

## USO DE EXPERIMENTOS DISCREPANTES Y GRADO DE MOTIVACIÓN EN ESTUDIANTES DE PREPARATORIA

Therlow A. Harper Castillo  
tharperc@um.edu.mx

### RESUMEN

*Este trabajo de investigación busca acercar al lector a un tema que es fundamental en el proceso enseñanza-aprendizaje: la motivación. Mucho se ha escrito sobre el tema, y aún hoy, es un gran desafío para los profesores el poder mantener un ambiente cautivante en el aula de clase. Es por ello que en este trabajo de investigación se presenta una herramienta pedagógica en la enseñanza de la física: los Experimentos Discrepantes (ExD) que, por definición, son montajes que al accionarlos generan una fenomenología contraintuitiva en los estudiantes y que puede ser de gran valor pedagógico para movilizar a los estudiantes a un aprendizaje activo de la física (Barbosa y Mora-Ley, 2011). Mediante un diseño pre-experimental se encontró evidencia de que el uso de los ExD afecta positivamente la motivación de los estudiantes hacia el estudio de la física.*

**Palabras clave:** experimentos discrepantes, motivación, enseñanza de la física, aprendizaje activo de la física.

### Introducción

Los experimentos de demostración son necesarios para que los estudiantes adviertan que la física, como ciencia natural, debe basarse en las respuestas que la naturaleza proporciona a las preguntas formuladas por medio de dichos experimentos (Riveros Rotgé, Jiménez Cisneros y Riveros Rosas, citados en Pérez Lozada y Falcón, 2009).

Solbes y Zacarés (1993) comentan que la falta de materiales didácticos para desarrollar el trabajo en el laboratorio ha dado pie para que la mayoría de los profesores, en cuanto a los contenidos de la física se refiere, se dediquen solamente a desarrollar la parte teórica, sustituyendo la experimentación por clases basadas únicamente en la resolución de ejercicios. Por otro lado, la didáctica de la física no debe ser entendida como un conjunto de actividades que rompen la rutina del aula de clase o simplemente en sesiones que diviertan a los estudiantes, sino que la estrategia que se diseñe debe poner al estudiante a desarrollar su pensamiento e imaginación (Auzaque, Contreras, y Delgado, 2009).

Como afirma Pulido (2009), la física indaga y profundiza en dos sentidos: en los conocimientos del área y la forma de impartirlos por parte del profesor y los procesos de apropiación por parte del estudiante. La manera como un profesor desarrolle su clase, determinará la imagen

que el estudiante pueda tener de la ciencia, de la manera de acceder a la misma y qué procesos de pensamiento podrá llevar a cabo.

Falcón (citado en Pérez Lozada y Falcón, 2009) destaca que si el docente, con la colaboración de los alumnos, construye algunos dispositivos sencillos con materiales a bajo costo, le permitiría realizar unos cuantos experimentos, ilustraciones didácticas o demostraciones de aula, aun cuando la institución no cuente con un laboratorio bien dotado de instrumentos sofisticados. Inclusive Matos y Oliva (citados en Pérez Lozada y Falcón, 2009) señalan que

la implantación de estos prototipos experimentales, orientados para el aprendizaje como recurso didáctico en el aula de clase, tropieza la más de las veces, con la dificultad de la carencia de un manual de uso y de su validación previa. No es fácil, entonces, asegurar la repetición de los prototipos experimentales por aprendices de investigación, y/o por estudiantes sin preparación previa en labores de investigación, como es el caso de los estudiantes que realizan proyectos en casa o en los festivales científicos. (p. 454)

A la mayoría de los profesores les interesa que sus estudiantes aprendan, ya sea por lo que el maestro dicta o por cuenta propia y, para ello, la motivación juega un papel crucial. No es fácil lograr esto. Se puede pensar que se tiene un cierto número de estudiantes que aparentan estar interesados en el tema y, sin embargo, tener sus mentes en cosas ajenas a la clase. Es por ello que la motivación es un tema central en el proceso de enseñanza-aprendizaje y es, actualmente un desafío para todo profesor (Anaya-Duran y Anaya-Huertas, 2010).

Alcalay y Antonijevic (citados en Bañuelos Márquez, 1993) declaran que para que un estudiante logre los objetivos propuestos debiera estar motivado. Además, definen la motivación escolar como un proceso por el cual se inicia y dirige una conducta hacia el logro de una meta. De acuerdo con Rinaudo, De la Barrera y Donolo (2006), los estudiantes motivados lograrán rendimientos académicos más satisfactorios, lo que redundará en desempeños profesionales de calidad y en construcción de saberes de excelencia.

Sin embargo, Expósito López y Manzano García (citados en Steinman, Bosch y Aiassa, 2013) señalan que la motivación no solo consiste en aplicar técnicas o métodos de enseñanza, incluye también aspectos cognitivos, afectivos, sociales y académicos que se encuentran involucrados con las actuaciones de los estudiantes y profesores.

### Experimentos discrepantes

Barbosa, Talero, Organista y Hernández (2011) señalan que los experimentos discrepantes (ExD) consisten en montajes que, al accionarlos, generan una fenomenología contraintuitiva

que puede ser utilizada favorablemente en la enseñanza de la física. Tales experimentos permiten un escenario fértil en la enseñanza de la física donde el estudiante puede llegar a observar, desarrollar su creatividad y mejorar su intuición física. También señalan que los experimentos discrepantes entrenan al estudiante en actividades de investigación en ciencias, tales como conjeturar, argumentar, abstraer, modelar y socializar el conocimiento en forma verbal y escrita. La idea que subyace este enfoque, es la posibilidad de llamar la atención de los alumnos cuando se enfrentan a la contradicción frecuente que existe, entre sus propias concepciones erróneas y los resultados de aplicar correctamente las leyes y los conocimientos científicos.

Bellot Naranjo, Menéndez Parrado, Losada Gómez y Cantero Zayas (2007) mencionan que los experimentos son procedimientos en los cuales se adquieren nuevos conocimientos o se confirma su veracidad, ya que estos permiten que el alumno se relacione con objetos concretos de las ciencias, una vez que, al observar y realizar experimentos, conocen la naturaleza de los fenómenos, conocen hechos y acumulan datos para establecer comparaciones, generalizaciones y conclusiones.

Para Peña Carabalí (2012), la experimentación es una actividad educativa en ciencias que para su realización incluye una experiencia que sea real, efectuada por el educando o por el maestro con la colaboración de los estudiantes, empleando materiales de su entorno, y que dirija y articule el proceso de enseñanza aprendizaje y evaluación de algún concepto científico. Además, Etkina (citada en Marulanda y Gómez, 2006) señala que con el uso de experimentos el docente añade elementos didácticos, tales como: a) promover el interés por la física mediante la observación de fenómenos, b) motivar la búsqueda de explicaciones a través de la discusión de lo observado, c) presentar fenómenos que los estudiantes no han visto antes o que solo se han tratado de manera teórica, d) mostrar cómo el conocimiento de la física es útil en la vida diaria a partir de las aplicaciones de los fenómenos físicos mostrados, e) discutir conceptos erróneos sobre temas de física, f) ayudar al entendimiento de conceptos abstractos, g) aplicar conceptos de modelación en situaciones reales, h) ayudar a la interpretación de situaciones problema y i) medir algunos parámetros involucrados en los fenómenos.

La experimentación es una herramienta científica que encarna el paso de las estructuras cognitivas a los procedimientos y a las actividades formales (Puche-Navarro, citado en Montes González, 2009). El proceso de experimentación involucra la generación de observaciones que servirán como evidencia, la cual pasará a estar relacionada con las hipótesis (Zimmerman, citado

en Montes González, 2009). Inclusive Thornton y Sokoloff (1990, 1997 y 1998) han mostrado que existe una mejoría significativa en el nivel de comprensión de los estudiantes en temas de mecánica, cuando se emplean experimentos y sesiones demostrativas en el aula de clase.

Según Fonseca, Hurtado, Lombada y Ocaña (2006), un laboratorio es una excelente herramienta para la enseñanza de las ciencias, pues brinda al estudiante la posibilidad de aprender a aprender a partir de la experiencia; estimulando la curiosidad, el placer por la investigación y el descubrimiento. Pero en el caso de los ExD, Barbosa (2008, 2009) y Barbosa y Mora-Ley (2011) mencionan algunos propósitos:

1. Propiciar escenarios fértiles a través de ambientes que despierten el asombro y la motivación por lo que observan en estos experimentos.

2. Crear un conflicto cognitivo en el estudiante mediante fenómenos contra intuitivos y así despertar el interés por la búsqueda de explicaciones lógicas.

3. Generar escenarios en los cuales el estudiante se involucre en actividades propias de investigación tales como conjeturar, argumentar, modelar y abstraer.

4. Potenciar el trabajo en equipo y la socialización entre compañeros. Cuando se hacen las actividades de socialización de experimentos discrepantes, los estudiantes no solo muestran la riqueza en aprendizaje de la disciplina sino de integración con sus compañeros y de anécdotas gratificantes.

5. Permitir un aprendizaje significativo a través de la enseñanza activa. Entre más se involucra el estudiante en la construcción de su conocimiento más perdurable y significativo le resulta.

Los mismos autores dicen que los experimentos discrepantes pueden ser utilizados dentro del aula de clase para lo siguiente:

1. Plantear una clase: la idea es comenzar siempre desde una demostración experimental, ya que fundamentalmente se motiva al estudiante de ese modo y éste toma una postura de participación.

2. Fomentar un proyecto de investigación al final de la clase, semana o periodo académico: los estudiantes observan y analizan la fenomenología, cuyas conclusiones socializan mediante un informe y un debate.

3. Plantear una discusión o conversatorio académico acerca de un concepto o teoría determinada de la ciencia.

4. Generar un escenario de juego y argumentación: este escenario de aprendizaje agradable y feliz es adecuado y pertinente al nivel de enseñanza media, donde no es fácil cautivar al estudiante.

5. Originar modelos conceptuales: a menudo los grupos emplean alguna imagen para modelar la descripción física del cómo y del porqué del fenómeno.

6. Plantear un método de estudio en ciencias, ya sea análogo o distinto al método científico.

7. Generar un escenario de aprendizaje por investigación: se pretende que genere gusto y actitud por el asombro, la observación, la pregunta, la conjetura y el análisis.

8. Potenciar el trabajo en grupo de los estudiantes: en realidad, se insiste a los estudiantes para que accionen, comenten, anoten lo que les sorprenda, sus interrogantes, sus dificultades y sus conjeturas.

9. Potenciar el razonamiento físico y lógico: esto permite ver diferencias entre el razonamiento matemático y el razonamiento físico.

Los experimentos discrepantes son un escenario que favorece enormemente la enseñanza-aprendizaje de la física a través de un ambiente motivante para el estudiante. Un escenario mediado por experimentos discrepantes cautiva al estudiante y lo pone en una actitud de ejercicio de sus capacidades intelectivas como observar, conjeturar, argumentar, describir, predecir, y en lo posible, modelar (Barbosa, 2009).

Barberá y Valdés (1996) destacan cuatro propósitos fundamentales en el desarrollo del trabajo práctico experimental:

1. Permite la experiencia directa sobre los fenómenos haciendo que los estudiantes aumenten su conocimiento acerca de los sucesos y eventos naturales;

2. Permite contrastar la abstracción científica con la realidad;

3. Produce la familiarización de los estudiantes con importantes elementos de carácter tecnológico, desarrollando su competencia técnica y

4. Desarrolla el razonamiento práctico.

Según Albaladejo y Cols (citados en Rodríguez Sánchez y Vargas Ulloa, 2009), el uso de los experimentos en la didáctica cumple los siguientes objetivos:

1. Objetivo motivacional, en el cual, aprender a hablar de ciencia y a escribir de ciencia se concibe como un proceso de alfabetización que se inicia con lograr el interés de las personas

por la ciencia. De igual forma, promueve el desarrollo de habilidades comunicativas y competencias para el trabajo en equipo.

2. Objetivo relacionado con el conocimiento vivencial del fenómeno por estudiar.

3. Objetivo en torno a la comprensión de contenidos y teorías mediante la experimentación que permita una explicación o interpretación de fenómenos, así como de los conceptos y teorías que utiliza la ciencia para darles explicación.

4. Objetivo de desarrollar habilidades prácticas, tales como técnicas y destrezas de observación, clasificación, manipulación de materiales diversos y aparatos tecnológicos, manejo adecuado de datos, entre otros.

5. Objetivo respecto al desarrollo de habilidades cognitivas en torno a la lógica científica, en donde se practica el planteamiento de preguntas, hipótesis, diseño de procesos, inferir, explicar relaciones, entre otras.

6. Objetivo actitudinal, de manera tal que se disfrute el quehacer científico, se desarrolle la perseverancia, la colaboración, la indagación y la curiosidad, entre otros.

Estos beneficios se esperan obtener al utilizar los experimentos como una herramienta didáctica en la pedagogía. Sin embargo, los mismos autores destacan la importancia de que el enfoque didáctico sea el de un descubrimiento orientado y no solamente una ejemplificación de la teoría. Es decir, aplicarlo de manera inductiva y no deductiva.

### Motivación

La motivación es uno de los conceptos más utilizados dentro del campo de la pedagogía, y es el resultado de un conjunto de procesos implicados en la activación, dirección y persistencia de la conducta escolar (Gallego Gallardo, citado en Steinmann et al., 2013). Uno de los aspectos para que ocurra el aprendizaje, es la motivación, y no hay duda alguna acerca de que cuando esta no existe, los estudiantes difícilmente aprenden. No siempre hay ausencia de motivación; a veces, lo que se presenta es una inconsistencia entre los motivos del profesor y los del estudiante, o se convierte en un círculo vicioso el hecho de que éstos no estén motivados porque no aprenden (Sole, citado en Ospina Rodríguez, 2006).

Varios autores coinciden en la misma idea, al considerar la motivación como un elemento sumamente importante para entender el aprendizaje y el rendimiento académico logrados por los estudiantes (Alonso Tapia, 1995; Anaya-Durand y Anaya-Huertas, 2010; González Fernández, 2005; Pritchard y McLaran Sawyer, 1994). El concepto de motivación ha sido explicado

desde diversas perspectivas con teorías de carácter biológico o fisiológico, algunas humanistas, hasta las más recientes teorías cognitivas (Pérez, Reyes y Sepúlveda, citados en Castro Carrasco, General, Jofré, Sáenz, Vega y Bortoluzzi, 2012).

Para Santrock (2013), “la motivación es el conjunto de razones por las que las personas se comportan de la forma en que lo hacen” (p. 432). En este mismo sentido, Hellriegel y Slocum (2004) describen la motivación como fuerzas que actúan sobre una persona o en su interior y provocan que se comporte de una forma específica, encaminada hacia una meta.

La motivación es un constructo hipotético que da cuenta de aquello que impulsa al hombre a actuar (Godefroid, Legendre, Raynal y Rieunier, citados en Valenzuela Carreño, 2007). Rinaudo et al (2006) mencionan que los estudiantes motivados logran rendimientos académicos más satisfactorios, lo que redundaría en desempeños profesionales de calidad y en construcción de saberes de excelencia. Sin embargo, la motivación no consiste únicamente en aplicar técnicas o métodos de enseñanza, sino que llega más allá, la motivación escolar conlleva una compleja interrelación de componentes cognitivos, afectivos, sociales y de carácter académico que se encuentran involucrados con las actuaciones de los estudiantes y de los profesores (Expósito López y Manzano García, 2010).

Valenzuela González (citado en Montico, 2004) define la motivación como los procesos internos de la persona, que despiertan, dirigen y sostienen una actividad determinada. Identifican al alumno motivado como aquel que tiene las siguientes características: a) despierta su actividad de aprendizaje convirtiendo su interés por estudiar en acciones concretas, como la de inscribirse en un curso o materia determinada; b) dirige sus estudios hacia metas concretas, procurando elegir un curso o materia que tenga objetivos de aprendizaje congruentes con sus metas personales y c) sostiene sus estudios en una forma tal que, con esfuerzo y persistencia, llega a conseguir las metas predeterminadas. Bajo estas circunstancias, Montico (2004) declara que motivar al estudiante consiste en orientarlo hacia la dirección necesaria para optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Además, añade que la motivación puede darse, ya sea por factores externos, es decir, por aquellas cosas que hacen con o por los estudiantes para incentivarlos, o por factores internos propios de cada estudiante.

Gran parte de la bibliografía alude a la distinción entre motivación intrínseca y extrínseca (Anaya-Durand y Anaya-Huertas, 2010; Steinmann et al., 2013). Algunos autores llaman a la motivación intrínseca, metas de aprendizaje y a la motivación extrínseca, metas de rendimiento

(Elliott y Dweck, 1988) y señalan que la estrategia didáctica que utiliza el profesor repercute de manera directa en el tipo de motivación que el estudiante manifiesta, así como en el estilo de aprendizaje y el rendimiento académico del estudiante.

La motivación intrínseca surge de factores internos del estudiante y de intereses personales, tiene como objetivo la autorrealización por alcanzar una meta o superar algún reto. Es movido especialmente por la curiosidad y el descubrimiento de lo nuevo (Ospina Rodríguez, 2006). Polanco Hernández (2005) declara que un estudiante con una motivación intrínseca está orientado a la vivencia del proceso de aprendizaje y estudia por el interés que la asignatura despierta en él. La motivación intrínseca es la que hace que un estudiante realice una tarea por el simple placer de hacerla, sin que nada externo lo empuje a realizarla (Raffini, 1998) y permite un ambiente de mayor cooperación, con mayor transmisión de conocimiento y un ambiente que reduce la competencia que dificulta el aprendizaje (Kofman y Senge, 1993).

Además, Swieringa y Wierdsma (1992) señalan que la motivación intrínseca incrementa el compromiso de los estudiantes con la escuela, favoreciéndose el desarrollo de capacidades para “aprender a aprender”. Procede del propio sujeto, que está bajo su control y tiene capacidad para auto-reforzarse. Maslow, menciona que el ser humano busca satisfacer sus necesidades primarias (biológicas, seguridad y pertenencia), siguiendo con las necesidades secundarias (reconocimiento y estima) y, finalmente, busca satisfacer las necesidades de autorrealización personal. Este último tipo de necesidad son las que realmente buscan las personas con mayor nivel de motivación intrínseca (Díaz y Hernández, 1999).

Sole (citado en Ospina Rodríguez, 2006) concuerda con los autores ya mencionados anteriormente, al señalar que los estudiantes motivados de manera intrínseca consideran el aprendizaje en sí mismo como un fin y los incentivos para aprender se encuentran en la propia tarea, por lo cual realizan la tarea y tienden a atribuir los éxitos a fuerzas internas como la competencia y el esfuerzo.

La motivación extrínseca se define en forma opuesta a la intrínseca, como aquella que procede de fuera y que conduce a la ejecución de la tarea (García Bacete y Domésh Betoret, 1997). Hernández Pina y Maquilón Sánchez (2010) establecen que las emociones relacionadas con resultados influyen en la motivación extrínseca. Inclusive García (citado en Ospina Rodríguez, 2006) comenta que el estudiante motivado de manera extrínseca asume el aprendizaje



como un medio para lograr beneficios o evitar incomodidades. Por ello, centra la importancia del aprendizaje en los resultados y sus consecuencias.

Para Skinner (1948), en la motivación extrínseca solo las condiciones externas refuerzan la conducta. La conducta puede tener lugar en términos de refuerzo positivo (recompensa) o de refuerzo negativo (castigos). Los refuerzos positivos añaden algo a la situación existente y los refuerzos negativos eliminan algo de una situación determinada. En el ámbito educativo, Skinner sostenía que el uso de las recompensas y refuerzos positivos de la conducta correcta era más eficaz que utilizar el castigo para tratar de cambiar una conducta no deseada. Investigaciones posteriores demostraron que la aplicación de refuerzos tanto positivos como negativos solo fomentan el enfoque superficial de aprendizaje en el que los estudiantes tratan de “salir del paso” ante las demandas académicas para evitar castigos o recibir recompensas (premios materiales), lo cual resulta poco útil o inadecuado.

### **Metodología**

La pregunta principal a investigar en este estudio fue la siguiente: ¿Cuál es el efecto del uso de experimentos discrepantes en el grado de motivación hacia el estudio de la física, en alumnos de primer año de preparatoria? La metodología que se siguió fue bajo enfoque experimental. Es experimental porque se midió el efecto que la variable independiente o tratamiento, *uso de experimentos discrepantes*, tiene sobre la variable dependiente *grado de motivación hacia el estudio de la física*. Por el hecho de considerar un solo grupo y no seleccionar a los participantes aleatoriamente, se considera pre-experimental: pre-prueba, tratamiento, pos-prueba, sin grupo control. Así mismo, en este estudio la población se conformó por alumnos de la escuela preparatoria “Profesor “Ignacio Carrillo Franco” de la Universidad de Montemorelos. El total de participantes en la pre-prueba fue de 71 alumnos, y el total de participantes en la pos-prueba fue de 70 alumnos.

El tratamiento consistió en la aplicación de catorce experimentos discrepantes. En la primera clase del tetramestre, en la asignatura de física del movimiento y a manera de introducción, se mencionaron las seis ramas en que se subdivide la física y a partir de esa introducción, se realizaron cinco experimentos; uno de mecánica, otro de acústica, termodinámica, electromagnetismo y por último uno de óptica. No se realizó experimento de física moderna.

En las siguientes cuatro semanas se realizaron los otros nueve experimentos discrepantes que incluyeron temas de hidráulica y equilibrio. La mayoría de ellos se realizaron a manera

introdutoria de la clase para despertar el interés, para generar el diálogo y analizar los preconceptos y sus formas de razonar. A continuación, se describen, de manera breve, los 14 experimentos discrepantes desarrollados.

1. *Caída libre*: Este experimento consistió en analizar el efecto de la resistencia del aire en objetos que se mueven al caer. Al dejar caer un libro y una hoja extendida y notar que el libro caía más rápido que la hoja, el grupo en general afirmó que la masa influía la caída de los cuerpos por lo tanto el cuerpo más pesado caería primero.

2. *Propagación de las ondas mecánicas*: Al colocar un celular con música dentro de una bolsa de plástico y extraer el aire por medio de un popote se evidenció la necesidad de un medio elástico para la propagación de las ondas mecánicas, como lo es el sonido. Al extraer el aire de la bolsa, el sonido se dejó de escuchar.

3. *Dilatación de barras metálicas y bimetálicas*: Al calentar diferentes barras metálicas por un tiempo específico, se observaron diferentes valores en su dilatación.

4. *Jaula de Faraday*: Este experimento muestra como una malla metálica se constituye como una barrera al paso de las ondas electromagnéticas. Cuando un radio es rodeado por una malla metálica (sin tapa) se deja de escuchar por la obstrucción de las ondas electromagnéticas. Si introducimos nuestro brazo y tocamos el radio, volvemos a escuchar la señal aún con la malla que rodea el radio.

5. *Fibras ópticas*: El funcionamiento de las fibras ópticas se puede explicar a través de este sencillo experimento, donde un rayo de luz láser se desvía en un chorrillo de agua que sale por un pequeño agujero en un bote.

6. *Ludión de Descartes*: El mecanismo que utilizan los submarinos para tener la capacidad de sumergirse y emerger se puede mostrar con el ludión de Descartes. Es un sencillo experimento que se puede realizar con una botella de plástico llena de agua y un gotero. Al llenar la botella con agua e introducir el gotero, al cerrar la botella y apretarla con fuerza, el gotero se hunde dentro de la botella.

7. *Hoja que sostiene la columna de agua*: Con este sencillo pero interesante experimento, los alumnos pudieron ver que la presión atmosférica, al ejercer fuerza en todas direcciones, pudo mantener una columna de agua solo con un papel en la base.

8. *Copa de Arquímedes*: Este experimento es el prototipo de un problema planteado a Arquímedes con el fin de que los invitados a una fiesta pudieran tomar alcohol sin llegar a

embriagarse puesto que solo podían servirse hasta cierto nivel de la copa. Si se servían de más perdían todo lo que se habían servido.

9. *Papel que no se moja*: Nuevamente, con un experimento de presión atmosférica se evidencia que el aire ejerce una fuerza que es capaz de empujar una columna de agua y al introducir de manera invertida un bote con un papel en el fondo, completamente en un recipiente con agua, ésta no es capaz de introducirse en el recipiente por la fuerza que el aire ejerce contra el agua. De esta manera el papel queda completamente seco.

10. *Pelota de unicel y secadora*: El efecto Venturi demuestra que, al aumentar la velocidad de un fluido, la presión disminuye y de esta manera una bolita de unicel puede quedar suspendida dentro del flujo de aire, incluso si dicho flujo tiene cierto ángulo de inclinación, contrarrestando la fuerza gravitatoria.

11. *Unicel que no cae de un embudo*: Una pelotita de unicel se coloca en un embudo. Si por la parte angosta del embudo se echa aire y éste se invierte, la pelotita no caerá mientras se siga echando aire por la parte angosta ya que la presión encima de la pelotita disminuye y entonces la presión debajo de la pelotita genera una fuerza de empuje verticalmente hacia arriba.

12. *Presión y velocidad en tiras de papel*: Este experimento muestra nuevamente el efecto de Venturi. Al soplar en medio de dos tiras de papel colocadas de manera vertical, éstas, en lugar de abrirse, como la gran mayoría piensa, se cierran debido a la variación de la presión con la velocidad.

13. *Equilibrio con un palillo y equilibrio con un cinto*: Un palillo de dientes es capaz de equilibrar dos tenedores enganchados entre sí por sus dientes manteniendo el equilibrio. De igual manera, una pluma que sostiene un cinto en uno de los extremos queda equilibrado en el otro extremo.

14. *Centro de masa en el cuerpo humano y en una escoba*: En este experimento los alumnos verifican la ubicación aproximada del centro de masa en el cuerpo humano y la importancia del soporte que hacen nuestros pies para mantenernos en equilibrio. Al igual, en un palo de escoba, colocando un solo dedo en cada extremo y moviéndolos hacia el centro, de manera lenta, éstos dedos se juntan exactamente en el centro de masa del mismo.

Para medir la motivación hacia el aprendizaje de la física se utilizó el instrumento propuesto por Vega Gonzales (2017). La confiabilidad reportada fue de .748, según el alfa de Cronbach, lo que se considera aceptable. Mediante un análisis factorial identificó tres factores.

Entonces, la escala que mide el grado de motivación hacia el estudio de la física cuenta con tres factores: expectativas (ítems 3, 4, 5, 6, 11, 14, 15, 16 y 17), importancia (ítems 7, 10, 12, 13, 18, 19 y 20) e interés (ítems 1, 2, 8 y 9). La escala Likert que se utiliza, considera los siguientes puntos: *muy en desacuerdo* (1), *algo en desacuerdo* (2), *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (3), *algo de acuerdo* (4) y *muy de acuerdo* (5).

La confiabilidad del instrumento, considerando los 20 ítems de la variable motivación y utilizado con los estudiantes en la pre-prueba fue de .921 y de .893 en la pos-prueba. La confiabilidad del instrumento para *interés*, en la pre-prueba fue de .738 y .625 en la pos-prueba; para *importancia*, en la pre-prueba fue de .778 y en la pos-prueba de .771; y para la *expectativa*, en la pre-prueba fue de .840 y en la pos-prueba fue de .769. Todos ellos considerados como medidas de confiabilidad aceptables para cada una de los factores.

## Resultados

En la investigación se consideró a los alumnos de primer año de preparatoria que cursaron la clase de física del movimiento ubicados en los grupos A, B, C e irregulares. De acuerdo a la distribución de alumnos encuestados por su género en la pre-prueba, se distribuyó de la siguiente manera: el 45.1% fueron mujeres ( $n = 32$ ) y el 54.9 % fueron hombres ( $n = 39$ ) y en la pos-prueba fue el siguiente: el 38.6% fueron mujeres ( $n = 27$ ) y el 61.4 % fueron hombres ( $n = 43$ ).

En la Tabla 2 se muestran los descriptivos para los factores de la motivación, tanto en la pre-prueba como en la pos-prueba. En la pre-prueba, por su curtosis y asimetría pueden considerarse como distribuciones normales. Sin embargo, se observan cambios importantes en la pos-prueba; además de incrementar los valores de las medias y reducirse las desviaciones estándar, los valores de las curtosis son negativas, manifestando una asimetría negativa muy marcada de tal forma que los datos se agrupan en puntajes altos de la escala, conformando distribuciones leptocúrticas muy marcadas, principalmente en la importancia.

En la Tabla 3 se muestran los descriptivos para los criterios de la pre-prueba y pos-prueba. Los ítems con medias superiores en la pos-prueba hacen ver que los estudiantes se sienten cómodos y les agrada que se realicen experimentos en clase porque les ayudan a comprender mejor los temas de estudio. Por otro lado, no están muy de acuerdo con que sea importante que los experimentos se introduzcan una vez estudiado el tema, pero tampoco se sienten muy moti-

vados a buscar una explicación cuando no comprenden un fenómeno. También se puede observar que el mayor cambio se da en el aspecto de considerar que al ver o realizar un experimento logran captar el concepto físico, donde el tamaño del efecto es de 1.34, según la  $d$  de Cohen.

Tabla 2

*Descriptivos para los factores de motivación en pre y pos prueba*

Prueba	Factores de motivación	$M$	$DE$	Asimetría	Curtosis
Pre	Interés	3.34	.797	-0.466	-0.521
	Expectativas	3.29	.757	-0.146	-0.773
	Importancia	3.55	.665	-0.324	-0.556
Pos	Interés	4.26	.645	-1.597	3.374
	Expectativas	4.13	.587	-1.513	4.196
	Importancia	4.51	.631	-3.041	13.608

Tabla 3

*Descriptivos de los criterios de la pre-prueba y pos-prueba*

	Pre-prueba		Pos-prueba	
	$M$	$DE$	$M$	$DE$
Me gusta cuando se realizan experimentos en el aula de clase	3.66	1.133	4.70	0.786
Los experimentos en clase son importantes para comprender mejor...	3.52	1.193	4.67	0.736
Creo de gran utilidad que el maestro nos involucre en la realización de...	4.02	0.810	4.64	0.702
Considero de gran utilidad que el maestro realice experimentos en el aula...	3.84	1.064	4.62	0.783
Me gusta que los experimentos realizados vayan de acuerdo al tema...	3.71	1.161	4.60	0.907
Los experimentos son útiles para que los alumnos aprendan mejor	3.71	0.988	4.60	0.730
Es importante que se realicen experimentos en el aula de clase	3.69	0.979	4.58	0.789
Me gusta que el maestro realice un experimento para introducir un tema	3.63	1.174	4.52	1.017
La elaboración de experimentos en el aula harán de mí un mejor estudiante	3.29	1.060	4.38	0.785
Me gusta que el experimento se lleve a cabo después de estudiar un tema...	3.69	1.090	4.36	0.999
Al ver o realizar un experimento logro captar el concepto físico	3.08	0.981	4.32	0.863
Considero útil el poder dar explicación a un fenómeno para reforzar...	3.32	1.131	4.21	1.115
A pesar de que un fenómeno físico puede parecer extraño, soy capaz...	3.28	1.002	4.20	0.861
Para mí, es importante comprender las leyes físicas para poder explicar...	3.47	1.059	4.11	1.007
Considero más importante que los experimentos se realicen antes de...	3.07	0.975	4.00	1.116
Estoy capacitado para realizar experimentos de física	3.02	1.133	3.82	1.006
Soy capaz de distinguir los conceptos que involucra un fenómeno físico	2.95	1.006	3.81	0.872
Considero que puedo encontrar fácilmente los conceptos de un fenómeno...	2.78	1.027	3.58	1.096
Considero más importantes que los experimentos se realicen una vez visto	3.15	1.154	3.48	1.369
Cuando la explicación de un fenómeno no me queda clara, busco...	2.80	1.090	3.47	1.099

Para determinar el efecto del uso de los experimentos discrepantes en la motivación del estudiante, se utilizó la prueba estadística  $t$  de Student para muestras independientes, ya que no se registraron los resultados de la motivación en ambas pruebas por sujeto participante. Con

base en esta prueba, se encontró suficiente evidencia para decir que existe diferencia significativa entre los puntajes de la pos-prueba y la pre-prueba de motivación ( $t_{(133.644)} = 8.280$ ,  $p = .000$ ). Tomando en cuenta las medias aritméticas de la pre-prueba ( $M = 3.39$ ,  $DE = 0.671$ ) y la pos-prueba ( $M = 4.24$ ,  $DE = 0.540$ ), se obtuvo un tamaño del efecto de 1.39. Este valor es considerado como correspondiente a una medida del tamaño del efecto como *muy alto*. En la Tabla 4 se presentan los tamaños del efecto para los factores de la motivación. Se observa que la dimensión que presentó un cambio menor fue la dimensión de interés ( $d = 1.23$ ), sin embargo, resulta muy importante.

Tabla 4  
*Tamaño del efecto en los factores de motivación*

Dimensión	Pre-prueba		Pos-prueba		Tamaño del efecto	
	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>d</i>	<i>Grado</i>
Interés	3.34	.797	4.24	.654	1.23	Muy alto
Expectativa	3.28	.726	4.13	.587	1.29	Muy alto
Importancia	3.55	.665	4.36	.577	1.30	Muy alto

### Discusión

Los resultados encontrados concuerdan con los de Barbosa (2008), quien menciona que los experimentos discrepantes propician escenarios fértiles que despiertan el asombro y la motivación en los estudiantes, generado por un conflicto cognitivo al observar un fenómeno contradictorio a sus propias concepciones. Dicho fenómeno despierta el interés y lleva al estudiante a actividades de investigación tales como conjeturar, argumentar, abstraer, modelar y socializar el conocimiento en forma verbal y escrita. También Caro Spinel y Reyes Ortiz (2003) concuerdan con ello, señalando que el estudiante que se encuentra activo en clases, participa, observa y construye con sus propias manos, alcanza niveles de comprensión más profundos y duraderos.

Por otra parte, se ha encontrado que la enseñanza tradicional tiene escasa efectividad en el logro de un cambio conceptual aceptable de los conceptos de física. Es por ello que se ha promovido un cambio fundamental en el tipo de enseñanza de la misma y se han propuesto nuevas metodologías de enseñanza activa que incrementan el aprendizaje significativo (Hänze y Berger, 2007; Taasoobshiraz y Carr, 2008). A su vez, Sole (2001, citado en Ospina Rodríguez, 2006) destaca también que uno de los aspectos más relevantes para que se dé el aprendizaje es la motivación y no hay duda alguna acerca de que cuando esta no existe, los estudiantes difícilmente aprenden. Al respecto, Alcalay y Antonijevic (1987, citados en Bañuelos Márquez, 1993)

concuerdan mencionando que, para que un estudiante pueda alcanzar los objetivos propuestos, debe estar motivado.

Marulanda y Gómez (2006) señalan que con el uso de experimentos discrepantes se promueve, el interés por la física, la búsqueda de explicación al fenómeno observado, la discusión de conceptos erróneos y el entendimiento de conceptos abstractos. Además, Thornton y Sokoloff (1990, 1997 y 1998) demostraron que existe una mejoría significativa en el nivel de comprensión de los estudiantes, en temas de mecánica, cuando se emplean experimentos y sesiones demostrativas en el aula de clase. De acuerdo con Rinaudo, et. al. (2006), los estudiantes motivados lograrán rendimientos académicos más satisfactorios, lo que redundará en desempeños profesionales de calidad y en construcción de saberes de excelencia.

### Conclusiones

Se ha evidenciado que, frente a una problemática de falta de motivación hacia la física, una posible solución para despertar el interés hacia la ciencia lo constituye el uso de experimentos discrepantes. Como se ha mencionado anteriormente, éstos crean un escenario fértil para su enseñanza ya que producen asombro, necesidad de explicación, necesidad de búsqueda y reto.

En la experiencia del investigador, al usar los experimentos discrepantes, se pudo constatar que no solamente son de gran valor para los estudiantes al momento de adquirir el conocimiento sino también, como docente, pues se puede conocer, de manera general, con qué conocimientos previos llegan los estudiantes a la clase. Cabe señalar que casi todos los experimentos fueron realizados al inicio la clase, y fue muy gratificante para el docente tener un momento de mucha participación de parte de los alumnos al momento de expresar sus ideas y comentarios y al formular preguntas y debatir.

### Referencias

- Alonso Tapia, J. (1995). *Motivación y aprendizaje en el aula. Cómo enseñar a pensar*. Madrid: Santillana.
- Anaya-Durand, A. y Anaya-Huertas, C. (2010). ¿Motivar para aprobar o para aprender? Estrategias de motivación del aprendizaje para los estudiantes. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1), 5-14.
- Azuague, T., Contreras, M. y Delgado, J. (2009). Innovación en el aula hacia un enfoque tecnológico y Social. *Góndola*, 4 (1), 41-44
- Bañuelos Márquez, A. M. (1993). Motivación escolar. Estudio de variables afectivas. *Perfiles Educativos*, 60(2). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13206011>
- Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379.
- Barbosa, L. H. (2008). Los experimentos discrepantes en el aprendizaje activo de la física. *Latin American Journal of Physics Education*, 2(3), 246-252.

- Barbosa, L. H. (2009). *Lhbfsica*. Recuperado de <http://lhbfsica.googlepages.com>
- Barbosa, L. H. y Mora-Ley, C. (2011) Los experimentos discrepantes como escenario propicio para cultivar la intuición física en los estudiantes. *Revista Colombiana de Física*, 43(3), 565-570.
- Barbosa, L. H., Talero, P., Organista, J. O. y Hernández, L. (2011). Los experimentos discrepantes como un escenario cultivante con rol social educativo. *Latin American Journal of Physics Education*, 5(1), 176-182.
- Bellot Naranjo, D., Menéndez Parrado, A. L., Losada Gómez, J. A. y Cantero Zayas, A. (2007). El experimento demostrativo en las clases de ciencias naturales de secundaria básica: una variante metodológica para su desarrollo y perfeccionamiento. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(2), 290-304.
- Caro Spinel, S. y Reyes Ortiz, J. C. (2003). Prácticas docentes que promueven el aprendizaje activo en ingeniería civil. *Revista de ingeniería*, 18, 48-55. doi:10.16924/riua.v0i8.479
- Castro Carrasco, P. J., General, F., Jofré, R., Sáenz, N., Vega, A. y Bortoluzzi, M. (2012). Teorías subjetivas de profesores sobre la motivación y sus expectativas de éxito y fracaso escolar. *Educación en Revista*, 46(4), 159-172.
- Díaz, F. y Hernández, G. (1999). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México: McGraw-Hill.
- Elliott, E. S. y Dweck, C. S. (1988) Goals: An approach to motivation and achievement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 5-12.
- Expósito López, J. y Manzano García. B. (2010). Tareas educativas interactivas, motivación y estrategias de aprendizaje, en educación primaria, a partir de un currículum modulado por nuevas tecnologías. *Teorías de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Informática*, 11(1), 330-351.
- Fonseca, M., Hurtado, A., Lombada, C. y Ocaña, O. (2006). La simulación y el experimento como opciones didácticas integradas para la conceptualización en física. *Revista Colombiana de Física*, 2, 707-710.
- García Bacete, F. J. y Doménech Betoret, F. (1997). Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, 1(0). Recuperado de <http://reme.uji.es/articulos/pa0001/texto.html>
- González Fernández, A. (2005). *Motivación Académica: teoría aplicación y evaluación*. Madrid: Pirámide.
- Hänze, M. y Berger, R. (2007). Cooperative learning, motivational effects, and student characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12<sup>th</sup> grade physics classes. *Learning and Instruction*, 17(1), 29-41. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.11.004
- Hellriegel, D. y Slocum, J. (2004). *Comportamiento organizacional*. México: Thomson Learning.
- Hernández Pina, F. y Maquilón Sánchez, J. J. (2010). Las concepciones de la enseñanza. Aportaciones para la formación del profesorado. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 13(3), 17-25.
- Kofman, F. y Senge, P. (1993). Communities of commitment: The heart of learning organizations. *Organizational Dynamics*, 22(3), 5-23.
- Marulanda, J. I. y Gómez, L. A. (2006). Experimentos en el aula de clase para la enseñanza de la física. *Revista Colombiana de Física*, 38(2), 699-702.
- Montes González, J. A. (2009). Experimentación, autorregulación y dominio de la física en edades tempranas. *Acta Colombiana de Psicología*, 12(1), 125-133.
- Montico, S. (2004). La motivación en el aula universitaria: ¿Una necesidad pedagógica? *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 15(29), 105-112.
- Ospina Rodríguez, J. (2006). La motivación, motor del aprendizaje. *Revista Ciencias de la Salud*, 4, 158-160.
- Peña Carabalí, E. (2012). *Uso de actividades experimentales para recrear conocimiento científico escolar en el aula de clase, en la Institución Educativa Mayor de Yumbo*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
- Pérez Lozada, E. y Falcón, N. (2009) Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 452-465.
- Polanco Hernández, A. (2005). La motivación en los estudiantes universitarios. *Actualidades Investigativas en Educación*, 5(2), 1-13.
- Pritchard, K. W. y McLaran Sawyer, R. (1994). Student motivation in the college classroom. En P. R. Pintrich (Editor), *Handbook of college teaching: Theory and application* (pp. 23-24). Westport, CN: Greenwood Press.
- Pulido, W. (2009) La didáctica de la física como investigación en la enseñanza de la física. *Góndola*, 1, 9-12.



- Raffini, J. P. (1998). *100 maneras de incrementar la motivación en la clase*. Buenos Aires: Troquel.
- Rinaudo, M. C., De la Barrera, M. L. y Donolo, D. (2006). Motivación para el aprendizaje en estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, 9(22). Recuperado de <http://reme.uji.es/articulos/numero22/article2/num%2022%20article%20%20ArticMotivparaREME.PDF>
- Rodríguez Sánchez, K. y Vargas Ulloa, K. V. (2009). Análisis del experimento como recurso didáctico en talleres de ciencias: el caso del museo de los niños de Costa Rica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 9(1), 1-20.
- Santrock, J. (2013). *Psicología de la educación*. México: McGraw-Hill.
- Skinner, B. F. (1948). *Walden Two*. New York: Macmillan.
- Solbes, J. y Zacarés, J. (1993) ¿Qué sucede con la enseñanza de la óptica? *Revista Española de Física*, 7(4), 38-43.
- Steinmann, A., Bosch, B. y Aiassa, D. (2013). Motivación y expectativas de los estudiantes por aprender ciencias en la Universidad. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 18(57), 585-598.
- Swieringa, J. y Wierdsma, A. (1992). *Becoming a learning organization*. Lincoln, UK: Addison Wesley.
- Taasoobshiraz, G. y Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3, 155-167. doi:10.1016/j.edurev.2008.01.002
- Thornton, R. y Sokoloff, D. (1990). Learning motion concepts using real time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58, 858-867.
- Thornton, R. y Sokoloff, D. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher*, 35, 340-347.
- Thornton, R. y Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66, 338-352.
- Valenzuela Carreño, J. (2007). Más allá de la tarea: pistas para una redefinición del concepto de motivación escolar. *Educação e Pesquisa*, 33(3), 409-426.
- Vega Gonzales, A. (2017). *Efecto de los experimentos impactantes en la motivación para el aprendizaje de la física en los estudiantes del segundo ciclo de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma del Perú* (Tesis de magister). Escuela de Posgrado, Universidad César Vallejo, Perú.