-Aleixandre, M., Caamaño, A., Oñorbe, E., Pedrinaci, A. & de Pro, A., *Enseñar ciencias*, (Grao, España, 2003).
- [25] Abbot, D., Saul, J., Parker, G. & Beichner, R., *Can one lab make a difference?* *Phys. Educ. Res. Am. J. Phys. Sspl.* **68**, S60-S61 (2000).



Hacia una idoneidad didáctica en una clase de Física

F. J. Parra Bermúdez^{1,2}, R. Ávila Godoy³

¹*Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal s/n, Col. Insurgentes Este, Mexicali, Baja California, México.*

²*Departamento de Física Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, CP: 83000, Hermosillo, Sonora, México.*

³*Departamento de Matemáticas Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, CP: 83000, Hermosillo, Sonora, México.*

E-mail: francisco.parra@correo.fisica.uson.mx

(Recibido el 22 de Junio de 2014, aceptado el 17 de Mayo de 2015)

Resumen

Se presenta una metodología para valorar los sucesos que ocurren en el aula durante una clase o el desarrollo de un tema, la cual se denomina: idoneidad didáctica (ID), y se ejemplifica con una descripción y análisis observado para una situación problemática (SP) sobre caída de los cuerpos, su modelación con el objeto matemático proporcionalidad (OMP), apoyándose en las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), con estudiantes de ingeniería de la Universidad de Sonora.

Palabras clave: Idoneidad didáctica, Caída libre, Tecnologías de la información y la comunicación.

Abstract

We present a methodology to assess the events that occur in the classroom during a class or during the developing of a theme, which is called: didactic suitability. We also give a description and analysis for a problematic situation on falling bodies, including a mathematical model with the proportionality mathematical object and using the technologies of information and communication (ICT), with engineering students from University of Sonora.

Keywords: Suitability didactic, freefall, information technology and communication.

PACS: 01.40.gb, 01.40.gd, 01.50.ht

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Consideramos que el propósito fundamental de las investigaciones en Física Educativa es elevar la calidad de los aprendizajes de los estudiantes, lo cual lleva implícita la necesidad de mejorar los procesos de enseñanza de la disciplina, lo que a su vez plantea como un requerimiento fundamental para la investigación, el uso de una metodología que permita describir, analizar, explicar y valorar los procesos que se dan en el aula escolar, por lo que en este trabajo vamos a presentar una propuesta metodológica denominada: *Idoneidad Didáctica* (ID), que hemos venido utilizando para analizar los procesos de instrucción y estudio que se llevan a cabo en el aula tratando de determinar el grado de (ID) de dichos procesos.

Dicha metodología proporciona elementos para analizar los fenómenos áulicos desde seis perspectivas diferentes, cada una de las cuales se corresponde con un factor cuya influencia en el proceso de estudio se considera determinante. Cabe señalar que la ID es una metodología surgida en Matemática Educativa, para analizar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas,

pero que, como señalan sus propios creadores, no es privativa de esta disciplina: “en otras áreas educativas pueden adaptarse de modo que resulten eficaces” [1]. En esta contribución pretendemos ilustrar el uso de la metodología mencionada analizando lo sucedido en una clase de Laboratorio de Física (Mecánica Newtoniana) desarrollada en un curso que se imparte dentro de un proyecto más general en el que se investiga el papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la construcción de significados de los objetos matemáticos y de la Física que intervienen al estudiar situaciones problemáticas en el contexto de la Mecánica Newtoniana (MN).

Investigar el papel del uso de las TIC en el proceso de construcción de significados, tanto de objetos matemáticos como de la Física se justifica, dado que se asume que dichos significados son contextuales y que los medios (artefactos) que se utilizan para su estudio forman parte del contexto. En el caso específico del estudio del fenómeno de caída libre de los cuerpos, las TIC permiten crear ambientes de aprendizaje más dinámicos, variados, ricos y eficaces.

Sobre el papel de las TIC compartimos las opiniones de otros investigadores [2, 3].

La revisión de diversas investigaciones relativas a la enseñanza y el aprendizaje de la Física en los diversos niveles escolares, originó, por una parte que nuestras concepciones teóricas y metodológicas se vieran enriquecidas y por otra, que nuestra convicción de la necesidad de crear una metodología como la que en este reporte presentamos, se fortaleciera y nos llevara a diseñar el proyecto que estamos desarrollando en el cual se investiga tanto el problema del aprendizaje de los estudiantes como el de la formación de los profesores de manera conjunta.

Entre las investigaciones consultadas que fueron desarrolladas con el propósito de estudiar tanto la enseñanza como el aprendizaje de la Física, creemos útil citar algunas, tales como la que muestra una metodología para indagar modelos erróneos sobre la comprensión en estudiantes universitarios [4], otra que indaga sobre los conocimientos físicos adquiridos por los estudiantes al concluir un cierto nivel educativo [5], otras más sobre la aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la Física [6], la formación de profesores en competencias específicas [7], algunas dificultades para cambiar y oportunidades para mejorar en educación [8].

La presentación de la metodología de referencia la hacemos en tres apartados, más las conclusiones. En el primer apartado exponemos las premisas teóricas y metodológicas en la que se sustenta el análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje que permiten valorar la idoneidad didáctica de lo sucedido en el aula. En el segundo presentaremos la actividad diseñada y su contexto y en la tercera, mostraremos la valoración que hicimos de la experiencia de enseñanza. Todo esto con el propósito de ejemplificar algunos aspectos de la noción de idoneidad didáctica y sus componentes.

Somos conscientes del reto metodológico que plantea la evaluación de las distintas dimensiones del constructo teórico “idoneidad didáctica”, de la cantidad y tipo de datos que se han de recoger y de la complejidad del análisis de datos. Cabe destacar que esta investigación es de corte cualitativo, razón por la cual su propósito fue describir, analizar y evaluar (conjeturar) los sucesos que se presentaron al implementar una actividad de enseñanza diseñada para desarrollarse en un aula de laboratorio de Física y que en este reporte utilizamos como medio para ilustrar la metodología que hemos denominado Idoneidad Didáctica.

En consideración a que sólo estamos en condiciones de utilizar la información de las actividades realizadas y de las interacciones profesor-estudiantes registradas a manera de bitácora y de grabaciones de audio, centraremos nuestro análisis principalmente en dos de las seis dimensiones que constituyen los elementos de la metodología denominada ID.

Las dimensiones que mostraremos son la epistémica y la cognitiva.

II. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

La idoneidad didáctica (ID) se presenta originalmente en un marco teórico denominado Enfoque Ontosemiótico de la Cognición e Instrucción Matemática (EOS), en Matemática Educativa, pero el alcance del mismo como señalan sus propios autores [9], no se limita sólo a las matemáticas sino que puede ser trabajado en otras disciplinas como la Física, que es lo que se pretende en este trabajo. El EOS como constructo teórico y metodológico proporciona un sistema de supuestos y categorías para hacer operativas las diversas idoneidades parciales, especialmente las dimensiones epistémica y cognitiva, en el EOS son fundamentales los términos: situación problemática, objeto (conceptos, procedimientos, leyes, argumentos, lenguaje), significado (institucional, personal), obstáculo, algunos de los cuales describiremos más adelante.

Enseguida expondremos las dimensiones de análisis de la idoneidad didáctica. Una idoneidad didáctica [9] consta de 6 dimensiones.

A. Dimensión epistémica

Se refiere al grado de representatividad de los significados institucionales implementados (o previstos), respecto de un significado de referencia. Las situaciones problemáticas constituyen un elemento central de esta dimensión y el logro de una idoneidad epistémica alta requiere valorar la representatividad de diversos objetos de la Física: definiciones, procedimientos, leyes, así como la justificación de los mismos en sus representaciones (gráfica, numérica, analítica y verbal). Las tareas deben proporcionar a los estudiantes diversas maneras de abordarlas, implicando todas esas maneras, el uso de diversos objetos, a la vez que deben promover que los estudiantes conjeturen, interpreten, generalicen y justifiquen las soluciones.

B. Dimensión cognitiva

Considera el grado en que los significados pretendidos/implementados estén en la zona de desarrollo potencial de los alumnos (Vygotski, 1934) [10] y proximidad de los significados personales logrados a los significados pretendidos/implementados. Los estudiantes deben aprender la Física entendiéndola, construyendo activamente el nuevo conocimiento a partir de sus experiencias y conocimientos previos al hacer frente a situaciones problemáticas mediante el lenguaje (numérico, analítico, gráfico y verbal), conceptos, procedimientos, leyes, argumentos y relaciones entre estos elementos que conforman una idoneidad cognitiva.

C. Dimensión afectiva

Trata sobre el grado de implicación (actitudes, emociones, intereses y necesidades) del alumnado en el proceso de estudio. Lo cual se manifiesta en ciertos indicadores: las tareas tienen interés para los alumnos, se suponen

situaciones que permitan valorar la utilidad de la Física en la vida cotidiana y profesional. Se promueve la participación en las actividades, la perseverancia, responsabilidad, etc. Se favorece la argumentación y ésta se valora en sí misma y no por quién la dice. Se promueve la autoestima, evitando el rechazo, fobia o miedo a la Física.

D. Dimensión interaccional

Considera el grado de identificación y solución de conflictos, esto es cualquier disparidad entre sujetos (instituciones o individuos) sobre los significados atribuidos a un objeto) antes, durante y después del proceso de instrucción. En la interacción docente-discente, como ejemplos pueden citarse, respecto a las interacciones del profesor: la manera en que éste hace la presentación de algún tema (clara y bien organizada, sin hablar demasiado rápido, enfatizando los conceptos clave del tema, etc.), busca llegar a consensos con base en el mejor argumento, favorece el diálogo y comunicación entre los estudiantes, promueve la inclusión en el grupo y procura evitar la exclusión; fomenta la autonomía para que los estudiantes asuman la responsabilidad del estudio; implementa la evaluación formativa con la observación sistemática del progreso cognitivo de los estudiantes.

E. Dimensión mediacional

Se refiere a la disponibilidad, adecuación y uso de los recursos materiales y temporales para el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se usan materiales manipulativos e informáticos que permiten introducir las situaciones problemáticas, lenguajes, procedimientos y argumentaciones adaptadas al contenido pretendido: las definiciones y leyes son contextualizadas y motivadas usando modelos concretos y visualizaciones mediante simulaciones computarizadas. El número de alumnos, horario y condiciones del aula, permite llevar a cabo la enseñanza pretendida. El tiempo (presencial y no presencial) es adecuado, se dedica el tiempo suficiente a los contenidos más importantes y que presentan más dificultad de comprensión.

F. Dimensión ecológica

Trata sobre el nivel de adaptación del proceso de estudio al proyecto educativo, directrices curriculares, condiciones del entorno social. Los contenidos, su implementación y evaluación se corresponden con el currículo, se presenta una apertura hacia la innovación didáctica basada en la investigación y la práctica reflexiva e integración de las TIC. Se planifica la educación de valores. Los contenidos se relacionan con otros contenidos intra e interdisciplinarios.

Enseguida nos referiremos a las interacciones entre las dimensiones. En los párrafos anteriores hemos identificado algunos componentes e indicadores de las dimensiones para una ID, dichas dimensiones no se deben considerar como independientes, ya que se presentan interacciones entre las mismas. Por ejemplo el uso de un recurso informático

Hacia una idoneidad didáctica en una clase de Física puede determinar el tratar ciertos problemas y las configuraciones de objetos y procesos correspondientes, lo cual conlleva determinadas formas de representación, argumentación, etc., asimismo la interacción entre el profesor y los estudiantes, el interés y motivación, y en los aprendizajes. La componente: interacción epistémica-ecológica tendría como indicador que el currículo propone el estudio de problemas de ámbitos variados como la escuela, la vida cotidiana y el trabajo. La componente temporal-cognitivo tendría como indicador que los objetivos de aprendizaje tienen en cuenta las etapas de desarrollo evolutivo de los estudiantes. En la Fig. 1. mostramos una síntesis de cómo se conforma una ID. Cabe señalar que el hexágono regular sería la situación ideal y el del interior sería una situación real en la cual se observa un sesgo hacia una de las dimensiones, si los vértices son las partes de una rueda obviamente estaría deformada y la rodadura de la misma se vería afectada, con lo cual hacemos una similitud de cómo sería el movimiento de un proceso de estudio.

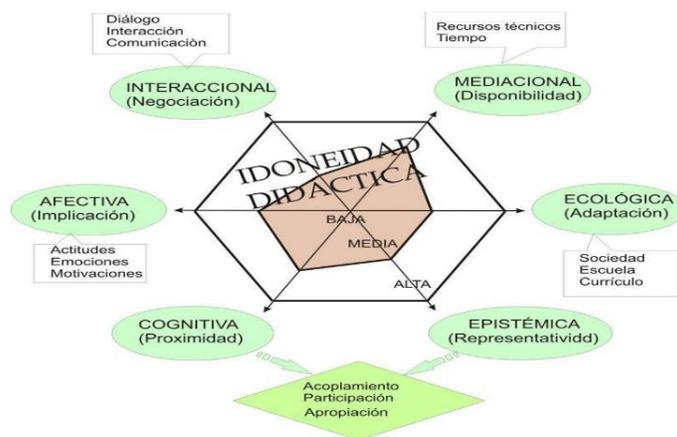


FIGURA 1. Se muestran las componentes de una idoneidad didáctica.

En el desarrollo precedente de este apartado nos referimos varias veces a los *significados*, por lo que consideramos pertinente presentar nuestras ideas al respecto: los *significados* son sistemas de prácticas operativas y discursivas, es decir: todo lo que un sujeto puede hacer, decir y pensar sobre un objeto es su significado. Los *significados* son *institucionales* y *personales*. Los *significados institucionales* son aquellos que comparte una comunidad, colectividad. El *significado institucional* puede ser: *referencial* (el establecido en los planes y programas de estudio y que promueve la institución educativa), *pretendido* (el que el profesor ha hecho suyo y realiza una planificación para promoverlo), *implementado* (el que el profesor promueve en el aula sobre el objeto de estudio) y *evaluado* (el que el profesor considera que el alumno debe lograr apropiarse). Los *significados personales* (son los significados propios de un individuo en particular, y pueden ser: *global* (todo lo que un individuo puede hacer, decir y pensar sobre un objeto), *declarado* (aquellos significados

que el individuo muestra ante una evaluación, por lo que pueden ser correctos o no) y *logrado* (son significados que el individuo ha logrado apropiarse de ellos y se corresponden con los institucionales). Los significados se enriquecen y se manifiestan al enfrentarse el sujeto a situaciones problemáticas (*SP*) para lo cual debe hacer uso de ideas, sucesos, etc., prácticamente todo lo que se puede hacer, pensar y decir en el quehacer de la Física son objetos de esta disciplina, por lo que existe una diversidad de objetos de la Física, los cuales pueden clasificarse considerando al menos seis elementos fundamentales que constituyen un primer nivel de clasificación y que pueden encontrarse en los libros de texto, apuntes del profesor, notas de los estudiantes, tales como: el *lenguaje* (mediante representaciones gráficas, numéricas, analíticas y verbales), *conceptos* (definiciones: masa, inercia, peso, etc.), *procedimientos* (algoritmos, técnicas operativas), *leyes y principios* de la Física y *argumentos* (justificación para dar validez, al proceso de solución de un problema).

Un papel fundamental en el origen y desarrollo de conocimiento en el sujeto son las situaciones problemáticas, pues al hacer frente a éstas el sujeto despliega un sistema de prácticas operativas y discursivas de las cuales emergen los objetos y sus significados que a la postre pueden llegar a convertirse en un *obstáculo*, el cual concebimos como un *significado que ante nuevas situaciones problemáticas se manifiesta y persiste* en el sujeto a pesar de ser insuficiente conceptual y metodológicamente para llegar a una solución correcta.

III. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD DIDÁCTICA

En este apartado describimos algunos aspectos que tienen que ver con la estrategia de enseñanza, a partir de una situación de caída libre para trabajarse con una simulación computarizada en línea cuyo propósito fundamental fue que los estudiantes detectaran el tipo de proporcionalidad que se presenta en un fenómeno físico descrito y logaran modelarlo matemáticamente en base a las condiciones iniciales del problema. Además, respecto a la formación de profesores, pretendemos mostrar el uso del análisis y evaluación de la ID en un proceso de estudio. Para lo cual nos planteamos las siguientes preguntas:

¿En qué medida es idóneo el proceso de instrucción observado?

¿Qué cambios se podrán introducir para mejorar la idoneidad?

¿Qué información es necesario recoger para evaluar los distintos aspectos de la idoneidad didáctica?

Para el análisis de la situación problemática, se diseñó una hoja de trabajo que contiene 13 actividades consistentes en llenar 2 tablas y contestar 11 preguntas, que se aplicaron a un grupo de 20 estudiantes del segundo semestre que cursaban el laboratorio de la asignatura de Física I (Mecánica) de la carrera de ingeniería civil de la Universidad de Sonora, el curso era de 7 horas a la semana, 5 de teoría y 2 de laboratorio, con un profesor de teoría y

otro de laboratorio que es el referente en esta experiencia. El horario fue de 13:00-15:00 y la experiencia se llevó a cabo en el semestre 2012-2. Se disponía de 7 computadoras en una aula del laboratorio de Física y de una hoja de trabajo para cada estudiante donde se presentaron las siguientes ACTIVIDADES: ingresar a la página web: <http://didactica.fisica.uson.mx/> en sala didáctica, cursos y en curso de Física con ordenador en el tema: Cinemática (Movimiento rectilíneo: Movimiento de caída de los cuerpos; en la cual podrás visualizar un experimento por simulación. Nota importante: la PC debe tener instalado el JAVA. Verificar las condiciones iniciales de la simulación, por ejemplo considerar la caída a partir del reposo. En la Fig. 2, mostramos, la simulación para el movimiento de caída de los cuerpos la cual genera una tabla de datos para el tiempo, la posición, la velocidad y la aceleración (t, x, v y a), además una gráfica de posición contra tiempo (x vs t). Las condiciones iniciales para la altura y la velocidad inicial pueden ser manipulables.

Problema: Se deja caer un cuerpo de una altura de 100 m, a partir del reposo. Inicialmente se les pide llenar una tabla (Tabla I) para diez valores diferentes del tiempo, obtener las velocidades generadas por la simulación computarizada. Enseguida con los datos anteriores construir la Tabla II, que consiste en obtener 8 cambios de velocidad con respecto al tiempo, usando la expresión: $(v_f - v_i) / (t_f - t_i) =$

Posteriormente se plantean 11 actividades que se describen en el IV apartado de este trabajo en la descripción y análisis de la dimensión cognitiva.

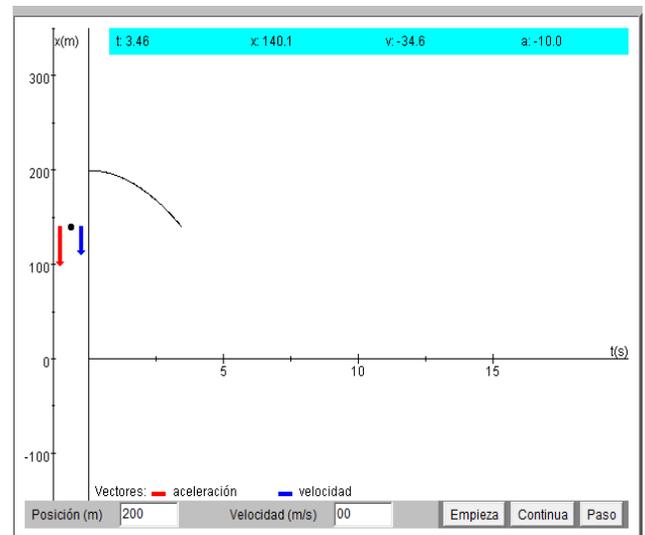


FIGURA 2. Se muestra una simulación computarizada en línea para la caída de los cuerpos.

IV. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA IDONEIDAD DIDÁCTICA IMPLEMENTADA

Enseguida presentamos nuestros análisis y valoraciones a nivel de conjeturas de lo sucedido en el aula de laboratorio de Física, considerando las seis dimensiones de la ID.

Empezamos mostrando algunos resultados y su análisis de las respuestas de los estudiantes a las actividades de la hoja de trabajo, con base en las cuales explicamos y valoramos lo sucedido en las dimensiones epistémica y cognitiva. La información sintetizada sobre las respuestas de los estudiantes se presenta en la Figura 3.

A. Análisis de la dimensión epistémica

La observación del proceso de estudio nos permite caracterizar el sistema de prácticas operativas y discursivas efectivamente implementadas, relativas a la actividad de caída libre y el objeto proporcionalidad. La comparación de estas prácticas con el significado pretendido nos permite identificar diversos desajustes y formular conjeturas sobre la idoneidad del proceso de estudio, en cuanto a su dimensión epistémica. Con respecto al llenado de la Tabla I de la hoja de trabajo: la simulación por su diseño aparece con ciertas condiciones iniciales que no coinciden con las del problema planteado, sin embargo la mayoría de los estudiantes activan la simulación sin considerar lo anterior por lo que el profesor hace ese señalamiento a todo el grupo. Lo anterior podría evitarse si en la hoja de trabajo aparecieran con más detalle aspectos como: Verificar las condiciones iniciales de la simulación, considerando la caída a partir del reposo.

Los estudiantes muestran dificultades y pocos logros en detectar: la relación de proporcionalidad entre la velocidad y el tiempo de caída del cuerpo, así como la constante de proporcionalidad y más aún en modelar matemáticamente el fenómeno físico, con una fórmula matemática que le permita predecir la velocidad para cualquier tiempo específico (instante). Para modelar el fenómeno de caída libre; por una parte, no consideran el contexto del mismo como son las condiciones iniciales, (como si no se “hubiera” realizado el experimento virtual), por lo que presentan la expresión: $v = v_o - gt$, es decir se limitan a escribir la fórmula general para la velocidad de caída del cuerpo o sólo para un caso particular por ejemplo: $v = -10.0\text{m/s}$ para $t = 1.0\text{s}$ y no el resultado correcto que es: $v = -10.0\text{m/s}^2 t$.

En las respuestas pocos argumentan, aunque en algunas actividades está contemplado el ¿por qué?, ¿qué podemos decir?, justifica tu respuesta.

Difieren del valor de la aceleración (gravedad) dado por la simulación a pesar de que ésta lo indica en todo el recorrido.

B. Análisis de la dimensión cognitiva

Los significados personales de los estudiantes se van construyendo progresivamente a lo largo del proceso de instrucción, partiendo de unos significados iniciales al principio del proceso, y alcanzando unos determinados significados finales (logrados o aprendidos), sin embargo algunos de sus significados llegan a convertirse en serios obstáculos ante nuevas situaciones que les impiden ser

Hacia una idoneidad didáctica en una clase de Física competentes en el análisis, interpretación, argumentación y solución de problemas.

Para el llenado de la Tabla II, el 40% de los estudiantes contestó que la aceleración es constante, a pesar de que el valor de ésta siempre aparece en el experimento virtual, por lo que conjeturamos que el problema lo descontextualizan del tema de caída libre y de la simulación. Al parecer lo importante es manipular datos y obtener un resultado.

Con respecto a la Actividad 1(A1). ¿Cuál es el valor del cambio de velocidad por segundo? El 70% contestó 10m/s, cabe señalar que del porcentaje anterior, 8 estudiantes de 14 no fueron congruentes con los datos que expresaron en la Tabla II, donde la aceleración la consideraron variable.

Para la A2. ¿Permanece constante o variable el cambio de velocidad por segundo? El 50% (10 estudiantes) responden que es constante, de los cuales, 4 consideran que el cambio de velocidad por segundo es 10 m/s en la A1, y en A2 responden que el cambio de velocidad es variable.

Para la A3. ¿Qué podemos establecer de la velocidad con respecto al tiempo, conforme éste transcurre? 2 estudiantes responden que varía, 2 que es aproximadamente cte., 4 que disminuye negativamente y 12 (60%), que aumenta negativamente.

Para la A4. ¿Qué significa Físicamente el valor del cambio de velocidad por segundo? 4 estudiantes (20%), responden que la aceleración, 14 (70%) contestan que es la velocidad (de los cuales 4 consideran que es cte., 6 que aumenta, y 4 que es instantánea); 2 contestan ambiguamente como que es la “caída”.

Para la A5. ¿Cuál sería la relación matemática (ecuación) entre la velocidad y el tiempo: $v(t)=?$, que nos permitiera calcular la velocidad para diversos tiempos, no incluidos en la Tabla I, por ejemplo para $t=1.34\text{s}$, etc.? El 60% contestan que es la expresión: $v = v_o -gt$, el 30% responden expresiones ambiguas tales como: $t_f-t_i (-10)$ y el 10% presentan un cálculo, por ejemplo, $v(1.34)=6.7$.

Para la A6. ¿Existe algún tipo de proporcionalidad entre la velocidad y el tiempo? si, no ¿por qué? si, sí ¿cómo la puedes denominar? El 70% considera que sí, sin embargo las argumentaciones son muy diversas: “la velocidad aumenta de 10 en 10m/s y la cte., es la aceleración” (2 estudiantes), “porque la velocidad es cte.”(6 estudiantes) o “porque $\Delta v/\Delta t$ es la distancia” (4 estudiantes) y 2 responden que no, “porque no avanza igual al transcurrir el tiempo”, 4 no contestan.

Para la A7. Si bosquejas la gráfica (v vs t), ¿Qué puedes decir por la forma que tiene?, 50% contestan que es una parábola pero no la “leen” para el movimiento, 2 consideran que es una recta, 2 establecen relaciones entre las velocidades ($v_2=2v_1$), 2 expresan “por la forma, la aceleración es cte., y la velocidad aumenta”, 4 no contestan.

Para la A8. ¿Cómo puedes calcular la pendiente de la gráfica (v vs t)?, el 100% presentan expresiones equivalentes, pero el 50% más ligada al problema físico esto es: $(v_f - v_i)/(t_f - t_i)$, el otro 50% $(y_2 - y_1)/(x_2 - x_1)$, con respecto a ésta última la mayoría no saben relacionar las variables con el fenómeno físico, por ejemplo $(y_2 - y_1)$, se relaciona con la velocidad o con el tiempo.

Lo anterior hace suponer que unos acuden más a la memorización, la palabra pendiente les evoca la fórmula matemática, y otros tratan de aplicarla, pero en su totalidad no la calcularon.

Para la A9. ¿Qué significa Físicamente la pendiente de la gráfica (v vs t)? El 40% responden que es la aceleración, 40% que es el cambio de velocidad y 20% la distancia.

Para la A10. ¿Qué puedes decir, si la gráfica es paralela al eje del tiempo? El 60% (12 estudiantes), de los cuales 8 afirman que la velocidad es cte. y 4 más que es un MRU. El restante 40% (8 estudiantes) consideran que: "...no cae, está en reposo, la aceleración tiende a cero..."

Para la A11. ¿Cuál es la ecuación que mejor se ajusta a los puntos de la gráfica v contra t ? Esta actividad tiene similitud con la 5, sin embargo las respuestas son más ambiguas, aunque persisten expresiones tales como: $t_f - t_i (-10)$, o aún más generales, como: $v_f = v_o + at$.

En la actividad realizada, al solicitarles qué les causó mayor confusión, manifestaron: "...encontrar o hacer las relaciones matemáticas..."

"...encontrar las relaciones matemáticas entre los factores..."

"...encontrar la relación de la velocidad con respecto al tiempo..."

"...calcular la pendiente y la relación matemática..."

"...calcular la pendiente y la gráfica..."

"...los datos faltantes para las fórmulas..."

"...todo me pareció confuso porque los problemas de teoría, el profesor nos ha explicado de manera diferente..."

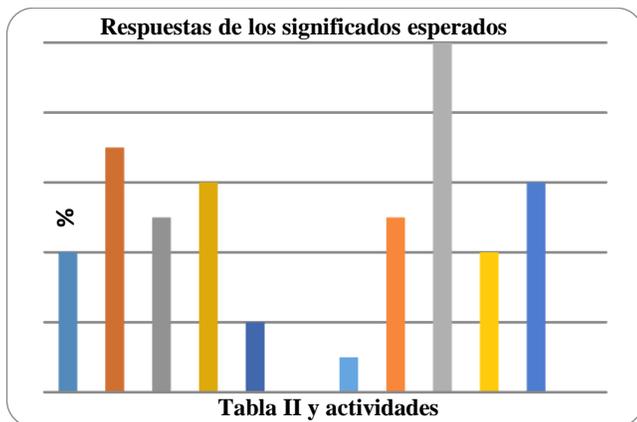


FIGURA 3. Se muestran los porcentajes de las respuestas de la tabla II y de las 11 actividades de la hoja de trabajo.

Por lo anterior concluimos que al pretender resolver la situación problemática, en los estudiantes se manifiesta un conflicto cognitivo basado en un obstáculo que podemos denominar cultural, por la enseñanza recibida: dados unos datos obtener siempre un resultado numérico o algebraico, una fórmula general, sin una comprensión y argumentación en el contexto físico. Saber Física es saber fórmulas y no construirlas, por lo que presentan un modelo fuera del

contexto del problema trabajado con la simulación computarizada.

C. Análisis de la dimensión interaccional

En la participación en equipo de 3 estudiantes, para responder la hoja de trabajo, lo que se observa es disponer de las respuestas de sólo un compañero o la respuesta magistral del profesor al regresarle a éste las preguntas de la hoja de trabajo. La interacción del profesor fue intensa con los estudiantes en las indicaciones para el manejo de la simulación, por lo que se presenta una comunicación activa entre el profesor y los estudiantes y entre cada uno de ellos, presentándose algunos conflictos en el uso de la simulación, sobre los conceptos, argumentos, representaciones gráficas y analíticas al responder las actividades planteadas en la hoja de trabajo.

D. Análisis de la dimensión afectiva

Los estudiantes muestran interés por el uso de tecnología, sin embargo los que encuentran dificultades técnicas para realizar las actividades se muestran desconcertados, al observar cómo sus demás compañeros avanzan y ellos no.

También acuden al profesor en busca de asesoría ante las preguntas que les causan mayor confusión, sin embargo se muestran perplejos al no encontrar la respuesta esperada como correcta. Quizás la motivación más fuerte es por entregar las respuestas en la hoja de trabajo antes de que finalice la sesión.

E. Análisis de la dimensión mediacional

Con respecto a los recursos materiales: los medios informáticos pretendidos son pertinentes, sin embargo la idoneidad del proceso de estudio se vio afectada negativamente porque los estudiantes no tuvieron a su alcance los medios materiales mejor adaptados para realizar la actividad didáctica, se tuvieron en algunos casos dificultades para acceder al internet, por lo que no podían ingresar al curso en línea, y en otros, aun estando en el curso no se visualizaba la simulación por no estar actualizado el programa JAVA. Sin embargo tenían la posibilidad de trabajar posteriormente en línea para finalmente presentar un reporte de la práctica virtual realizada, por lo que disponían de un periodo de tiempo flexible.

F. Análisis de la dimensión ecológica

Lo que se observó es que el contexto social-cultural influye en el uso de los recursos tecnológicos no enfocados a la ciencia, por lo que si no hay la motivación suficiente en la actividad optan por hacer un uso diferente a la actividad establecida. Al integrar las tecnologías (calculadora, computadora, internet y simulaciones computarizadas se cumple con la apertura hacia una innovación didáctica.

Asimismo el apoyo en las TIC contribuye a la formación socio-profesional de los estudiantes pues los

REFERENCIAS

futuros ingenieros deberán usar software para resolver situaciones, modelar procesos, etc.

V. CONCLUSIONES

La **ID** es una herramienta para el *análisis* y *síntesis* didáctica útil para la formación de profesores, para orientarlo de manera global y sistemática en el diseño, implementación y evaluación de su práctica docente, propuestas curriculares, experiencias de enseñanza y aprendizaje en la clase teórica y el laboratorio de Física.

Al igual que en la teoría del EOS, compartimos con otros investigadores [11, 12] que en la enseñanza de la ciencia los alumnos puedan examinar y utilizar varias representaciones como una parte natural de la manera de resolver los problemas. Que en las prácticas de resolución de problemas, se debe poner mayor énfasis en los conceptos y razonamientos cualitativos y en la reflexión sobre los procesos para resolver los problemas.

Es necesario romper con el enfoque cultural de la enseñanza de la Física que la reduce a resultados numéricos y fórmulas alejados de una comprensión conceptual de los significados institucionales.

Un obstáculo cultural que se manifiesta en el estudiante es que aprender significa manipular fórmulas desligadas de un contexto, no es aprender a “hacer” fórmulas, sino retener la información que le dieron para obtener resultados, lo que le queda de la escuela es que aprender Física es recordar fórmulas y no construirlas. El estudiante procede a dar respuestas numéricas por la formación recibida, dado que los problemas que plantean los profesores tienen siempre información suficiente para resolverse, es decir a partir de datos que se les dan, obtener siempre un resultado numérico, siendo que en los problemas de la realidad social, similares a los de la práctica profesional de los ingenieros difícilmente los problemas tienen la información suficiente para su solución. Por eso es imprescindible investigar tanto el nivel de aprendizaje de los estudiantes, como lo referente a la formación de los profesores.

El profesor necesita tener criterios que le ayuden a dilucidar qué aspectos de su práctica docente puede mejorar, tanto en lo relacionado con el diseño, como en lo referente a la implementación y la evaluación.

- [1] Font, V., Planas, N., Godino, J., <http://www.ugr.es/~jgodino/eos/modelo_anadida_25junio09.pdf>, Consultado el 10 de octubre de 2012.
- [2] Gras, A. & Cano, M., *TIC en la enseñanza de las ciencias experimentales*, Comunicación y pedagogía **190**, 39-44 (2003).
- [3] Mendoza, M. & Riveros, V., *Bases teóricas para el uso de las TIC en Educación*, Encuentro Educacional **12**, 315-336 (2005).
- [4] Sandoval, M. & Mora, C., *Modelos erróneos sobre la comprensión del campo eléctrico en estudiantes universitarios*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 647-655 (2009).
- [5] Benegas, J., Pérez de Landazábal, M. & Otero, J., *Estudio de casos: conocimientos físicos de los estudiantes cuando terminan la escuela secundaria: una advertencia y algunas alternativas*, Revista Mexicana de Física **56**, 12-21 (2010).
- [6] Ramírez, M., *Aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la Física a nivel universitario*, Revista Mexicana de Física **56**, 29-40 (2010).
- [7] Ramírez, M. & Olvera, M., *Formación de profesores de bachillerato en competencias específicas de la Física utilizando cursos intersemestrales en el IPN*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **6**, 283-291 (2012).
- [8] Barojas, J., López, R. & Martínez, M., *Dificultades para cambiar y oportunidades para mejorar en educación: la formación de profesores de Física para el bachillerato*, Revista Iberoamericana de Educación **55**, 1-10 (2011).
- [9] Godino, J. & Font, V., *Análisis y valoración de la idoneidad didáctica de un proceso de estudio de las matemáticas*, Paradigma **27**, 221-252 (2006).
- [10] Vygotski, L., *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, (Crítica-Grijalbo, Barcelona, 1934).
- [11] Corona, A., Sánchez, M., González, E. & Slisko, J., *Habilidades cognitivas y la resolución de un problema de cinemática: Un estudio comparativo entre los estudiantes de secundaria, bachillerato y universidad*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **6**, 292-299 (2012).
- [12] Dufresne, R. J., Gerace, W. J. & Leonard, W. J., *Solving physics problems with multiple representations*, The Physics Teacher **35**, 270-275 (1997).

Identificación de metales y no metales en las atmósferas de las estrellas. Un proyecto de colaboración docente del Instituto de Astronomía y del CCH Naucalpan para el curso de Química I



Chávez Espín, J. J.¹, Hernández Toledo, H. M.², Martínez Vázquez, L. A.²,
Mejía Hernández, J. O.¹, Pani Cielo, A.³, Peña Martínez, V.¹

¹Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida de los Remedios No. 10, Colonia Bosques de los Remedios, C. P. 53400, Naucalpan de Juárez, Estado de México.

²Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, C. P. 04510, México, D. F.

³OAN-Tonantzintla, Universidad Nacional Autónoma de México, Luis Enrique Erro, C. P. 72840, Santa María Tonantzintla, Puebla.

E-mail: judith.chavezespín@gmail.com

(Recibido el 3 de Junio de 2014, aceptado el 28 de Marzo de 2015)

Resumen

En el presente proyecto de colaboración se pretende que los estudiantes de primer semestre del bachillerato del subsistema CCH de la UNAM estudien diferentes conceptos relacionados con la estructura de la materia dentro de la asignatura de Química I, proponiendo la identificación de elementos metálicos y no metálicos en las atmósferas de las estrellas utilizando la infraestructura del Observatorio Astronómico Nacional Tonantzintla, Puebla. Es posible considerar a la astronomía como una multidisciplina, esto es, un campo de conocimiento en el que convergen varias disciplinas como la física, química, matemáticas, biología, etc. que dan origen a las asignaturas que comúnmente integran los planes de estudio en el bachillerato. Un problema astronómico puede dividirse en problemas más pequeños que individualmente pueden tratarse en el ámbito de alguna de las disciplinas anteriores y su integración en un proyecto docente permite el desarrollo de las habilidades de investigación y el trabajo en equipo de los alumnos. El aprendizaje basado en la formulación de proyectos (ABPy) permite integrar experiencias de aprendizaje y el trabajo en grupo que con el método expositivo tradicional difícilmente podrían lograrse. Se llevó a cabo una experiencia de investigación con estudiantes, en cuatro etapas: 1) Utilizando software especializado virtual educational observatory (proyecto CLEA). 2) Llevando a cabo observaciones astronómicas de estrellas apropiadamente seleccionadas. 3) Analizando e integrando los resultados en el tema correspondiente. 4) Generando información y datos accesibles en línea para otros profesores que deseen utilizarlos en su asignatura.

Palabras clave: Astronomía, multidisciplinar, PBL.

Abstract

In this collaborative project is intended that freshmen high school subsystem CCH, UNAM study different concepts related to the structure of matter in the subject of Chemistry I, proposing the identification of metallic and nonmetallic elements in the atmospheres of stars using the infrastructure of the Astronomical Observatory of Tonantzintla, Puebla. You may consider astronomy as a multidisciplinary, ie, a field of knowledge in which converge various disciplines such as physics, chemistry, mathematics, biology, etc. giving rise to the subjects commonly integrated curriculum in high school. An astronomical problem can be addressed individually in the field of any of the above disciplines and their integration into a teaching project allows the development of research skills and teamwork of students. Project-based learning (PBL) allows integrating learning experiences and group work than the traditional expository method could hardly be achieved. Conducted a research experience with students in four stages: 1) Using specialized software virtual educational observatory (project CLEA). 2) Conducting astronomical observations appropriately selected stars. 3) Analyzing and integrating the results in the corresponding topic. 4) Generating information and data accessible online to other teachers who wish to use in their subject.

Keywords: Astronomy, multidiscipline, PBL.

PACS: 01.50.Qb, 31.10.+z, 0, 94.05Rx

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

La astronomía puede considerarse un punto en el convergen y se integran muchas disciplinas en la que se pueden poner en práctica los contenidos aprendidos en las asignaturas correspondientes a los planes de estudio en programas que van desde la secundaria hasta el posgrado. Por consiguiente, el desarrollo de proyectos astronómicos adecuadamente graduados al nivel de los estudiantes permite esta integración de conocimientos y habilidades.

En las últimas dos décadas el aprendizaje basado en proyectos (ABPy) ha ido ganando terreno debido a que permite integrar experiencias de aprendizaje y el trabajo en grupo que con el método expositivo tradicional difícilmente podrían lograrse. [2] Las experiencias de investigación ofrecen a los estudiantes la oportunidad de formular un problema y resolverlo utilizando el pensamiento crítico y al mismo tiempo que les permite desarrollar sus habilidades para el aprendizaje permanente a lo largo de su vida.

A diferencia del método expositivo tradicional en el que primero se presenta la información a los alumnos y después se le busca una aplicación; en el caso del ABPy, el proyecto se estructura alrededor de ciertos temas o problemas de interés relacionados con las necesidades de aprendizaje y posteriormente se organizan las experiencias de enseñanza-aprendizaje para lograr el objetivo del proyecto. Puesto que el ABPy reproduce en una escala menor y en un ambiente controlado adaptado a los objetivos curriculares el proceso de investigación científica, el alumno logra aprendizajes significativos ya que va construyendo nuevos conocimientos a partir de los que ya ha adquirido previamente.

Durante varios años el doctor Héctor Hernández Toledo y el maestro en ciencias Luis Artemio Martínez Vázquez han buscado impulsar el aprendizaje basado en proyectos en los niveles de licenciatura y posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a partir de proyectos astronómicos. En este trabajo se presentan algunos resultados de la implementación de proyectos docentes relacionados con la astronomía basados en ABPy en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Naucalpan que forma parte de uno de los subsistemas del Bachillerato de la UNAM.

A continuación se plantea la idea de cómo utilizar la astronomía como multidisciplinaria y cómo se pueden generar los proyectos astronómicos encaminados a la enseñanza de las ciencias. Se describe brevemente en qué consiste el ABPy, el bachillerato de la UNAM y el curso de Química I en el Bachillerato del CCH. Finalmente se presentan comentarios sobre la experiencia de empezar a utilizar la astronomía como multidisciplinaria para la enseñanza de las ciencias en el Bachillerato de la UNAM.

II. LA ASTRONOMÍA COMO MULTI-DISCIPLINA

La astronomía independientemente de que puede considerarse una disciplina científica en sí misma, es posible considerarla como un campo de conocimiento en el que convergen varias disciplinas *puras* como física, química, matemáticas, biología, computación, etc. que dan origen a las asignaturas que comúnmente integran un plan de estudios. [3] Por lo general, un proyecto astronómico puede dividirse en sub-proyectos que dan origen a problemas más pequeños que individualmente pueden tratarse en el ámbito de alguna de las disciplinas puras y su integración en un proyecto docente permite el desarrollo de las habilidades de investigación y el trabajo en equipo de los alumnos.

Cabe señalar que los proyectos astronómicos no se limitan exclusivamente a las áreas de interés de las disciplinas puras, debido a que los observatorios astronómicos son laboratorios experimentales, es posible implementar proyectos relacionados con otras áreas relacionadas con la ingeniería o la computación como la electrónica, la instrumentación o el procesamiento de imágenes. Actualmente los observatorios modernos poseen instrumentación electrónica, óptica y mecánica que los convierte en sitios excelentes para fomentar en los estudiantes la curiosidad científica, en este caso dirigido a un objetivo de investigación.

Sin ser exhaustivos en la Figura 1, se muestran dos ejemplos en los cuales se muestra el potencial de la astronomía como multidisciplinaria. La espectroscopia que es un tema que frecuentemente se cubre en asignaturas de física o química puede ser tratado en el contexto de un proyecto astronómico que pretenda obtener el espectro de diferentes objetos astronómicos en los cuales se puedan apreciar las líneas que indiquen su composición química o el efecto Doppler en las líneas espectrales. La espectroscopia incluso puede dar pie a proyectos de investigación más especializados como el diseño de espectrógrafos en cursos de óptica a nivel de licenciatura o posgrado. Asimismo, el procesamiento de las imágenes es una ventana a temas de computación y matemáticas.

Actualmente hay un gran interés en desarrollar observatorios robóticos como el Telescopio Liverpool [1] ubicado en el observatorio español del Roque de los Muchachos. Algunas cuestiones relacionadas con la robótica pueden tratarse a partir de este tipo de observatorios y con ello derivar en temas del ámbito de la electrónica, la instrumentación o matemáticas.

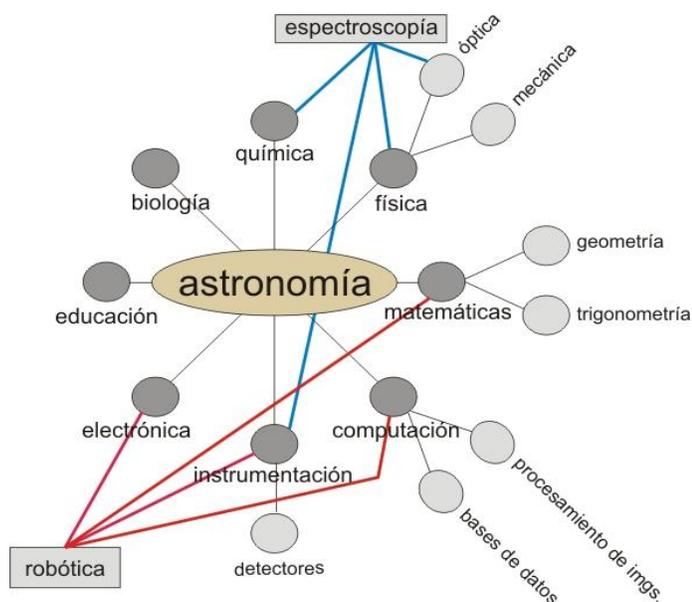


FIGURA 1. Ejemplos de temas que pueden desarrollarse a partir de la astronomía como multidisciplinaria.

III. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

De acuerdo con Kolmos, los principios teóricos centrales del ABPy son: el aprendizaje basado en la formulación de una problemática como punto de partida, que los procesos de aprendizaje sean dirigidos por los participantes, el aprendizaje debe estar basado en la experiencia previa de los estudiantes, debe estar basado en una actividad, debe ser interdisciplinario y debe estar basado en grupos de trabajo [4].

La descripción de proyecto que propone Kolmos es el de ser una unidad didáctica integrada en que el concepto tradicional de didáctica que incluye los elementos de asignatura, profesor y estudiante ha pasado a ser una herramienta para el análisis y la reflexión que integra un número mayor de elementos siempre y cuando estos elementos tengan relación entre sí. Por ejemplo, no solo debe haber una introducción al trabajo de proyecto también se debe pensar tanto en la organización, la evaluación, la infraestructura física, el uso de la tecnología computacional, etc. Es importante mencionar que aspectos como la cultura y la organización son decisivos para poder hacer funcionar en el ABPy.

En principio, cada proyecto debe tener sus fases de estudio de factibilidad, diseño, desarrollo o implementación, análisis de resultados y evaluación. Como ya se mencionó anteriormente cada fase debe incluir tanto los elementos propios de la problemática a resolver como los elementos de evaluación educativa.

IV. LA ASTRONOMÍA EN EL BACHILLERATO DE LA UNAM

El Bachillerato de la UNAM tiene dos subsistemas el de la Escuela Nacional Preparatoria y el de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, este último fue creado en 1971 por el rector Pablo González Casanova. Ambos bachilleratos tienen sus propios modelos educativos, uno muy tradicional y el otro coloca al alumno en el centro del proceso de enseñanza – aprendizaje, respectivamente.

En el contexto del bachillerato de la UNAM se ha impulsado que los profesores propongan sus proyectos docentes en el ámbito de sus asignaturas para acercar a los estudiantes al proceso de investigación. A la fecha se han ofrecido tres cursos para profesores (de 2010 a 2012) enfocados al ABPy mediante la implementación de proyectos relacionados con algún tema astronómico. Los cursos han tenido como objetivos:

- Desarrollar proyectos y materiales que acerquen a los estudiantes a temas astronómicos que a su vez formen parte de la currícula de ciencias en el bachillerato.
- Ofrecer una instrumentación básica que permita a los estudiantes y profesores realizar sus primeros proyectos y tener una experiencia inicial en la investigación científica.

Derivado de estos cursos han surgido:

- Talleres sobre adquisición de imagen digital con telescopios pequeños.
- Ciclos de conferencias.
- Prácticas para laboratorios de física y química.
- Actividades de divulgación en el Observatorio Astronómico Nacional ubicado en Tonantzintla, Puebla.
- Proyectos de observación con el telescopio de 1m del Observatorio de Tonantzintla, Puebla.
- Demostraciones de experimentos de física, algunos con enfoque astronómico.

V. QUÍMICA I EN EL BACHILLERATO DEL CCH

El bachillerato de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades es un bachillerato de cultura básica que se propone formar al alumno por medio de la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que propicien en el egresado un desempeño más creativo, responsable y comprometido con la sociedad y que a la vez lo posibilite para continuar estudios superiores.

La materia de Química pertenece al área de Ciencias Experimentales, la cual contribuye a la cultura básica del estudiante promoviendo aprendizajes que:

“...le permitirán desarrollar un pensamiento flexible y crítico, de mayor madurez intelectual, a través de conocimientos básicos que lo lleven a comprender y discriminar la información que diariamente se presenta con visos de científica; a comprender fenómenos

naturales que ocurren en su entorno o en su propio organismo; a elaborar explicaciones racionales de estos fenómenos; a valorar el desarrollo tecnológico y su uso en la vida diaria, así como a comprender y evaluar el impacto ambiental derivado de las relaciones hombre – ciencia y tecnología-naturaleza” [5].

Química I es asignatura obligatoria, a ésta corresponde aportar los conocimientos básicos de la disciplina y colaborar en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores.

El contenido de la asignatura tiene un orden lógico secuencial que permite ir de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto, así como el paso de lo macroscópico a lo molecular, propicia el desarrollo de la capacidad de abstracción de los estudiantes.

Se enfatiza en el aprendizaje de los conceptos de compuesto, elementos, **estructura de la materia (átomo y molécula)**, reacción química y enlace.

En la pregunta generadora **¿En qué son diferentes los metales de los no metales?** los aprendizajes que tienen que adquirir los estudiantes son: [6]

22. Describe cómo el descubrimiento de las partículas subatómicas dio lugar a la evolución del modelo de Dalton al de Bohr.

23. Representa gráficamente la distribución electrónica de los átomos de los elementos de grupos representativos según el modelo atómico de Bohr.

24. Describe la organización de los elementos en la tabla periódica considerando grupos o familias, periodos y orden creciente de número atómico.

25. Ubica en la tabla periódica la posición de los átomos de los elementos de los grupos representativos con base en el número de electrones externos.

26. Utiliza la tabla periódica como una herramienta para obtener información básica sobre los elementos.

27. Nombra a los elementos de los grupos representativos a partir de sus símbolos.

28. Asocia los valores de electronegatividad de los elementos con su radio atómico, su energía de ionización y su carácter metálico o no metálico.

La práctica docente ha mostrado que los estudiantes saben de memoria los modelos atómicos, no los comprenden, el proyecto de colaboración docente va a permitir a los estudiantes a partir de datos espectroscópicos obtenidos de diferentes estrellas conocer y comprender el modelo atómico de Bohr, así como relacionar los valores de electronegatividad, radio atómico y energía de ionización.

VI. EL PROYECTO DE COLABORACIÓN DOCENTE

Se presentó al doctor Héctor Hernández Toledo la propuesta de la investigación **Identificación de Metales y No Metales**

en las Estrellas, así como a los estudiantes que iban a participar.

Octavio y Verónica de forma autónoma y autorregulada aprendieron las coordenadas celestes, telescopios, técnicas observacionales, principios de física estelar, clasificación y observación de estrellas. [7] Para reforzar sus conocimientos utilizaron el software especializado virtual educational observatory (proyecto CLEA).

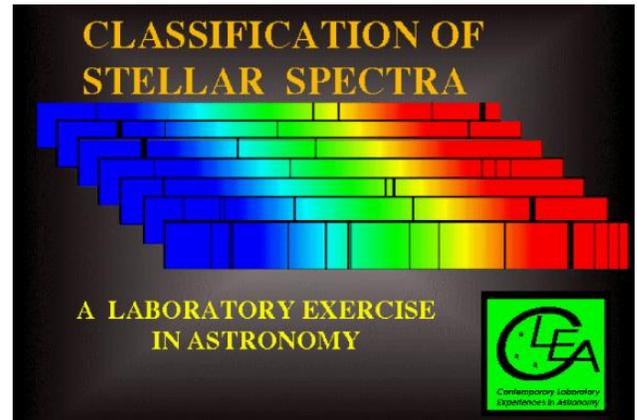


FIGURA 2. Software especializado virtual proyecto CLEA.

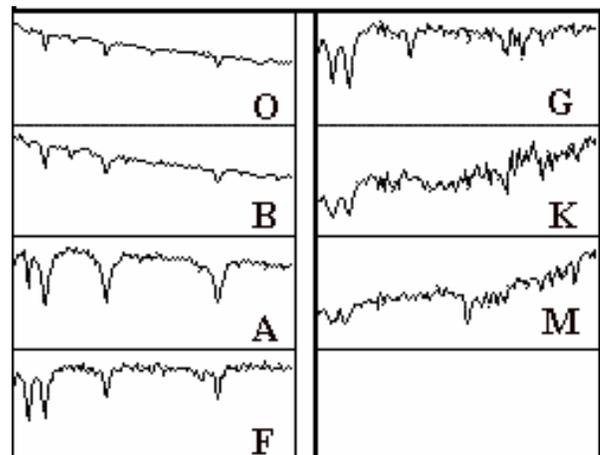


FIGURA 3. Espectros de absorción de cuerpos estelares de las Pléyades.

Los estudiantes consultaron el Anuario Astronómico Nacional 2011 y también el programa planetario Stellarium, con ambos sacaron las coordenadas estelares de cuarenta estrellas para obtener sus espectros de absorción en las temporadas marzo, abril y mayo de 2011 en el Observatorio Astronómico Nacional de Tonantzintla, Puebla.

Hora	Nombre del objeto	Tipo	Magnitud Aparente	Ascensión Recta (J2000)	Declinación (J2000)	HIP
22:01	Regulus (α Leo)	B7V	1.35	10h 08m 22.3s	11° 58' 02.5" positivo	49669
22:03	Alhena (γ Gem)	A0IV	1.9	6h 37m 42.7s	16° 23' 57.1" positivo	31681
22:13	Castor (α Gem)	A2Vm	1.9	7h 34m 35.9s	31° 53' 17.0" positivo	36850 A
22:14	Alnath (β Tau)	B7III	1.65	5h 26m 17.5 s	28° 36' 26.1" positivo	25428
22:16	Algieba (γ 1 Leo)	K0III	2.2	10h 19m 58.4s	19° 50' 28.2" positivo	50583 A
22:18	n Leo	A0Ib	3.45	10h 07m 20.0 s	16° 45' 45.6" positivo	49583
22:19	Adhafera (ζ Leo)	F0III	3.4	10h 16m 41.4s	23° 25' 02.3" positivo	49583
22:21	Tania Borealis (λ Uma)	A2IV	3.45	10h 17m 5.7s	42° 54' 52" positivo	50372
22:23	Tania Australis (μ UMa)	M0III_SB	3.05	10h 22m 19.7 s	41° 29' 58.8" positivo	50801
22:25	Denebola (β Leo)	A3Vvar	2.1	11h 49m 3.5 s	14° 34' 19" positivo	57632
22:28	Gomeisa (β Cmi)	B8Vvar	2.85	7h 27m 9s	8°17' 21.4" positivo	36188
22:30	Alphard (α H Ya)	K3III	1.95	9h 27m 9s	8° 39' 30.6" negativo	46390
22:31	Alnitak (ζ Ori)	O9.5Ib_S B	1.85	5h 40m 45.5s	1° 56' 33.3" negativo	26727
22:33	Menkalinan (β Aur)	A2V	1.9	5h 59m 31.7s	14° 56' 58.8" positivo	28360
22:35	Aldebaran (α Tau)	K5III	0.85	4h 35m 55.3s	16° 30' 32.9" positivo	21421
22:36	Zavijaba (β Vir)	F8V	3.55	11h 50m 42.3s	1° 45' 49.9" positivo	57757
22:37	Chertam (θ Leo)	A2V	3.3	11h 14m 14.4s	15° 25' 45.5" positivo	54879
22:40	m Leo	K3III	5.5	10h 46m 24.6s	18° 53' 29.2" positivo	52686
22:41	k Leo	G4III	5.45	10h 46m 25.2s	14° 11' 39.8" positivo	52689

FIGURA 4. Coordenadas estelares de algunas estrellas.

En la temporada de marzo de 2011 los estudiantes trabajaron con el telescopio de 1m y el espectrógrafo SBIG Self Guide Spectrograph.



FIGURA 5. Acoplado el espectrógrafo SBIG Self Guide Spectrograph al telescopio de 1m del Observatorio Astronómico Nacional de Tonantzintla, Puebla.

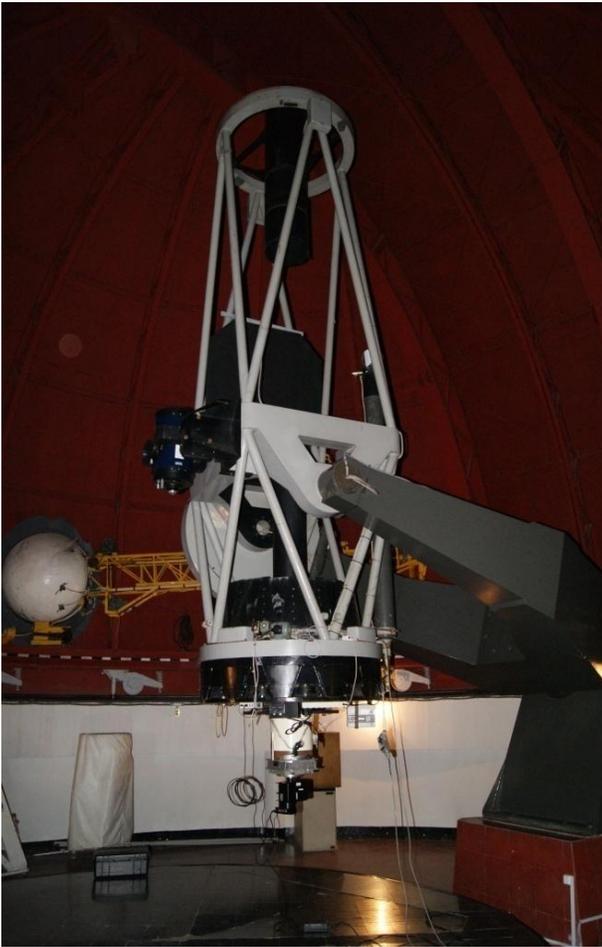


FIGURA 6. Espectrógrafo SBIG Self Guide Spectrograph acoplado al telescopio de 1m.

Ejemplo de un espectro obtenido:

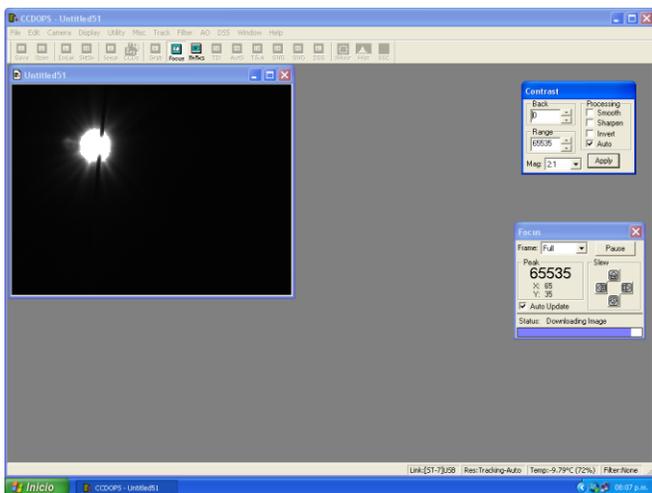


FIGURA 7. Cuerpo estelar en rendija.

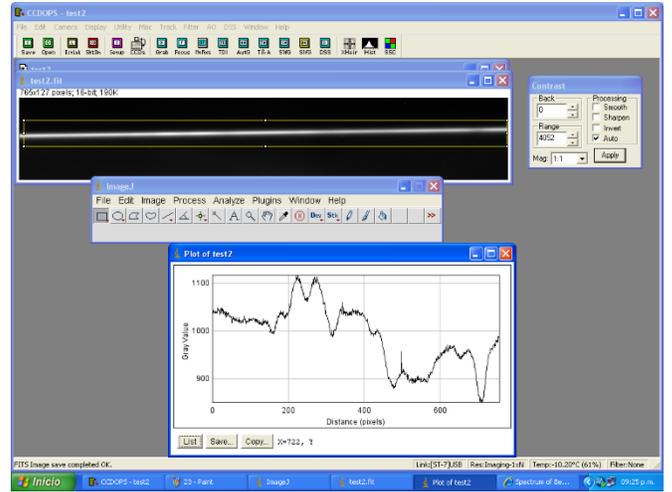


FIGURA 8. Espectro obtenido y desplegado del cuerpo estelar.

En la temporada abril-mayo de 2011 los estudiantes trabajaron con el telescopio de 1m y el espectrógrafo Boller & Chivens.



FIGURA 9. Acoplado el espectrógrafo Boller & Chivens al telescopio de 1m.

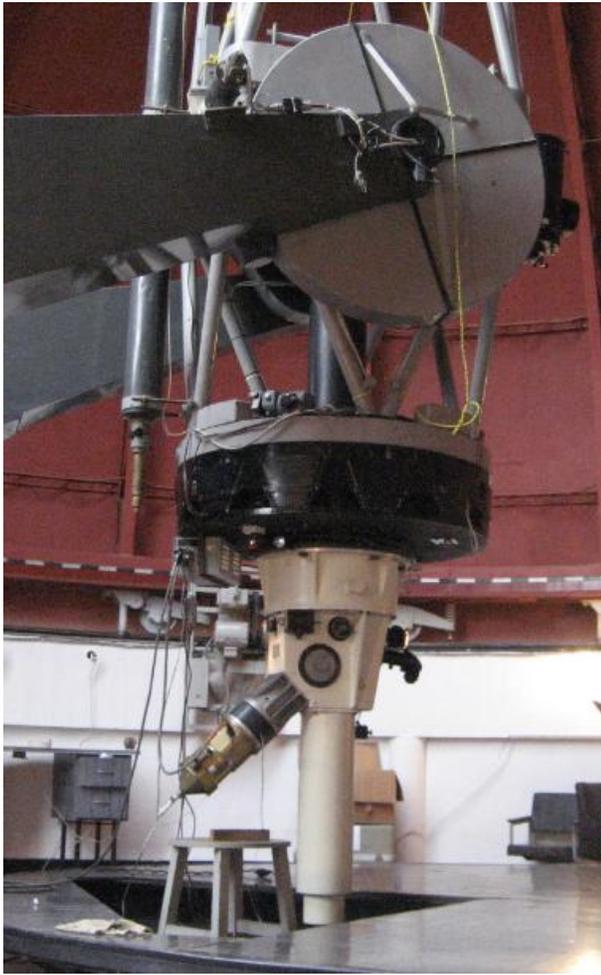


FIGURA 10. Espectrógrafo Boller & Chivens acoplado al telescopio de 1m.

El espectro de emisión de la lámpara de comparación He – Ar y los espectros de absorción de las estrellas: β UMa, α Virgo, η UMa, α 2CVn, ϵ Virgo, α Bootis, α Leo, Subra, γ UMa, Spica, α Sco, η Oph, σ Sgr, π Sgr y α 2Cap fueron procesados y calibrados en el Instituto de Astronomía.

Identificación de metales y no metales en las atmósferas de las estrellas...



FIGURA 11. Trabajando en procesamiento y calibrado del espectro de emisión de la lámpara de comparación He-Ar y espectros de absorción de diferentes estrellas.

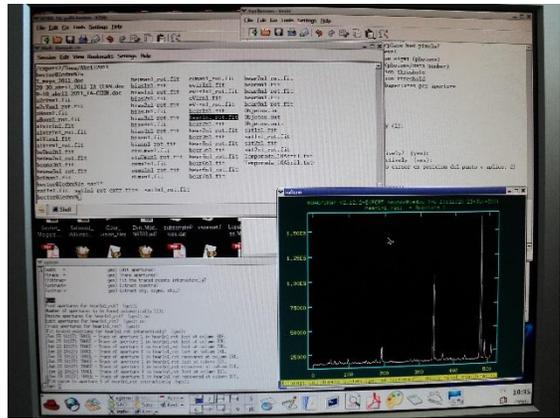


FIGURA 12. Espectro de absorción de la lámpara de comparación He-Ar.

Los estudiantes con ayuda del espectro de emisión de la lámpara He-Ar, identificaron principalmente en los espectros de absorción de las diferentes las líneas $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ y $H\delta$ del hidrógeno.

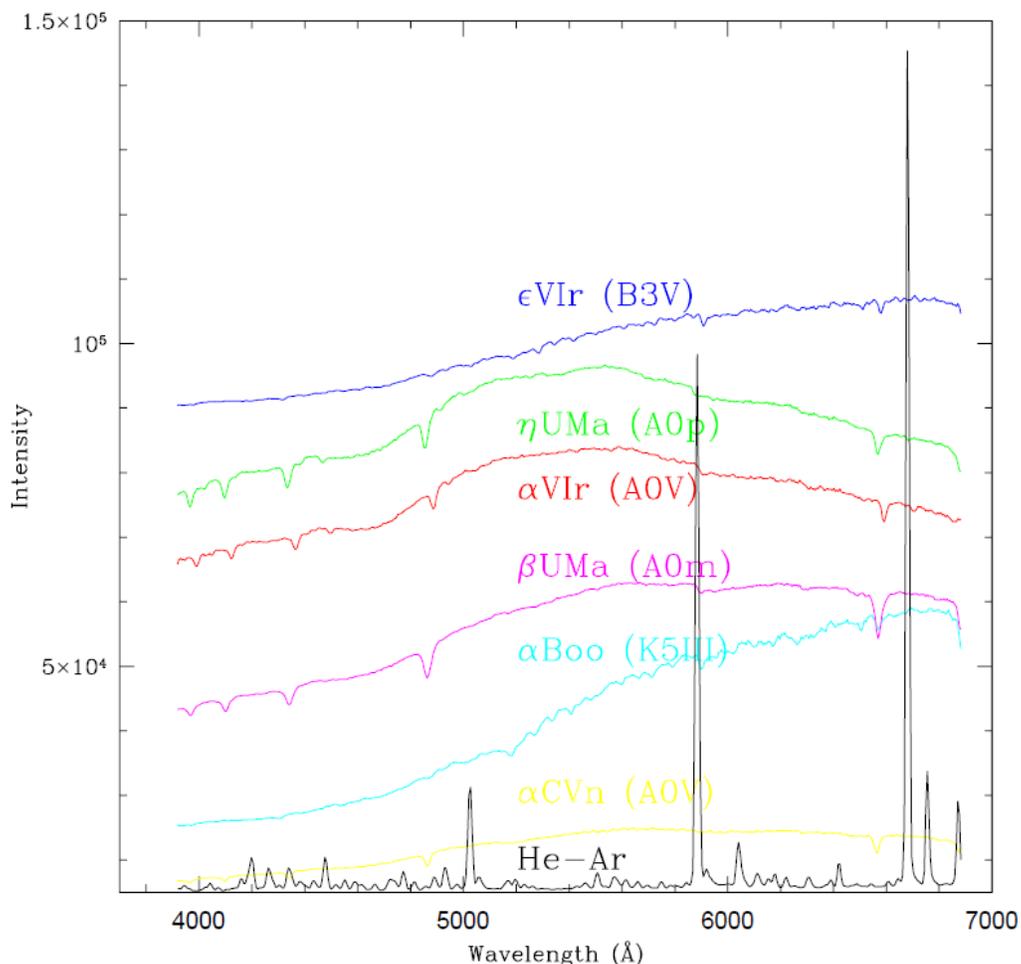


FIGURA 13. Espectro de emisión de la lámpara de comparación He-Ar y espectros de absorción de estrellas tipo A, B y K.

En estos momentos se está generando información y datos accesibles en línea para que estén disponibles a los profesores que deseen utilizarlos en su asignatura.

También se está redactando la estrategia didáctica para aplicarla en un grupo que esté cursando Química I, para cubrir los aprendizajes de la pregunta generadora **¿En qué son diferentes los metales de los no metales?**

Los resultados que arroje la aplicación de la estrategia didáctica nos dirá si los estudiantes adquirieron y comprendieron los aprendizajes relacionados con **el modelo atómico de Bohr y si asocian los valores de electronegatividad de los elementos con su radio atómico, su energía de ionización y su carácter metálico o no metálico.**

VII. COMENTARIOS

La astronomía es una ciencia que tiene relación con otras ciencias, en particular en este proyecto por medio de la espectroscopia tiene correlación con la química.

Los estudiantes que participaron en este proyecto intervinieron en la planeación e implementación,

considerando los recursos con que se cuentan tanto en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades y en el Instituto de Astronomía. Aplicaron habilidades de investigación y el trabajo en equipo entre estudiantes y profesores.

Los alumnos aprendieron a ser más autónomos y autorregulados porque al buscar, seleccionar, analizar y sintetizar información relevante relacionada con el proyecto, se dieron cuenta de la relación que hay entre las asignaturas que cursan en el bachillerato, y que los conocimientos que han adquirido los tienen que retomar para proponer soluciones y emitir sus opiniones con fundamento.

A partir de los espectros de absorción de las diferentes estrellas se puede introducir a los alumnos de Química al estudio y comprensión del modelo atómico de Bohr. Y que asocien valores de electronegatividad de algunos elementos con su radio atómico, su energía de ionización y su carácter metálico o no metálico.

Para lograr lo anterior en la estrategia didáctica se propondrá que los estudiantes observen el espectro de emisión del hidrógeno, conozcan y comprendan la serie de

Chávez Espín, J. J. et al.

Balmer y posteriormente estudien el modelo atómico de Bohr.

Con el espectro de Saturno y sus anillos se propone diseñar una estrategia didáctica para la asignatura de Química IV, porque en este hay señales de moléculas orgánicas.

La aplicación de ambas estrategias didácticas va a hacer uso de simuladores, animaciones y aplicaciones que ilustran los distintos temas.

El doctor Héctor Hernández junto con otros colaboradores del Instituto de Astronomía están trabajando para que a la brevedad las bases de datos estén a disposición de los profesores y diseñen estrategias didácticas relacionadas con las asignaturas que imparten.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Astrophysics Research Institute and Liverpool John Moores University, *The Liverpool Observing Robotic Telescope*, <http://telescope.livjm.ac.uk/>. Consultada en: Octubre de 2012.
- [2] Galeana de la O. L., *Aprendizaje basado en proyectos*, (Universidad de Colima, Colima, s. f).
- [3] Meléndez Moreno, J. L., *Astronomía: Ciencia Interdisciplinaria* (UNMSM, Lima, s. f).
- [4] Kolmos, A., *Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos*, *Educar* **33**, 77-96 (2004).
- [5] CCH, *Plan de Estudios Actualizado*, (DUACB-UNAM, México, 1996).
- [6] CCH, *Programas de Estudio de Química I a IV*, (UNAM, México, 2004).
- [7] Galadí-Enríquez, D. & Gutiérrez Cabello, J., *Astronomía general. Teoría y práctica*, (Ediciones Omega, Barcelona, 2001).

Análisis estadístico de examen diagnóstico para valorar la capacidad de transferir conocimientos abstractos a sus aplicaciones en diversos contextos



L. L. Alfaro Avena, J. E. Chávez Pierce, J. Estrada Cabral, S. Flores García

*Departamento de Física y Matemáticas, Instituto de Ingeniería y Tecnología,
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Avenida del Charro 610 Norte.,
CP 32310 Ciudad Juárez, Chih.*

E-mail: lalfaro@uacj.mx

(Recibido el 10 de Junio de 2014, aceptado el 24 de Marzo de 2015)

Resumen

Diversas evaluaciones realizadas a estudiantes del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (IIT) indican que la mayoría de estos no desarrollan un aprendizaje funcional, pues no logran transferir habilidades y conceptos desde las ciencias básicas hacia su aplicación en ingeniería. Se han estado elaborando estrategias de aprendizaje de corte inductivo para contextualizar los conocimientos de los cursos básicos de física y matemáticas a problemas específicos propios de las carreras de ingeniería que se ofertan. Sin embargo, se requiere un estudio que verifique la eficacia de estas estrategias para propiciar un verdadero aprendizaje significativo. Con ese fin, se ha trabajado en el diseño y valoración de la utilidad de un examen diagnóstico que determine la capacidad de transferir conocimientos abstractos a sus aplicaciones en diversos contextos. El instrumento se aplicó a una muestra de 140 estudiantes del IIT de niveles intermedio y avanzado, y en el presente trabajo se describen sus características y se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico de dichos reactivos. La confiabilidad interna del examen resultó alta, los reactivos en promedio fueron medianamente difíciles para la muestra, mientras que su poder de discriminación resultó regular, y el 87% de los reactivos utilizados tiene una proporción de nivel de dificultad y poder de discriminación aceptable.

Palabras clave: Evaluación diagnóstica, Teoría y técnicas de evaluación, Confiabilidad interna.

Abstract

Several assessments to students of the Institute of Engineering and Technology at the University of Ciudad Juarez (IIT, by its Spanish acronym) indicate that most of them do not develop a functional learning, because they fail to transfer skill and concepts from basic science to its application in engineering. It has been developing learning strategies based on inductive reasoning to contextualize the knowledge of basic courses in physics and mathematics to specific problems of engineering programs that are offered. However, a study is required to verify the efficacy of these strategies to promote a real meaningful learning. To that end, we have worked on the design and evaluation of the usefulness of a diagnostic test that determines the ability to transfer abstract knowledge to their applications in various contexts. This tool was applied to a sample of 140 students from the IIT in intermediate and advanced levels, and this paper describes the characteristics of the instrument and displays the results obtained from the statistical analysis of its items. The internal reliability of the assessment was high, the items were moderately difficult on average for the sample, while its power of discriminations was regular, and almost 90% of the items used have an acceptable ratio of difficulty to discrimination power.

Keywords: Diagnostic evaluation, Theory of testing and techniques, Internal reliability.

PACS: 01.40.G, 01.40.gf

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

El currículo tradicional de enseñanza en ingeniería promueve pocas oportunidades de relacionar de manera satisfactoria los cursos de ciencias con las aplicaciones propias de la disciplina [1]. Por lo cual impera la necesidad del diseño de secuencias de aprendizaje de corte inductivo, como proyectos o experimentos, que complementen dicha deficiencia [2]. El propósito de éstas es generar habilidades de razonamiento que permita al estudiante aplicar conceptos matemáticos y físicos a diversos contextos de ingeniería.

Sin embargo, se debe evaluar la utilidad de dichas estrategias. De inicio, se desea tener una visión clara del estado que prevalece en la educación actual y ver su evolución en el tiempo. Por ello se ha diseñado un instrumento de evaluación diagnóstica. Se desea que dicho instrumento sea válido y confiable. Es decir, que mida lo que se desea medir, y que al ser aplicado en circunstancias y con muestras semejantes arroje resultados semejantes.

En el presente documento se reportan el resultado del análisis de confiabilidad del instrumento y las características de los reactivos al ser aplicado a una muestra considerable.

Estos parámetros por sí solos no determinan la utilidad de un examen; sin embargo, es necesario que dicho instrumento, así como los reactivos individuales, cumplan con ciertos parámetros para que los resultados que se obtengan de estos tengan un significado y valor heurísticos.

II. METODOLOGÍA

Se diseñó un examen con 15 pares de reactivos en dos contextos que denominamos el matemático y el físico. Los problemas en el primer contexto fueron dos de funciones, uno de sistema de ecuaciones lineales, uno de razón de cambio, uno de diferencias finitas, cinco de variación, dos de cálculo integral, uno de vectores y dos de estadística. En el contexto físico ocho problemas fueron de dinámica, dos de termodinámica, dos de electromagnetismo, uno de química y dos de situaciones probabilísticas.

La Figura 1 muestra un ejemplo de reactivo en el contexto matemático con su par en contexto físico.

El objetivo principal de la evaluación es observar la habilidad del estudiante de transferir los recursos matemáticos adquiridos en diversos cursos a problemas en el contexto físico. Los reactivos mismos también pretendieron desarrollar habilidades intelectuales como

- La comparación
- El orden
- La solución de contingencias
- El análisis de enunciados
- La selección de argumentos para la solución de problemas.

El examen se aplicó primeramente a un grupo piloto de 32 estudiantes para realizar adecuaciones en su redacción, y posteriormente a una muestra de 140 estudiantes de nivel avanzado de diversas carreras del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

A. Confiabilidad de la prueba y análisis de reactivos

Se buscó que la evaluación fuese objetiva y contara con rigor técnico, siendo esta una prueba desconocida por los evaluados, aplicándola en condiciones idénticas y controladas y utilizando técnicas estadísticas rigurosas.

Se le realizó un análisis estadístico para encontrar la confiabilidad interna y las características psicométricas de los reactivos utilizados, como son: el grado de dificultad (p), el poder de discriminación y el criterio de calidad ambos (relación discriminativa RD) [3, 4, 5, 6].

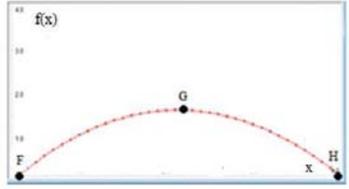
En lo relacionado al poder de discriminación, además del índice de discriminación (D) se utilizó el coeficiente de discriminación biserial. Este último, tiene la ventaja de que se basa en la totalidad de la muestra, en lugar de sólo el 57%.

Este coeficiente se calcula de la siguiente manera [5, 7, 8]

$$r_{pbis} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_0}{S_x} \sqrt{\frac{n_1 n_0}{n(n-1)}} \quad (1)$$

donde n_1 es el total de aciertos del reactivo, n_0 el total de errores, $n = n_1 + n_0$, x_1 es la media de las puntuaciones totales de los que contestaron correctamente el reactivo, x_0 la media de los que contestaron incorrectamente, y S_x es la desviación estándar de las puntuaciones totales.

23.- En la figura de la derecha se muestra una gráfica de una función parabólica $f(t)$. Elige la opción que contenga el orden correcto con respecto a la magnitud de la razón de cambio de la función en los puntos F, G y H.

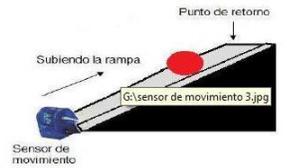


- 1) $F > G > H$
- 2) $G > F > H$
- 3) $F = H > G$
- 4) $F = G = H$

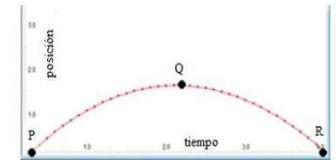
Explica brevemente tu razonamiento.

Nivel de dificultad muy difícil ___ difícil ___ fácil ___ muy fácil ___

26.- En el laboratorio de física se realizó un experimento, el cual consiste en arrojar una pelota que sube y baja a lo largo de una rampa. Los resultados del experimento se muestran en la siguiente gráfica de posición-tiempo.



A continuación se muestran los argumentos de una conversación entre cuatro estudiantes acerca de la magnitud de la rapidez de cambio de la posición de la pelota.



¿Cuál de los argumentos es correcto?

- a) ESTUDIANTE A: "Puedo decirles que los tiempos correspondientes a los puntos P y R, la magnitud de la rapidez de cambio de la posición es la misma".
- b) ESTUDIANTE B: "Yo estoy seguro que en el tiempo correspondiente al punto Q la rapidez de cambio es diferente de 0".
- c) ESTUDIANTE C: "Pues yo opino que en cualquier punto la rapidez de cambio de la posición es la misma".
- d) ESTUDIANTE D: "Todo lo que ustedes argumentan es correcto".

Explica brevemente tu razonamiento.

FIGURA 1. Par de reactivos 23 y 26 de la evaluación diagnóstica. El primero se encuentra en el contexto matemático, mientras el segundo en físico. Al final se anexa el examen completo.

La Tabla I muestra una regla de "dedo" para determinar la calidad de los reactivos en términos de su poder de discriminación y la acción sugerida.

TABLA I. Calidad de los reactivos en función del índice de discriminación biserial. Se indica acción recomendada.

D_i o r_{pbis}	Calidad	Recomendación
> 0.39	Excelente	Conservar
$0.30 - 0.39$	Buena	Puede mejorarse
$0.20 - 0.29$	Regular	Revisar
$0.00 - 0.19$	Pobre	Revisar exhaustivamente
< 0.00	Pésima	Descartar

Aunque el nivel de dificultad y el poder de discriminación dependen de las características de la muestra, como su

habilidad y trasfondo educativo, el estudio de estos parámetros puede revelar errores en el diseño del reactivo mismo, sobre todo cuando el poder de discriminación es muy bajo, mientras su grado de dificultad es intermedio.

IV. RESULTADOS

Aunque 30 reactivos parecían demasiados para una aplicación de menos de dos horas, la mayoría de los estudiantes respondieron el examen en su totalidad, y sólo un 9% de los reactivos quedaron sin responder. Sin embargo, el promedio de aciertos fue bajo, pues el grado de dificultad medio resultó de 0.36, con una desviación estándar de 0.21.

El coeficiente de confiabilidad interna fue de 0.61, que está en el límite inferior de lo aceptable para pruebas de rendimiento académico [4, 9]. El índice de discriminación promedio fue de 0.29, con una desviación estándar de 0.19, mientras que el coeficiente de discriminación biserial medio resultó ser 0.28, con una desviación estándar de 0.15. La relación discriminativa media fue 3.44, con 2.26 en su desviación estándar.

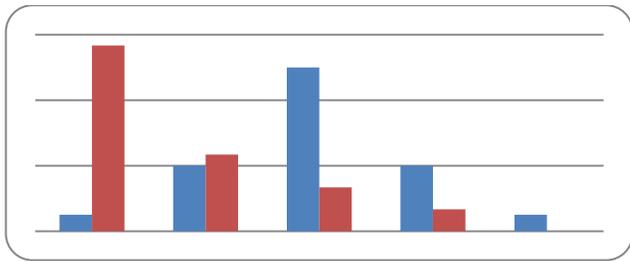


FIGURA 2. Porcentaje de reactivos de un examen equilibrado (azul) y porcentaje de reactivos como función de su grado de dificultad.

La Figura 2 muestra una gráfica de la distribución del porcentaje de reactivos en función de su grado de dificultad (en rojo), y la distribución deseable para una prueba equilibrada (en azul). En esta, como en la tabla II, AD significa “altamente difícil”, MD “medianamente difícil”, DM “dificultad media”, MF “medianamente fácil y AF, “altamente fácil.

En la Tabla II se resume el grado de dificultad obtenido para cada uno de los reactivos. Notamos que predominan los problemas altamente difíciles (casi el 60%), por lo que bajo este criterio, la evaluación no está equilibrada. Sin embargo, esto depende de la validez de los reactivos. Si se espera que el estudiante domine el tema, y el reactivo está bien planteado y redactado, se preserva aunque para la muestra resulte con un alto grado de dificultad.

TABLA II. Clasificación de los reactivos por su grado de dificultad (p_i) obtenido en la evaluación.

Item	p_i	Clasificación	Item	p_i	Clasificación
1	0.63	DM	27	0.69	DM
2	0.15	AD	30	0.21	AD
3	0.49	MD	6	0.11	AD
4	0.31	AD	18	0.29	AD
5	0.77	MF	16	0.35	MD
11	0.12	AD	28	0.19	AD
12	0.74	DM	14	0.58	DM
13	0.19	AD	7	0.26	AD
17	0.43	MD	29	0.18	AD
19	0.41	MD	9	0.26	AD
20	0.51	MD	15	0.86	MF
21	0.20	AD	25	0.14	AD
22	0.22	AD	8	0.31	AD
24	0.26	AD	10	0.20	AD
26	0.34	MD	23	0.45	MD

La Figura 3 muestra un acumulado de la frecuencia de los reactivos como función de la calidad, tanto para el índice de discriminación (en azul) como para el coeficiente de discriminación biserial (en rojo).

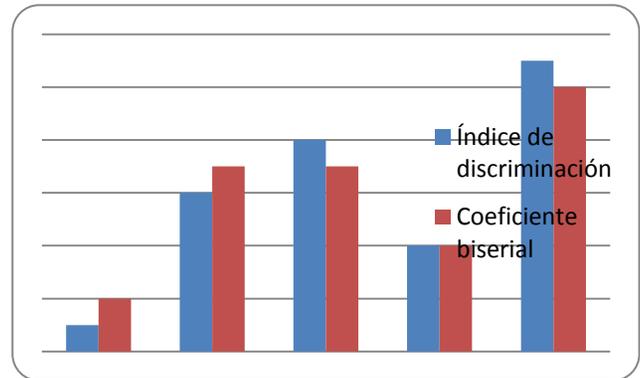


FIGURA 3. Frecuencia de reactivos en función de su índice de discriminación (azul) y su coeficiente de discriminación biserial (rojo).

TABLA III. Calidad de los reactivos por su poder de discriminación (D o r_{pbis}).

Item	D	Calidad	r_{pbis}	Calidad
1	0.42	Excelente	0.36	Buena
2	0.26	Regular	0.29	Regular
3	0.58	Excelente	0.45	Excelente
4	0.03	Pobre	0.03	Pobre
5	0.21	Regular	0.18	Pobre
11	0.05	Pobre	0.16	Pobre
12	0.34	Buena	0.26	Regular
13	0.03	Pobre	-0.01	Pésima
17	0.53	Excelente	0.45	Excelente

19	0.53	Excelente	0.46	Excelente
20	0.32	Buena	0.27	Regular
21	0.21	Regular	0.19	Pobre
22	0.40	Buena	0.46	Excelente
24	0.24	Regular	0.22	Regular
26	0.48	Excelente	0.42	Excelente

TABLA IV. Calidad de los reactivos por su poder de discriminación (D o r_{pbis}).

Item	D	Calidad	r_{pbis}	Calidad
27	0.50	Excelente	0.45	Excelente
30	0.21	Regular	0.21	Regular
6	0.19	Pobre	0.29	Regular
18	0.21	Regular	0.20	Pobre
16	0.40	Buena	0.30	Regular
28	0.24	Regular	0.33	Buena
14	0.03	Pobre	0.06	Pobre
7	-0.11	Pésima	-0.02	Pésima
29	0.45	Excelente	0.48	Excelente
9	0.56	Excelente	0.52	Excelente
15	0.24	Regular	0.30	Buena
25	0.24	Regular	0.32	Buena
8	0.42	Excelente	0.41	Excelente
10	0.11	Pobre	0.06	Pobre
23	0.53	Excelente	0.42	Excelente

Las Tablas III y IV muestran dichos coeficientes para cada reactivo en sus contextos físicos y matemáticos, respectivamente. Se indican los reactivos que tienen necesidad de ser revisados, y en particular el par 13 – 7, descartado.

La Tabla V muestra la relación discriminativa, en la cual sólo los reactivos 4, 5, 14 y 7 resultaron con parámetros no deseables.

TABLA V. Calidad de los reactivos por su poder de discriminación.

Item	RD	Calidad
1	2.12	AA
2	5.71	AA
3	3.73	AA
4	0.31	AR
5	0.75	AR
11	3.14	AA
12	1.55	AA
13	1.03	AA
17	4.67	AA
19	4.68	AA
20	2.25	AA
21	3.33	AA
22	6.45	AA
24	2.96	AA
26	5.00	AA

Item	RD	Calidad
27	2.64	AA
30	4.44	AA
6	5.83	AA
18	2.33	AA
16	3.54	AA
28	5.64	AA
14	0.16	AR
7	-1.48	AR
29	8.00	AA
9	7.57	AA
15	1.60	AA
25	4.67	AA
8	4.96	AA
10	1.43	AA
23	4.23	AA

V. CONCLUSIONES

El instrumento de evaluación resultó con un coeficiente de confiabilidad alto, apenas apropiado para una evaluación de desempeño académico. El grado de dificultad promedio de los reactivos fue medianamente difícil, lo cual no es necesariamente negativo, pero es deseable disminuir el grado de dificultad para poder contar con un mayor número de respuestas, con sus respectivas justificaciones, que permitan hacer un mejor análisis de la transferencia de conocimientos y habilidades de los estudiantes en diversos contextos.

El nivel de discriminación basado en los dos parámetros utilizados en este trabajo resultó congruente para la mayoría de los reactivos, con 6 centésimas de variación en promedio, que modifica en poco la acción a realizar recomendada por dicho criterio. A este respecto, se recomienda conservar 10 reactivos, mejorar 3, revisar 16 y descartar 1, el número 7.

Cuando se consideran los parámetros de dificultad y discriminación, la relación discriminativa resultante sugiere la revisión exhaustiva de 4 reactivos (4, 5, 14 y 7).

En resumen, el instrumento arrojó buenos parámetros para la mayoría de los reactivos utilizados, aunque algunos requieren de mejora. De manera que las conclusiones que se obtengan de la aplicación de este instrumento pueden considerarse válidas.

REFERENCIAS

- [1] Terenzini, P. T., Cabrera, A. F., Colbeck, C. L., Parente, J. M. & Bjorklund, S. A., *Collaborative Learning vs Lecture/Discussion: Students' Reported Learning Gains*, Journal of Engineering Education **90**, 123-130 (2006).
- [2] Ávila, M. S., Luna, J., López, C. & Flores, S., *La experimentación con situaciones físicas como generadoras de significados previos al cálculo*, IV Encuentro Internacional sobre la Enseñanza del Cálculo, Puebla, México (2010).
- [3] Alfaro, L. L., Chávez, J. E. & Salazar, M. C., *Evaluación diagnóstica en Matemáticas básicas a estudiantes de primer ingreso del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ*, IV Congreso de investigación CIPITECH, Nuevo Casas Grandes (2011).
- [4] Ruiz, C., *Confiabilidad*, <<http://www.carlosruizbolivar.com/articulos/archivos/Curso%20CII%20%20UCLA%20Art.%20Confiabilidad.pdf>>, Consultado el 6 de noviembre de 2010.
- [5] Backhoff, E., Larrazolo, N. & Rosas, M., *Nivel de dificultad y poder de discriminación del examen de habilidades y conocimientos básicos (EXHCOBA)*, REDIE Revista Electrónica de Investigación Educativa **2**, 1-16 (2000).
- [6] González, J., *Evaluación de opción múltiple vs evaluación tradicional. Un estudio de caso en ingeniería*, Ingeniería **7**, 17-37 (2003).
- [7] Frisbie, D. A., *Reliability of scores from teacher-made tests*, Educational Measurement: Issues and Practice **7**, 25-35 (1988).

[8] Ebel, R. & Frisbie, D., *Essentials of Educational Measurement*. (Prentice-Halls, Englewood Cliffs, 1991).

[9] Magnuson, D., *Teoría de los tests*, (Trillas, México, 1982).