



Ganancia en el aprendizaje del concepto de fuerza y cambio en las actitudes hacia la física en estudiantes de la Escuela Preparatoria de Tonalá

Gain in learning the force concept and change in attitudes toward Physics in students of the Tonalá High School

José Luis Santana-Fajardo

RESUMEN

Desde la perspectiva de la educación basada en competencias, en México, el pertenecer al Sistema Nacional de Bachillerato implica la adopción de estrategias orientadas y centradas en las necesidades de los estudiantes. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia en el aula de la academia de Física de la Escuela Preparatoria de Tonalá, Jalisco, México, para el logro de actitudes favorables hacia la física y el aprendizaje del concepto de fuerza. Para ello, fue necesario el uso de los factores de concentración y de Hake, con la finalidad de conocer las tendencias en las respuestas y la ganancia en el aprendizaje de conceptos, respectivamente. Los datos fueron obtenidos a partir de la aplicación de dos cuestionarios, la encuesta sobre expectativas hacia la física y la prueba inventario sobre el concepto de fuerza, a alumnos de los cursos de Física I y Mecánica de materiales cerámicos, impartidos en el Bachillerato General por Competencias, durante el primer semestre, y en el Bachillerato Tecnológico en Cerámica, durante el segundo ciclo. El resultado del análisis da información de la baja zona de ganancia en el aprendizaje del concepto de fuerza ($G = 0.0001$). El avance en el porcentaje de respuestas favorables hacia la física fue pequeño (1.2 %) en ambos programas de bachillerato, y además hubo una disminución de la *pre*-prueba a la *post*-prueba de la actitud favorable en tres grupos. Los patrones de respuesta en la zona aleatoria sugieren que los estudiantes tienen dificultad con el aprendizaje de la física.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje de física, actitudes, ganancia en el aprendizaje, bachillerato.

ABSTRACT

From the perspective of competency-based education, in Mexico, to be part of the National High School System implies the adoption of strategies oriented toward and centered on the students' needs. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of the physics academy of the Tonalá High School, Jalisco, Mexico, for the attainment of favorable attitudes toward physics and the learning of the force concept. For that, it was necessary to use the concentration and the Hake factor with the goal to know the trends in the answers and the gain in the learning of concepts respectively. The data were obtained from the administration of two questionnaires, the Maryland Physics Expectations Survey and the Force concept inventory, to students of Physics I and ceramic materials mechanics courses. These courses are taught in the first semester of the competency-based General High school Program, and in the second semester of the Ceramics-oriented High School Technological Program, respectively. The result of the analysis gives information of the low gain zone in learning of the force concept ($G = 0.0001$). The progress in percentage of favorable responses towards physics was small (1.2 %) in both high school programs. In addition, there was a decrease in favorable attitude from *pre*-test to *post*-test in three groups. The response patterns in the random zone suggest that the students have difficulty with physics learning.

KEYWORDS: learning of physics, attitudes, learning gain, high school.

Correspondencia: jluis.santana@academico.udg.mx/ **Fecha de recepción:** 3 de septiembre de 2017/ **Fecha de aceptación:** 24 de mayo de 2018
 Universidad de Guadalajara, Escuela Preparatoria de Tonalá, Hacienda, Sepúlveda 239, col. Hacienda Real, Tonalá, Jalisco, México, C. P. 45428.

INTRODUCCIÓN

El mundo globalizado exige que los estudiantes desarrollen conocimientos, actitudes, valores y habilidades, que les permitan resolver problemáticas reales presentes en su vida cotidiana. A nivel mundial, se ha visto que la existencia de diversos programas presentaba un obstáculo para que los estudiantes transitaran entre escuelas (SEP, 2008a). Lo anterior, aunado a la desventaja educativa de México respecto a países como Uruguay, Chile y España (OECD, 2014; 2016), puso de manifiesto la necesidad de estandarizar los programas de bachillerato. Por lo que se dio la Reforma Integral de la Educación Media Superior (RIEMS), que, como define la propia Secretaría de Educación Pública (SEP, 2015): “es un proceso consensuado, que consiste en la creación del Sistema Nacional del Bachillerato (SNB)”.

El SNB define el perfil de egreso de los bachilleres, el cual se refleja en la creación de un Marco Curricular Común (MCC), donde se establecen las competencias que los egresados deben desarrollar al término de sus estudios de bachillerato (SEP, 2008a; 2008b). Por ello, la Universidad de Guadalajara (U de G), en su modelo educativo, plantea que el proceso enseñanza/aprendizaje se centre en este último, con orientación al desarrollo de competencias del estudiante, a través del traslado de los conocimientos al contexto de la realidad social actual (Castellanos y col., 2007). Además, promueve una visión pluridisciplinar, lo que, en el contexto del aula, involucra la interacción de los distintos módulos o unidades de aprendizaje, en los que cada docente es un facilitador (Castellanos y col., 2007).

Dentro del marco del modelo adoptado por el Sistema de Educación Media Superior (SEMS, 2009), de la U de G, destaca el carácter primordial del rescate de la experiencia, más que la transmisión de conocimientos acabados, es decir, propiciar la construcción del conocimiento por medio de la participación activa de estudiantes y docentes, una educación basada en competencias (EBC). Además, en el mismo SEMS (2009), el proceso de enseñanza/

aprendizaje se caracteriza por la orientación de las estrategias a las necesidades educativas de estudiantes; enfocar los aprendizajes a la solución de situaciones de la realidad cotidiana de los mismos; propiciar aprendizajes significativos y activos «que están en transformación permanente», a través de la reorganización de contenidos y actividades de aprendizaje. La implementación de un esquema de trabajo que permita la interacción de los estudiantes con el objeto de estudio, ofrece una oportunidad para que ellos logren el aprendizaje significativo.

Las estrategias que incorpora la Academia de Física (AF) de la Escuela Preparatoria de Tonalá (EPT), en su planeación académica, se sustentan en las presentadas en metodologías basadas en el aprendizaje activo de la física, en concordancia con el modelo educativo del SEMS (2009). Para esto, los docentes de la AF se dieron a la tarea de identificar las actividades y productos que ayuden a desarrollar y evidenciar las competencias, que marca el programa de curso vigente. La identificación de saberes necesarios para el desarrollo de competencias constituye el primer paso para ello (Tabla 1). El segundo, es la definición de actividades y productos esperados de aprendizaje (Tabla 2). Así, el aprendizaje orientado a proyectos a través del diseño de experimentos para probar leyes y/o principios de la mecánica, el aprendizaje basado en problemas con el uso de problemas de solución abierta, la escritura de ensayos y artículos con temas científicos, la formulación de hipótesis y su puesta a prueba mediante el desarrollo de prácticas de laboratorio, el trabajo con simulaciones, la solución de ejercicios de lápiz y papel, la comparación de videos con ideas científicas, contra videos con ideas pseudocientíficas, son una alternativa que puede lograr mejores resultados en comparación con el método de transmisión/recepción (De-Miguel, 2005; Galeana, 2007; Meza y Zamorano, 2007; Cameratti y Escobar, 2007; Rodríguez, 2007; Benítez y Mora 2010; Oliver-Hoyo y col., 2012; Pimienta, 2012; Von-Korff y col., 2016; Kloepper, 2017).

■ **Tabla 1. Identificación de los saberes necesarios para el desarrollo de competencias en la Unidad de Aprendizaje Física I.**

Table 1. Identification of the necessary knowledge for the development of competences in the Physics I Learning Unit.

Competencias específicas (U de G) (González y col., 2011)	Competencias disciplinares básicas de ciencias experimentales (MCC) (SEP, 2008: 6)	Saberes necesarios
Interpreta datos sobre los diferentes tipos de movimiento, procedentes de observaciones y medidas en laboratorios, para predecir las consecuencias de los fenómenos de la naturaleza	Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas	Comprensión del papel de la ciencia en la vida cotidiana
Elabora proyectos de indagación y experimentación de fenómenos físicos, relacionados con los tipos de movimiento y sus causas	Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a la pregunta de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes	Aplicación del método científico para la solución de problemas de su contexto relacionados con el movimiento
Valora los aportes de la ciencia y la tecnología, sus efectos en el entorno, para emitir juicios de valor	Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas Relaciona los niveles de organización química, biológica, física y ecológica de los sistemas vivos	Desarrollo de proyectos para la solución de problemas científicos relacionados con su contexto

Aunque los planteles del SEMS trabajan bajo el modelo EBC, no se tienen estudios, dentro del SEMS de la U de G, que midan qué tan eficientes son las estrategias educativas que utilizan.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la efectividad del esquema de trabajo en el aula, propuesto por la academia de Física de la Escuela Preparatoria de Tonalá (EPT), de la U de G, en el desarrollo de actitudes favorables hacia la física y la ganancia en el aprendizaje del concepto de fuerza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación forma parte de un informe técnico de Santana y col. (2015). El tema motivo de evaluación se aborda durante la Unidad II de ambos cursos; Mecánica de materiales

cerámicos, en el segundo semestre del Bachillerato Tecnológico en Cerámica (BTC) y Física I, en el primer semestre del Bachillerato General por Competencias (BGC). El curso, que inició a partir de la semana 8 del semestre (16 de marzo de 2015), tiene asignadas 5 h por semana en el caso del BGC; y 3 h por semana para el caso del BTC, cuyo curso inició a la par del semestre (26 de enero de 2015). El llenado de los cuestionarios utilizados en la investigación forma parte de las actividades planificadas por la AF de la EPT, sin embargo, se les notificó a los estudiantes su papel en la investigación y que los resultados no tendrían influencia en su calificación final. Es preciso apuntar que el concepto de fuerza, tema evaluado con el cuestionario, se aborda a lo largo de las unidades antes mencionadas dentro de los cursos correspondien-

■ **Tabla 2. Identificación de actividades para el logro de productos.**
 Table 2. Identification of activities for the achievement of products.

Saberes	Productos	Actividades
Comprensión del papel de la ciencia en la vida cotidiana	Escrito en el que exprese el impacto que la física tiene en el desarrollo de la humanidad	<p>Lluvia de ideas para rescatar preconcepciones acerca de la física como ciencia y su impacto en el desarrollo de la humanidad</p> <p>Presentación de videos en los que se muestren ideas “pseudocientíficas” y su comparación contra videos con ideas y argumentos científicos</p> <p>Discusiones grupales a partir de la información contenida en noticias con temas científicos (enfocarse en temas de física)</p> <p>Elaboración de organizadores gráficos que contengan además de la información analizada, información consultada por diferentes medios</p>
Aplica el método científico para la solución de problemas de su contexto relacionados con el movimiento	<p>Reportes de prácticas de laboratorio</p> <p>Reporte en el que se explique la estrategia para resolver problemas de solución abierta relacionados con su contexto</p>	<p>Lluvia de ideas acerca de o relacionadas con el tema de movimiento para rescatar preconcepciones</p> <p>Discusión grupal a partir de la información consultada en diferentes medios</p> <p>Uso de simuladores</p>
Desarrolla proyectos de experimentación relacionados con el movimiento	<p>Reportes de prácticas de laboratorio</p> <p>Propuesta y ejecución de práctica para probar las leyes de Newton</p>	<p>Realización de prácticas de laboratorio</p> <p>Resolución de ejercicios</p> <p>Redacción de informes parciales y totales</p> <p>Presentación de avances y resultados</p>

tes. Cabe señalar que en el BGC existen 5 grupos por cada turno, lo que arroja un total de 10, y en el BTC sólo se abre un grupo por semestre. Los 11 grupos que participaron en el estudio tenían en promedio 40 estudiantes cada uno, formando un total de 450 alumnos; las edades variaban entre los 14 y 17 años.

La investigación se llevó a cabo durante el periodo del 16 de marzo y el 30 de junio de 2015. Por su parte, la AF de la EPT se constituía, en el periodo de aplicación del estudio, por dos licenciados en Física, ambos con diplomado en competencias docentes, además de 20 años de experiencia

docente; un ingeniero químico, con diplomado en competencias docentes y cinco años de experiencia docente; un ingeniero mecánico eléctrico con 25 años de experiencia docente; un ingeniero en comunicaciones y electrónica, con ocho años de experiencia docente; un maestro en Física Educativa, con once años de experiencia docente. El perfil de los docentes cubre los conocimientos necesarios para abordar los temas en los cursos antes mencionados, incluyendo el concepto de fuerza. Esta academia se forma por los docentes de los cursos de Física en la preparatoria mencionada.

Área de estudio

Con base en información de Orientación Educativa y Control Escolar del plantel, la EPT, está ubicada en la cabecera municipal de Tonalá en el estado de Jalisco, México. Los miembros de su comunidad estudiantil son de nivel socioeconómico medio-bajo. Los estudiantes de la preparatoria tienen a su disposición cinco laboratorios de cómputo con un promedio de 24 máquinas cada uno, todos con conexión a internet. El material bibliográfico disponible en la biblioteca es suficiente para la consulta de los temas abordados. Además, se cuenta con acceso a internet en las seis computadoras disponibles en ese espacio. Para la realización de prácticas de la población estudiantil, se dispone de dos laboratorios de ciencias. En el almacén de dichos laboratorios se cuenta con los materiales necesarios.

Métodos

Se hizo una investigación bajo el paradigma cuantitativo, con un muestreo intencional, debido a que los grupos objetivo son formados mediante mecanismos de ingreso fuera del control del personal docente. Para medir la ganancia en el aprendizaje del concepto de fuerza, fue aplicada la prueba Inventario sobre el Concepto de Fuerza (FCI, por sus siglas en inglés: Force Concept Inventory) en su versión en español traducido por Macia-Barber y col. (1995), en dos momentos, previo y posterior a la instrucción (*pre*-prueba y *post*-prueba) al total de grupos de Física I del

BGC y Mecánica de materiales cerámicos del BTC. Dicha prueba consta de 30 ítems con 5 opciones de respuesta (<https://goo.gl/forms/f5ASyBMNrnYg2kKh2>, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.679.5414&rep=rep1&type=pdf>), cuyos temas se distribuyen como sigue (Hestenes, y col., 1992; Castillo y col., 2013): Cinemática: ítems 20 y 21; Inercia; 4, 8, 10, 26 y 27; Fuerza y aceleración; 6, 7, 24 y 25; Acción y reacción; 2, 11, 13 y 14; Principio de superposición; 19, 28 y 30; Tipos de fuerza; 1, 3, 5, 9, 12, 15, 16, 17, 18, 22, 23 y 29 (Hestenes, y col., 1992; Castillo y col., 2013). Este instrumento fue utilizado porque “mide” (en cierto sentido) la habilidad del “pensamiento Newtoniano” (Morris y col., 2012: 825).

Para conocer las actitudes hacia la física, fue utilizada una versión traducida de la encuesta sobre expectativas hacia la física (MPEX, por sus siglas en inglés: Maryland Physics Expectations Survey), que consta de 34 ítems con 5 opciones de respuesta (Tabla 3) (https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdhRPYV2yKKse6IYwxt_xaCv_BiOKfua2YOQIbZzPHK0-_qRg/viewformhttps://d320goqmya1dw8.cloudfront.net/files/NAGTWorkshops/asess05/activities/MPEX.pdf), cuyas respuestas utilizan una escala Likert. La escala fue aplicada también en dos momentos (previo y posterior a la instrucción). Las respuestas emitidas por los estudiantes se compararon con las respuestas emitidas por los expertos en el tema, las cuales son incluidas en el cuestionario para dar certeza del conocimiento que se debe alcanzar (Redish y col., 1997).

La aplicación de las pruebas se hizo en línea, durante el horario asignado para cada grupo. Fueron tomados en cuenta sólo aquellos alumnos que completaron ambos cuestionarios en los dos momentos (*pre* y *post*-prueba). En consecuencia, de los 450 alumnos registrados en los 11 grupos, 260 completaron la MPEX (20 del BTC y 240 del BGC) y 245 la FCI (19 del BTC y 226 del BGC). El análisis de datos requirió del uso del factor de Hake (Hake, 1998; Santana, 2015) para medir la ganancia en el aprendizaje de conceptos de física, y el factor

■ Tabla 3. Ítems de la versión traducida de la MPEX.

Tabla 3. Items of the translated version of MPEX.

Ítem	Descripción	1*	2*	3*	4*	5*
1	Todo lo que necesito hacer para entender más acerca de las ideas básicas en este curso es sólo leer el texto, trabajar más en los problemas y/o poner mucha atención en clase					
2	Todo lo que aprendo del razonamiento para obtener o probar una fórmula, es que la fórmula, obtenida es válida y está bien usarla en problemas					
3	Reviso mis apuntes cuidadosamente para prepararme para los exámenes en este curso					
4	“Resolver problemas” en física, básicamente significa relacionar problemas con datos o ecuaciones y entonces sustituir valores para obtener un número					
5	Aprender física me hace cambiar algunas de mis ideas acerca de cómo funciona el mundo físico					
6	Paso mucho tiempo analizando y comprendiendo al menos algunos razonamientos o pruebas dadas, ya sea en clase o en el texto					
7	Leo el texto a detalle y trabajo en muchos de los ejemplos dados ahí					
8	En este curso, no espero comprender las ecuaciones de manera automática; ellas simplemente deben ser aplicadas					
9	La mejor manera para mí, de aprender física, es resolver muchos problemas y no analizando unos pocos en detalle					
10	Las leyes físicas tienen poca relación con lo que experimento en el mundo real					
11	Un buen entendimiento de la física es necesario para mí, para lograr mis metas profesionales. Una buena calificación en este curso no es suficiente					
12	El conocimiento en física se compone de muchas piezas de información, cada una de las cuales se aplica principalmente a una situación específica					
13	Mi calificación en este curso es determinada principalmente por lo familiarizado que estoy con los temas. Perspicacia o creatividad tienen poco que ver con eso					
14	Aprender física es cuestión de adquirir los conocimientos que se hallan específicamente en leyes, principios y ecuaciones dadas en clase y/o en libros de texto					
15	Cuando hago un problema, si mi cálculo arroja un resultado que difiere significativamente de lo esperado, debo confiar en el cálculo					
16	Los razonamientos para obtener o probar las ecuaciones, en clase o en el libro de texto, tienen poco que ver con la solución de problemas o con las habilidades que necesito para tener éxito en este curso					
17	Sólo unas cuantas personas especialmente calificadas son capaces de comprender realmente la física					
18	Para comprender la física, algunas veces pienso acerca de mis experiencias personales y las relaciono con el tema que se analiza					
19	Lo crucial en la solución de un problema de física es encontrar la ecuación correcta a utilizar					
20	Si no recuerdo la ecuación particular necesitada para resolver un problema, no hay mucho que yo pueda hacer (ilegalmente!) para llegar a ella					

Continúa...

21	Si uso dos diferentes métodos para resolver un problema y ellos me llevan a resultados diferentes, no debería preocuparme por ello, debería simplemente elegir la respuesta que me parezca más razonable. (Asume que la respuesta no está dada en el libro)					
22	La física está relacionada con el mundo real y esto algunas veces ayuda a pensar acerca de su conexión, pero es raramente esencial para lo que debo hacer en este curso					
23	La principal habilidad que obtendré de este curso es aprender a resolver problemas de física					
24	Los resultados de un examen no me dan ninguna guía útil para mejorar mi comprensión de los temas del curso. Todo el aprendizaje asociado con un examen está en el estudio que realice antes de que sea aplicado					
25	Aprender física me ayuda a entender situaciones de mi vida diaria					
26	Cuando resuelvo la mayoría de los problemas de examen o tareas, explícitamente pienso acerca de los conceptos que subyacen en el problema					
27	“Comprender” la física significa básicamente, ser capaz de recordar algo que he leído o que me ha sido mostrado					
28	Pasar mucho tiempo (una media hora o más) trabajando en un problema es un desperdicio. Si no tengo progresos rápidamente, sería mejor preguntar a alguien que sabe más que yo					
29	Una cuestión significativa, en este curso, es ser capaz de memorizar toda la información que necesito saber					
30	La habilidad principal que obtengo de este curso es aprender a cómo razonar lógicamente acerca del mundo físico					
31	Utilizo los errores que tengo en problemas de tareas y exámenes, como pistas de lo que necesito hacer para comprender mejor los temas					
32	Para ser capaz de usar una ecuación en un problema (particularmente en un problema que no he visto antes), necesito saber más que lo que representa cada término en la ecuación					
33	Es posible pasar este curso (obtener 60 o más) sin comprender muy bien la física					
34	Aprender física requiere que básicamente repiense, reestructure y reorganice la información que se me da en clase					

*1: Total desacuerdo, 2: En desacuerdo, 3: Neutral, 4: De acuerdo, 5: Totalmente de acuerdo.

de concentración (Bao y Redish, 2001; Santana, 2015) para conocer la tendencia por elegir una o varias opciones de respuesta.

Actitudes hacia la física

Para el análisis de la MPEX, el instrumento propone una tabla que permite comparar las respuestas dadas por los alumnos contra las proporcionadas por expertos en el tema. Por medio de la aplicación de la MPEX, la comparación, antes y después de la instrucción, de las respuestas obtenidas en este estudio, con-

tra las proporcionadas por expertos en el tema, da cuenta de las creencias personales de los estudiantes acerca de la física (Madsen y col., 2015). Las respuestas que concuerdan con las de los expertos son llamadas respuestas favorables. La diferencia en el porcentaje de respuestas favorables es indicadora de la actitud hacia la física, favorable o desfavorable, por parte de los estudiantes. El MPEX cuestiona acerca de cómo se aprende física, cómo se relaciona esta con la vida cotidiana y acerca del curso.

Factor de Hake

Toma en cuenta el porcentaje de respuestas correctas en la *pre*-prueba (S_i) y en la *post*-prueba (S_f), y sirve para conocer la ganancia en el aprendizaje de conceptos. Para calcularlo se utiliza la ecuación (Caballero y col., 2012; Benegas y Zavala, 2013):

$$G = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i}$$

El valor obtenido da idea del nivel de la ganancia en el aprendizaje de conceptos, según Hake (1998), dichos niveles son agrupados en tres categorías, que se llaman zonas de ganancia:

- Baja, con $0 \leq G \leq 0.3$
- Media, con $0.3 < G \leq 0.7$
- Alta, con $G > 0.7$

Así, “cualquier ganancia superior a 0.3 sugiere un panorama alentador en relación con el aprendizaje de los conceptos de física y la eficacia de la metodología empleada” (Ramírez y Santana, 2014: 73). Su interpretación requiere únicamente de ubicar el resultado obtenido de G en la zona de ganancia correspondiente para conocer la efectividad de las estrategias empleadas para la enseñanza/aprendizaje, de la física en este caso. Es necesario aclarar que, aunque la clasificación implica zonas baja, media y alta, el cálculo de la ganancia es un análisis diferente al factor de concentración, mismo que se comenta a continuación.

Factor de concentración

El factor de concentración (C) toma valores entre 0 y 1 y se utiliza para conocer tendencia

por elegir una o varias opciones de respuesta, en pruebas de opción múltiple. Cuando el análisis incluye la fracción de aciertos hechos por los estudiantes o puntuación (P), se puede advertir la forma en que evoluciona la comprensión de conceptos. Los valores que arrojan el factor de concentración y la fracción de aciertos (puntuación), se pueden clasificar (Tabla 4) como bajo (B), medio (M) y alto (A). Respecto a la elección de los niveles del factor de concentración Bao y Redish (2001: 47), parten de las posibles distribuciones de las respuestas, en una prueba con cinco opciones de respuesta. Ellos identifican tres tipos de distribución: uno con el mismo porcentaje de respuestas, 20 cada uno (0.2), una situación aleatoria, correspondiente con una concentración baja; un segundo tipo con la mitad de las respuestas concentrada en una opción (50 % o 0.5), correspondiente con una concentración media y un tercero con el 100 % de las respuestas en una sola opción, considerando como una concentración alta. Las distintas combinaciones entre los valores obtenidos de las fracciones de respuesta correcta y el factor de concentración, a su vez, pueden ser clasificados en patrones de respuesta, con los cuales se puede identificar la preferencia por uno, dos o ningún modelo de respuesta (Tabla 5). Así, por ejemplo, un patrón BB indica que se tienen puntuaciones bajas con una concentración de respuestas bajas; es decir, que las opciones de respuesta que tienen frecuencias muy similares, fueron elegidas en igual número por los estudiantes que respondieron a la prueba. Dicho de otra manera, un comportamiento aleatorio. Ello, puede ser, debido

■ **Tabla 4. Codificación del factor de concentración.**

Table 4. Coding of the concentration factor.

Puntuación (P)	Nivel	Concentración (C)	Nivel
0 a 0.4	B	0 a 0.2	B
0.4 a 0.7	M	0.2 a 0.5	M
0.7 a 1	A	0.5 a 1	A

■ **Tabla 5. Codificación de posibles patrones de respuesta.**

Table 5. Coding of possible response patterns.

Modelos	Patrones PC	Implicaciones
Uno	AA	Un modelo correcto
	MA	Un modelo dominante correcto
	BA	Un modelo dominante incorrecto
Dos	BM	Dos posibles modelos incorrectos
	MM	Dos modelos populares
Ninguno	BB	Cercano a una situación aleatoria

a causas como: 1) que los estudiantes en realidad no conocen la respuesta (lo que implica una deficiente formación, ya sea por responsabilidad del docente, del estudiante o ambos); 2) que responden sin razonar (lo que implica, falta de interés del estudiante al momento de responder la prueba, un indicador de ello puede ser el tiempo que tardan en responder los 30 ítems). Así mismo, un patrón BM indica que la puntuación es baja con una concentración media; es decir, las respuestas se concentran en dos opciones principalmente, pero esas dos opciones son incorrectas (de ahí la puntuación baja).

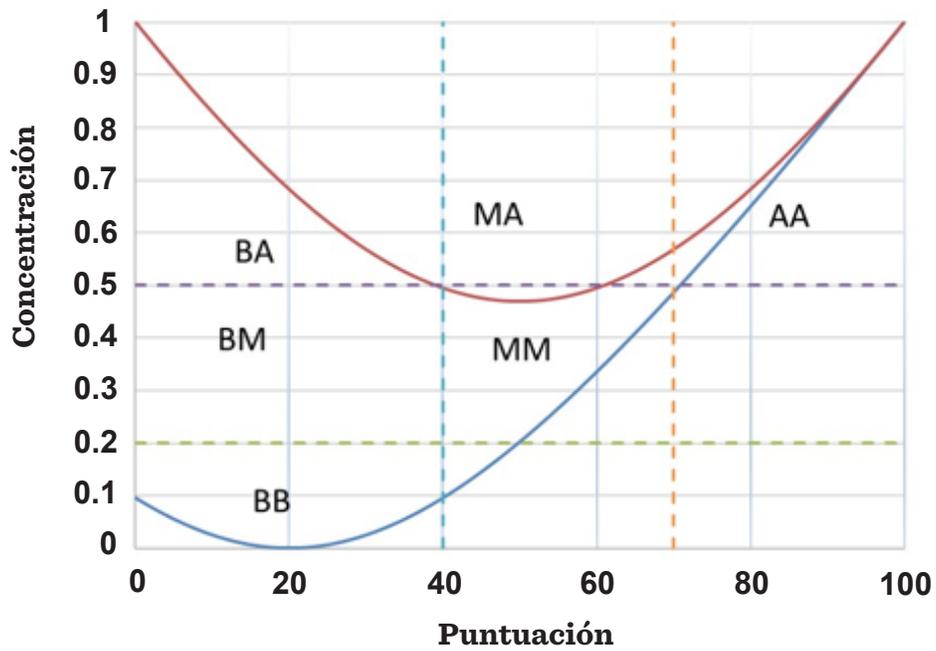
La distribución de las respuestas, están limitadas por las curvas P-C de la gráfica, en la que la variable dependiente es la concentración. En la Figura 1 se puede apreciar cómo se distribuyen las regiones, correspondientes a las combinaciones que se dan entre los aciertos y la concentración (bajo-bajo; alto-alto, medio-alto, por ejemplo). La organización y el análisis de los datos se obtuvo con la ayuda de software Excel. Cabe recordar que la concurrencia de uno o más puntos en la zona BB (bajo-bajo) indica aleatoriedad en las respuestas correspondientes al ítem en cuestión (Tabla 5). Es preciso aclarar que lo anterior no se refiere a la dispersión de los puntos, sino a la zona en la que están los puntos. En la Figura 1, para el puntaje de aciertos en la prueba, se usa una escala cen-

tesimal, cuyo equivalente decimal sería, por ejemplo, 0.1 = 10; .4 = 40; 1.0 = 100. Ello debido a que dicha escala es necesaria para que el software presente completamente los límites. En la Figura 2 se mantiene esta equivalencia y ya no es necesario usar la escala centesimal.

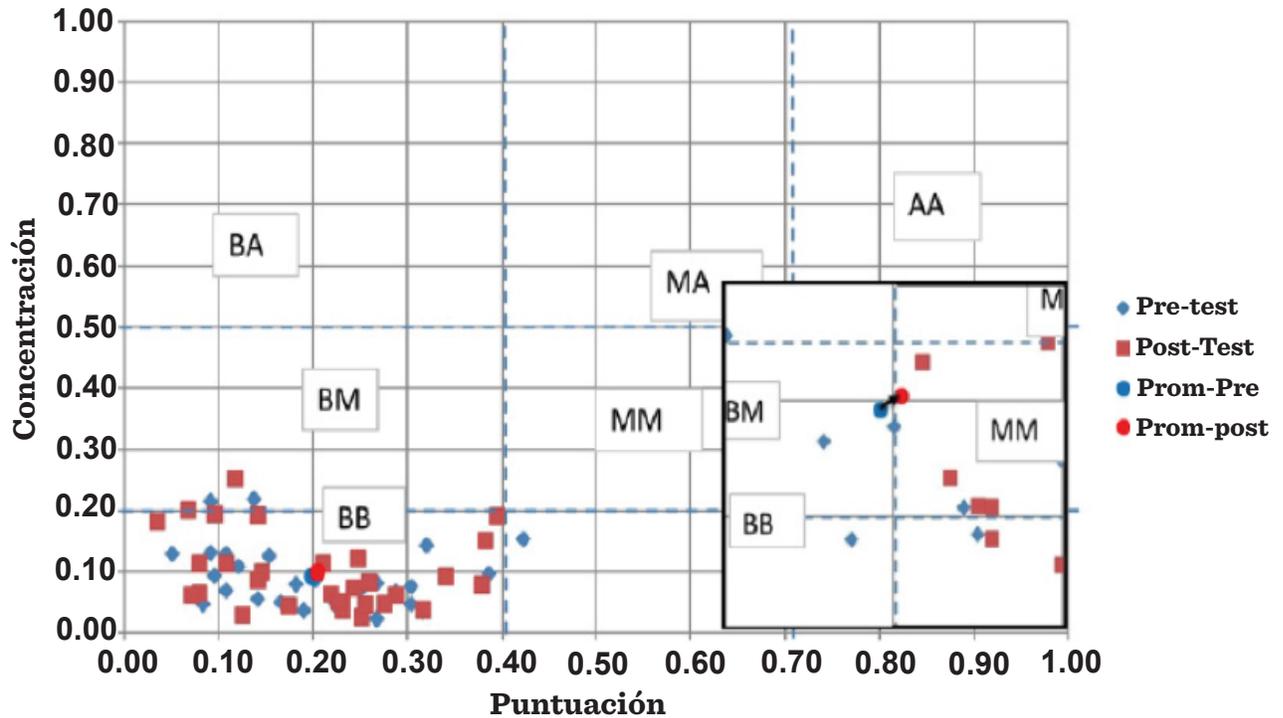
RESULTADOS

Actitudes hacia la física

Los datos obtenidos a partir de la aplicación de la MPEX se resumen en la Tabla 6. Como se puede observar, hay un incremento del 1.2 %, de manera general en las respuestas favorables hacia la física. Sin embargo, hubo una disminución de la *pre*-prueba a la *post*-prueba de la actitud favorable en los grupos 1ºA, 1ºB y 1ºD turno vespertino (T/V), con - 4 %, - 2 % y - 3 % respectivamente, lo cual debe considerarse en la AF, debido a que representan un cambio de respuestas favorables a desfavorables. Los grupos que obtuvieron mayor diferencia en respuestas favorables fueron el 1ºC T/V, 1ºD turno matutino (T/M) y 2º BTC T/V, cuyos respectivos porcentajes corresponden al 6 %, 5 % y 6 %. Cabe resaltar que aunque era el mismo docente en el 1ºA T/M con el 2º BTC T/V, no hubo ganancia en la actitud favorable hacia la física en el primer grupo, mientras que en el segundo, se registró una ganancia de 6 %; caso similar se reportó en el 1ºA T/V y el 1 ºC T/V, donde también com-



■ Figura 1. Regiones del gráfico P-C.
 Figure 1. Chart S-C regions.



■ Figura 2. Gráfico P-C para la *pre* y la *post*-prueba, con extracto en el que se muestran los promedios para ambos momentos de aplicación.
 Figure 2. S-C chart for *pre* and *post*-test with an extract which shows the means for both stages of the administration.

■ Tabla 6. Relación de grupos y sus resultados después de aplicar la MPEX. El número de asteriscos marca los grupos con un mismo docente.

Table 6. Lists of groups and their results after the administration of the MPEX. The number of asterisks indicates the groups with the same teacher.

Grupo	Pre-prueba %	Post-prueba %	Diferencia %
1°A Matutino*	38	38	0
1°A Vespertino**	39	35	-4
1°B Matutino**	32	35	3
1°B Vespertino	37	35	-2
1°C Matutino***	35	36	1
1°C Vespertino**	30	36	6
1°D Matutino***	37	42	5
1°D Vespertino***	37	34	-3
1°E Matutino	No hay datos		
1°E Vespertino	39	39	0
2° BTC Vesp (MMC)*	30	36	6
Promedios	35.4	36.6	1.2

partían el docente, sin embargo, mientras que en el primer grupo disminuyó la actitud favorable hacia la física (- 4), en el segundo sí hubo ganancia (6 %). El grupo 1°E T/M no estaba disponible cuando se aplicaron las *post*-pruebas, por lo que, ellos y los demás estudiantes que no completaron ambas, no fueron considerados para el estudio.

Ganancia en el aprendizaje de conceptos y análisis de concentración

Con la aplicación del FCI como *pre* y *post*-prueba se contó con la información necesaria para realizar el análisis de concentración. La Tabla 7 muestra los datos obtenidos de la aplicación y las codificaciones correspondientes, para el total de los cuestionarios aplicados. Con base en ella, en la *pre* y *post*-prueba se tuvo una mayor incidencia del patrón BB, excepto por los ítems 4 (Acción y reacción),

12 (Cinemática), 13 (Diagrama de cuerpo libre) y 14 (Cinemática) de la *pre*-prueba con patrón BM; en la *post*-prueba se registró en el patrón BM en los ítems 13 y 14. Como se comentó anteriormente y con base en la Tabla 5, un patrón BB indica que hay aleatoriedad en las respuestas, BM indica la posibilidad de la existencia de dos modelos de respuesta incorrectos.

Como apoyo visual, se realizó un gráfico de dispersión (Figura 2), cuya variable dependiente es la concentración C y la variable independiente es la puntuación (o puntaje), P obtenidos en la *pre* y *post*-prueba. Los promedios de puntaje y concentración en la *pre*-prueba se ilustran por el círculo azul, ubicado en las coordenadas (0.196, 0.097); mientras que para la *post*-prueba se ilustran por el círculo rojo, ubicado en las coordena-

■ Tabla 7. Comparación Puntuación (P) Concentración (C) en el *pre* y *post*-prueba. Los colores negro y rojo indican los niveles bajo y medio, respectivamente.

Table 7. Comparison Score (S) Concentration (C) in the *pre* and *post*-test. The black and red colors correspond to the low and medium levels respectively.

<i>Pre-prueba</i>				<i>Post-Prueba</i>			
Ítem	P	C	Patrón	Ítem	P	C	Patrón
1	0.38	0.10	BB	1	0.38	0.08	BB
2	0.29	0.07	BB	2	0.22	0.07	BB
3	0.18	0.08	BB	3	0.21	0.12	BB
4	0.13	0.22	BM	4	0.14	0.20	BB
5	0.20	0.09	BB	5	0.24	0.13	BB
6	0.32	0.15	BB	6	0.39	0.20	BB
7	0.31	0.04	BB	7	0.31	0.04	BB
8	0.30	0.05	BB	8	0.25	0.03	BB
9	0.16	0.05	BB	9	0.17	0.05	BB
10	0.11	0.07	BB	10	0.12	0.03	BB
11	0.15	0.13	BB	11	0.09	0.20	BB
12	0.42	0.16	MB	12	0.38	0.16	BB
13	0.07	0.20	BM	13	0.07	0.21	BM
14	0.09	0.22	BM	14	0.11	0.26	BM
15	0.12	0.11	BB	15	0.14	0.10	BB
16	0.30	0.08	BB	16	0.34	0.10	BB
17	0.14	0.06	BB	17	0.23	0.06	BB
18	0.22	0.05	BB	18	0.24	0.08	BB
19	0.11	0.13	BB	19	0.08	0.12	BB
20	0.11	0.12	BB	20	0.14	0.09	BB
21	0.05	0.13	BB	21	0.08	0.07	BB
22	0.27	0.03	BB	22	0.29	0.07	BB
23	0.19	0.04	BB	23	0.23	0.04	BB
24	0.27	0.03	BB	24	0.22	0.06	BB

Continúa...

25	0.22	0.04	BB	25	0.25	0.05	BB
26	0.08	0.05	BB	26	0.07	0.07	BB
27	0.27	0.09	BB	27	0.26	0.09	BB
28	0.09	0.10	BB	28	0.03	0.19	BB
29	0.09	0.13	BB	29	0.11	0.12	BB
30	0.25	0.08	BB	30	0.27	0.05	BB
Promedio	0.196	0.097	BB	Promedio	0.202	0.103	BB

das (0.202, 0.103), ambos en la zona BB. Ello muestra un pequeño recorrido hacia la zona BM, puesto que el ángulo entre los dos puntos es de 45° y la distancia entre los mismos es de 0.008 5 unidades, representado por el pequeño vector en negro, dentro del extracto, ubicado en la parte inferior derecha. Para ello, se tomaron las ecuaciones para calcular la pendiente $m=(y_2-y_1)/(x_2-x_1)$ y la distancia entre dos puntos $d_{AB}=\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2}$. El recuadro de la misma figura es un extracto de la zona en la que se encuentran dichos puntos, para facilitar un poco su ubicación por parte del lector. Lo que es indicativo del paso de un modelo de respuesta, a la posibilidad de dos modelos, aunque aún incorrectos, presumiblemente debido a la instrucción. Además, se calculó el factor de Hake promedio con los factores de cada grupo. El resultado de dicho cálculo cae en la zona baja con $G=0.000 1$, lo que indica una baja ganancia en el aprendizaje del concepto de fuerza.

DISCUSIÓN

Existen estudios que, al comparar la enseñanza por transmisión/recepción (tradicional) con otros métodos, sugieren la escasa efectividad para lograr un aprendizaje aceptable de la física (Von-Korff y col., 2016). Como alternativa, Benítez y Mora (2010: 178), propusieron el aprendizaje activo de la física, debido a que “los estudiantes tuvieron una mayor comprensión y habilidad en la adquisición de conocimientos”. Meza y Zamorano (2007: 2), mencio-

naron que “obtienen ganancias notoriamente mayores a las de los cursos tradicionales”, estos métodos “incluyen el uso de técnicas de enseñanza basadas en investigación y datos empíricos, en lugar de tradición o anécdotas”.

La definición de aprendizaje activo, dada por Cameratti y Escobar (2007), es enunciada como “cualquier método de enseñanza que compromete y asigna responsabilidad a los estudiantes en su proceso de aprendizaje” (p. 3). Por lo que se le considera como una alternativa eficaz para mejorar tanto la motivación de los estudiantes, como su desarrollo de conocimientos, al incorporarse en las aulas (Oliver-Hoyo y col., 2012; Kloepper, 2017); basado en ello es que, por acuerdo de la AF de la EPT, se utilizaron estrategias como: el aprendizaje orientado a proyectos, aprendizaje basado en problemas, redacción de ensayos y reportes de prácticas en que se ponen a prueba hipótesis. Sin embargo, es claro que, en el caso de la ganancia en el aprendizaje de conceptos, medida con el factor de Hake, se cayó en la zona baja (0.000 1). Contrario a lo que se podría esperar de la implementación de las metodologías activas. En contraste con estudios como el de Zuza y Guisasaola (2014), en el que se reportaron ganancias mayores o iguales a 0.1. Lo anterior abre la posibilidad de que en la EPT se están registrando: a) metodologías no adecuadas; b) una mala implementación de dichas metodologías, lo que implicaría la responsabilidad de los

docentes con una baja calidad en la implementación de la metodología y/o falta de dominio del concepto, aunque es poco probable, debido al perfil de los docentes a cargo de los grupos (Von-Korff y col., 2016); c) falta de interés de los estudiantes o falta de motivación, lo que implica en mayor medida, la responsabilidad de los estudiantes; d) una combinación de todas.

Los bajos porcentajes, en las diferencias de respuestas favorables en la MPEX, indicaron que la instrucción, en apariencia, tuvo poca o nula influencia en las actitudes de los alumnos hacia la física. Los resultados de Saltzman y col. (2016: 3) y Sharma, y col. (2013: 6) son consistentes con los aquí presentados. Estos últimos incluso mayores, con algunos grupos de hasta 5 % o 6 %, como se puede apreciar en la Tabla 6. Los resultados de los autores mencionados, en la *pre*-prueba son 65 %; y 68 % en la *post*-prueba, considerablemente mayores, por ejemplo (p. 3). Sin embargo, otros estudios, como el de O'Shea y col. (2013), presentaron diferencias negativas (p. 235). El hecho de que en grupos que comparten docente haya habido tanto diferencias bajas, como altas, fue indicio de que los estudiantes tienen gran responsabilidad en el resultado. Ello debido a que al tener el mismo docente a cargo se cuenta con la misma disposición hacia la retroalimentación y guía a los estudiantes. Posiblemente los estudiantes no le dieron suficiente importancia a la actividad, a pesar de formar parte de la planeación del curso.

Un análisis del gráfico P-C muestra que las respuestas cayeron en la zona aleatoria. En consecuencia, se tienen las siguientes posibilidades: 1. Eligen al azar debido a su desconocimiento; 2. No les importó responder razonadamente, simplemente trataron de completar la actividad, por lo que no se aprecia ten-

dencia en las respuestas. Lo anterior influye en la baja ganancia obtenida con el factor de Hake. Bao y col. (2009) y Ding (2014), en estudios similares a nivel licenciatura, reportaron ganancias en la zona media (p. 3) en planteles de los Estados Unidos. Esta diferencia de resultados con el estudio antes mencionado puede ser debida a los distintos contextos derivados del país y el nivel educativo.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la instrucción en física tiene un impacto favorable en la actitud de algunos estudiantes hacia la física. Sin embargo, el bajo nivel de ganancia en aprendizaje del concepto fuerza, obtenido en la Escuela Preparatoria de Tonalá, sugiere que es necesario evaluar si el personal docente maneja adecuadamente el método didáctico centrado en el aprendizaje de los estudiantes y conoce adecuadamente los conceptos enseñados. También se requiere determinar si el material académico proporcionado para el estudio permite aprender los conceptos de fuerza requeridos, y si el estudiante comprende y aplica el modelo de enseñanza. Se requiere adicionalmente explorar si los estudiantes le dan importancia a responder adecuadamente este tipo de pruebas que carecen de valor curricular.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue apoyado por la Dirección de Formación Docente e Investigación (DFDeI) del Sistema de Educación Media Superior de la U de G, a través del programa Fomento a la Investigación Educativa en el SEMS durante el año 2015, financiado bajo el proyecto AFIN 225087 U de G. Se agradece el apoyo del Dr. Víctor Manuel Rosario Muñoz, director de formación docente e investigación, y del Mtro. Oscar Zaragoza Vega, responsable del área de investigación de la DFDeI del SEMS, U de G.

REFERENCIAS

- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., ..., and Wu, N. (2009). Learning and Scientific Reasoning. *Science Magazine. Science*. 5914(323): 586-587.

- Bao, L. y Redish, E. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *Physics Education Research. American Journal of Physics*. 69(7): S45-S53.
- Benegas, J. y Zavala, G. (2013). *Evaluación del aprendizaje en Física*. En I. J. Benegas, M. Pérez de Landazabal y J. Otero (Eds.), *El Aprendizaje Activo de la Física Básica Universitaria* (pp. 179-192). España: Andavira Editora.
- Benítez, Y. y Mora, C. (2010). Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería. *Revista Cubana de Física*. 27(2a): 175-179.
- Caballero, M., Greco, E., Murray, E., Bujak, K., Jackson, M., Catambrone, R., ..., and Schatz, M. (2012). Comparing large lecture mechanics curricula using the Force Concept Inventory: A five Thousand student study. *American Journal of Physics*. 80(7): 638-644.
- Cameratti, C. y Escobar, R. (2007). *Aprendizaje Activo en Ingeniería: Un Caso de Estudio en "Termotecnia I"*. [En línea]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/52387617/aprendizaje-activo-en-ingeniera-a-un-caso-de-estudio-en-termotecnia-i>. Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2012.
- Castellanos, A., Verduzco, A., Moreno, M., Padilla, R. y Pérez, S. (2007). *Modelo educativo siglo 21*. [En línea]. Disponible en: http://www.udg.mx/sites/default/files/modelo_Educativo_siglo_21_UDG.pdf. Fecha de consulta: 24 de agosto de 2016.
- Castillo, H., Moscoso, R., Phan, J. y Quiroz, J. (2013). Impacto de la enseñanza de conceptos de fuerza y movimiento en los cursos de Física General, en *Blanco y Negro*. [En línea]. Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/view/7412>. Fecha de consulta: 25 de febrero de 2018.
- De-Miguel, M. (2005). *Modalidades de Enseñanza Centradas en el Desarrollo de Competencias*. [En línea]. Disponible en: https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/42/42376/modalidades_ensenanza_competencias_mario_miguel2_documento.pdf. Fecha de consulta: 10 de julio de 2011.
- Ding, L. (2014). Verification of causal influences of reasoning skills and epistemology on physics conceptual learning. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*. 10(2): 1-5.
- Galeana, L. (2007). *Aprendizaje basado en proyectos*. [En línea]. Disponible en: <http://ceupromed.uco.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf>. Fecha de consulta: 14 de febrero de 2018.
- González, E., Jara, S., Mercado, F., Neri, L., Nuño, G. y Orozco, M. (2011). *Programa de la Unidad de Aprendizaje de: Física 1. Primer Ciclo*. [En línea]. Disponible en: http://sems2.sems.udg.mx/sites/default/files/BGC/BGCUDG_C1_Fisica_L160211.pdf. Fecha de consulta: 20 de marzo de 2015.
- Hake, R. (1998). *Interactive-engagement versus traditional methods: A sixth-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. [En línea]. Disponible en: <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/ajpv3i.pdf>. Fecha de consulta: 23 de octubre de 2012.
- Hestenes, D., Wells, M., and Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*. 30(3): 141-158.
- Kloepper, L. (2017). Promoting active and collaborative learning in large science classrooms, in *Proceedings of Meetings of Acoustics*. [En línea]. Disponible en: <http://asa.scitation.org/doi/pdf/10.1121/2.0000554>. Fecha de consulta: 13 de septiembre de 2017.
- Macia-Barber, E., Hernández, M. y Menéndez, J. (1995). Cuestionario sobre el concepto de fuerza. Traducción, en *Versión en español del Force Concept Inventory*. [En línea]. Disponible en: <http://www.famaf.proed.unc.edu.ar/mod/folder/view.php?id=9813&lang=es>. Fecha de consulta: 31 de marzo de 2011.
- Madsen, A., McKagan, S., and Sayre, E. (2015). How physics instruction impacts student's beliefs about learning physics: A meta-analysis of 24 studies. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*. 11(1): 010115.
- Meza, A. y Zamorano, N. (2007). *El desafío de innovar en la enseñanza de la física: Ejemplo de una implementación exitosa*. [En línea]. Disponible en: <http://www.ici.ubiobio.cl/ccei2007/papers/116.pdf>. Fecha de consulta: 24 de octubre de 2012.
- Morris, G., Harshman, N., Branum-Martin, L., Mazur, E., Mzoughi, T., and Baker, S. (2012). An item response curves analysis of the Force Concept Inventory. *American Journal of Physics*. 80(9): 825-831.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (2014). PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science, in *PISA, OECD Publishing*. [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208780-en>. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2015.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation

and Development (2016). PISA 2015. Resultados Clave, en PISA, OECD Publishing. [En línea] Disponible en: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>. Fecha de consulta: 1 de marzo de 2017.

Oliver-Hoyo, M., Alconchel, F. y Pinto, G. (2012). Metodologías activas para el aprendizaje de la Física: un caso de hidrostática para su introducción en la práctica docente. *Revista Española de Física*. 26(1): 45-50.

O'Shea, B., Terry, L., and Benenson, W. (2013). From F=ma to Flying Squirrels: Curricular Change in an Introductory Physics Course. *CBE-Life Sciences Education*. 12(2): 230-238.

Pimienta, J. (2012). *Estrategias de enseñanza-aprendizaje. Docencia universitaria basada en competencias*. México: Pearson. 184 Pp.

Ramírez, M. y Santana, J. (2014). El aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje de conceptos de calor y temperatura mediante aplicaciones en cerámica. *Innovación Educativa*. 66(14): 65-90.

Redish, E., Saul, J., and Steinberg, R. (1997). Student Expectations in University Physics: The Maryland Physics Expectations Survey, in *University of Maryland PERG*. [En línea]. Disponible en: <https://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/assess/activities/MPEX.html>. Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2014.

Rodríguez, R. (2007). *Compendio de Estrategias bajo el enfoque por competencias*. México: Instituto Tecnológico de Sonora. [En línea]. Disponible en: http://www.itesca.edu.mx/documentos/desarrollo_academico/compendio_de_estrategias_didacticas.pdf. Fecha de consulta: 14 de febrero de 2018.

Saltzman, J., Price, M., and Rogers, M. (2016). Initial study of neutral post-instruction responses on the Maryland Expectations Survey. *Physical Review Physics Education Research*. 12(1): 013101.

Santana, J. (2015). El aprendizaje orientado a proyectos y sus implicaciones en el aprendizaje de conceptos de fuerza, calor y energía térmica mediante sus aplicaciones en cerámica tradicional, en *Tesis de maestría. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, México*. [En línea]. Disponible en: <https://drive.google.com/open?id=0B8sBtLCvcBeAUHc2Z3JUJjgXOTA>. Fecha de consulta: 17 de julio de 2015.

Santana, J., Ruiz, M., Reynaga, R., Stringel, L., Ramírez, M., Torres, B. y Cervantes, R. (2015). Actitudes hacia la física y ganancia en el aprendizaje del

concepto de fuerza en la Preparatoria de Tonalá. en *Informe de resultados*. [En línea]. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0B8sBtLCvcBeAUGJ0STg4X2lmNDQ/view?usp=sharing>. Fecha de consulta: 24 de octubre de 2017

SEMS, Sistema de Educación Media Superior (2009). *Documento base del Bachillerato General por Competencias del Sistema de Educación Media Superior de la Universidad de Guadalajara*. [En línea]. Disponible en: http://www.sems.udg.mx/sites/default/files/BGC/BGC-UDG_Documento_base_evaluado_COPEEMS.pdf. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2015.

SEP, Secretaría de Educación Pública (2015). *La Reforma Integral de la Educación Media Superior*. [En línea]. Disponible en: <http://cosdac.sems.gob.mx/portal/index.php/riems>. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2015.

SEP, Secretaría de Educación Pública (2008a). *Acuerdo secretarial 442*. [En línea]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nta_detalle.php?codigo=5061936&fecha=26/09/2008. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2015.

SEP, Secretaría de Educación Pública (2008b). *Acuerdo secretarial 444*. [En línea]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5064951&fecha=21/10/2008. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2015.

Sharma, S., Ahluwalia, P., and Sharma, S. (2013). Students' epistemological beliefs, expectations and learning physics: An international comparison. *Physical Review Physics Education Research*. 9(1): 1-13.

Von-Korff, J., Archibeque, B., Gomez, K., Hekendorff, T., McKagan, S., Sayre, E., ..., and Sorell, L. (2016). Secondary Analysis of Teaching Methods in Introductory Physics: a 50k-Student Study. *American Journal of Physics*. 84(12): 969-974.

Zuza, K. and Guisasola, J. (2014). *Closing the gap between experimental data and concepts of electromagnetic induction*. [En línea]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Closing-the-Gap-between-Experimental-Data-and-Conc-Zuza/b8e2db8f40e70fc39cc3db9793cf502b20d92868>. Fecha de consulta: 1 de marzo de 2017.