

# El vínculo profesor-alumno en las clases de Física de bachillerato



José Antonio F. Uroza<sup>1</sup>, Susana Orozco Segovia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MADEMS-Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Calle Av. Universidad, No. 3000, Colonia UNAM CU, Del. Coyoacán, C. P. 04510, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Calle Av. Universidad, No. 3000, Colonia UNAM CU, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

**E-mail:** aminozt@ciencia.unam.mx

(Recibido el 25 de mayo de 2016, aceptado el 3 de abril de 2017)

## Resumen

En investigaciones recientes en Neurociencias y Psicología Cognitiva se ha demostrado la importancia de las emociones en el proceso de enseñanza-aprendizaje, emociones como la curiosidad, la sorpresa y la empatía lo facilitan; mientras las emociones como el aburrimiento, la apatía y la frustración lo dificultan. En el salón de clases, los estudiantes de bachillerato experimentan diferentes emociones que pueden modificar factores del dominio afectivo. Uno de los factores más importantes que el docente puede modificar a través de las emociones de los estudiantes hacia el conocimiento es el *vínculo profesor-alumno*, el cual se interpreta como la interacción entre el docente y el estudiante, donde el alumno está dispuesto a aprender y acepta al profesor como el mediador entre él y el conocimiento. Bajo esta hipótesis, para mejorar el aprendizaje de la física en los estudiantes de bachillerato, se elaboró una estrategia didáctica basada en el modelo de aprendizaje cooperativo cuyo elemento principal es el fomento del vínculo profesor-alumno. Los resultados que se obtuvieron en la aplicación de la estrategia ante un grupo de bachillerato, reflejan de manera cualitativa y comparativa que se desarrollaron en los estudiantes diferentes procesos cognitivos en tres tipos de conocimiento.

**Palabras clave:** Emociones en el proceso de enseñanza-aprendizaje, Relación profesor-alumno, Vínculo profesor-alumno, Estrategia de enseñanza, Vínculo educativo, Aprendizaje Cooperativo.

## Abstract

Recent research in Neuroeducation and Cognitive Psychology has shown the relevant role of emotions into the teaching-learning process, this process is facilitating by emotions such as curiosity, surprise and empathy, whereas it is hindered by emotions as boredom, apathy and frustration. In the classroom, high school students experience different emotions that modify factors of affective domain. The teacher-student relationship is one of the most important factors that teachers can modify through the emotions of students toward knowledge, in this work we interpret the relationship as the interaction between teacher and student, where the student is willing to learn and accept to the teacher as the mediator between him and the knowledge. Under this hypothesis, in order to improve the physics learning for students in high school, we elaborate a teaching strategy based on cooperative learning, whose main element is promoting of the teacher-student relationship. The evaluation of this teaching strategy reflects qualitatively and comparatively that its application helped to the students to develop different cognitive processes in three types of knowledge.

**Keywords:** Emotions in the teaching-learning process, Teacher-student relationship, Teacher-student rapport, Teaching strategy, Cooperative learning.

PACS: 01.40.Di, 01.40.Ha, 01.40.jh

ISSN 1870-9095

## I. INTRODUCCIÓN

En investigaciones acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, se muestran las siguientes problemáticas, donde la mayoría de los estudiantes al finalizar un curso de Física:

- Creen que el conocimiento en Física está conformado por ejemplos y resultados sin relación alguna; es decir, no logran un conocimiento conceptual quedándose en un conocimiento factual [1, 2, 3].

- Interpretan de manera equivocada los conceptos, o se quedan con sus concepciones alternativas [4, 5]
- Tienen poco o nulo desarrollo de procesos cognitivos para la resolución de problemas teóricos o prácticos en contextos reales [2, 6].

Han surgido diversas propuestas didácticas basadas en el constructivismo para solucionar esta problemática, y en la actualidad se ha empezado a dar una importancia relevante a considerar factores del dominio afectivo para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física [7, 8].

En el presente trabajo se da una justificación teórica desde la perspectiva de la neuroeducación de la importancia de considerar factores del dominio afectivo en la enseñanza de la Física. También se da una descripción general de la estrategia didáctica que se propone para enseñar Física en el bachillerato considerando el fomento del vínculo profesor-alumno, el cual se interpreta como la interacción entre el docente y el estudiante, donde el alumno está dispuesto a aprender y acepta al profesor como el mediador entre él y el conocimiento. Además se presentan los resultados obtenidos de la estrategia aplicada en un grupo de estudiantes de educación media superior con edades en el rango de 16 y 17 años. La estrategia se enfocó en que los estudiantes construyeran un conocimiento conceptual con procesos cognitivos de comprensión y aplicación.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Teorías de aprendizaje

Existen varias teorías que tratan de explicar el proceso de aprendizaje al cual está sujeta toda persona. Durante el siglo pasado se dieron varios e importantes avances para comprender este proceso [9, 10, 11]. Por mencionar las corrientes teóricas más destacadas, se encuentra el Conductismo, Cognoscitivismos y el Constructivismo.

En el Conductismo el aprendizaje se refleja en una conducta observable del individuo debida a un estímulo externo, sin fijarse en los mecanismos internos de la persona para aprender. En el Cognoscitivismos el aprendizaje es un proceso más complicado que en el Conductismo, donde influyen la atención, la percepción, la memoria, el lenguaje, la forma de estructurar las ideas, aquí algo se aprende cuando la información, idea o proceso es asimilado por el sujeto en una estructura mental (cognitiva) existente y es posible evocarla después, dependiendo del autor de la teoría (Piaget, Vygotsky, Ausubel por mencionar algunos) la estructura mental se interpreta de diferente forma, así como el proceso por el cual la información es almacenada para después recordarla [9, 11, 12, 13].

El Cognoscitivismos da las bases para la concepción constructivista del aprendizaje, en la literatura, son pocos los autores que marcan una diferencia entre estas dos corrientes, inclusive se puede interpretar al Constructivismo como una rama del Cognoscitivismos, pero la diferencia importante es que para el Cognoscitivismos el aprendizaje es un proceso donde las personas adquieren significados, a diferencia del Constructivismo, donde las personas aprenden cuando construyen los significados [9].

En la actualidad hay varias evidencias [1, 9, 10] que avalan al Constructivismo como una buena opción para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. El problema que se presenta al implementar en la práctica las teorías de aprendizaje mencionadas, es que un gran número de estudiantes no está dispuesto a aprender sino a pasar la materia debido a factores del dominio afectivo que el docente no toma en cuenta [1]. La presencia de estos factores se revela cuando se observa a los sujetos del proceso de

enseñanza-aprendizaje como entes individuales, que como individuos tienen intenciones y disposiciones que se involucran de manera directa en el proceso. Esto es una situación importante a considerar para poder resolver las problemáticas del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física mostradas en la introducción.

### B. Factores que influyen en la disposición del estudiante

Desde la perspectiva de varios estudios el factor que influye predominantemente a la predisposición del estudiante a no lograr un aprendizaje de los conceptos científicos, es el contexto sociocultural, éste fomenta creencias y actitudes que no favorecen el aprendizaje en las asignaturas relacionadas con la ciencia, como la Física, algunas de estas creencias por parte de los estudiantes son que la Física es: es aburrida, difícil, para genios, es complicada, es igual a las matemáticas, sólo hay que sustituir en las formulas [14, 15, 16]. Además el contexto sociocultural influye en la concepción de ideas alternativas no científicas [17], lo que ocasiona una comprensión errónea desde la perspectiva de la Física, de varios conceptos básicos de ésta.

El profesor no puede cambiar el contexto sociocultural del alumno; sin embargo, el estudiante al tomar un curso de Física puede reforzar o desvanecer las creencias referentes al aprendizaje de ésta, lo que dependerá en gran medida del docente a cargo del curso [16].

Para encontrar factores que el docente pueda modificar y con ello disponer a los estudiantes a aprender, se analizó el estudio realizado por Ken Bain [1] acerca de lo que hacen los mejores profesores. Bain para determinar que docentes eran excelentes en su labor, se basó en el éxito logrado por los profesores en la tarea de ayudar a la mayoría de sus estudiantes a aprender, consiguiendo influir positiva, sustancial y sostenidamente en sus formas de pensar, actuar y sentir. Una vez que Bain determinó a los sujetos de su estudio, al indagar sobre su docencia encontró aspectos comunes en entre ellos, de manera general algunos de estos son: su forma de concebir el aprendizaje (constructivista), la manera de preparar y llevar a cabo sus clases, el trato a sus estudiantes, la forma de comprobar su progreso y evaluar sus resultados educacionales. Cada uno de los factores anteriores es crucial para una buena docencia, están enfocados a estimular intelectualmente a la mayoría de los estudiantes, así como a fomentar la disposición del estudiante a aprender. Además se observó en la serie de evidencias mostradas por Bain, que cuando se lograba la disposición de los alumnos a aprender la interacción entre los estudiantes, el conocimiento y el docente, estaba presente, por lo que la interacción profesor-estudiantes iba más allá de la popularidad del profesor entre los alumnos, sino que se refería a la aceptación del docente por los estudiantes como “mediador” entre ellos y el conocimiento, por lo que es importante considerar esta aceptación para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.

### C. Vínculo Profesor-Estudiante

En el presente escrito el término *Vínculo Profesor-Alumno* (VPA), se interpreta como *la interacción entre el docente y el estudiante, donde el alumno está dispuesto a aprender y acepta al profesor como el mediador entre él y el conocimiento*. La aceptación del profesor por el estudiante se refiere a que el alumno reconoce al docente como una persona experimentada en los campos de conocimiento que quiere aprender, además el estudiante considera al profesor como alguien con la capacidad de evaluar bajo ciertos estándares si lo que ha aprendido es correcto o no.

La disposición del estudiante a aprender se refiere básicamente a que el alumno tiene el ánimo y la intención de aprender un determinado conocimiento. El VPA establece una interacción dinámica, donde la disposición del alumno por aprender se entrelaza con la aceptación del profesor como mediador, involucrando emocionalmente al estudiante con el conocimiento de un tema, por lo que si la disposición a aprender un determinado tema no se concreta o no se acepta al profesor, el VPA no se establece.

Otra manera de ver al VPA es mediante lo descrito por Otero [7] en su principio de acción del profesor, el cual se refiere a que como docentes nuestro “saber” está relacionado con la aceptación de los estudiantes, si ellos no aceptan la invitación a entrar en un dominio cognoscitivo en la que el profesor ya ha participado, no hay nada que enseñarles. Esta invitación es precisamente lo que se entiende por VPA, si no se da, quiere decir que el alumno no aceptó dicha invitación; por el contrario, si el estudiante acepta la invitación, se formó el VPA. He de aquí la importancia del VPA.

La disposición del estudiante referente al aprendizaje de la física está inmersa en el dominio afectivo del proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que se puede inferir que para lograr el VPA en las clases hay que modificar factores de este dominio. Extrapolando la perspectiva reflejada en el escrito de Gil, Blanco y Guerrero [18], se considera que los descriptores básicos del dominio afectivo son: las creencias, actitudes y emociones. En este sentido hay que dar un énfasis especial a las creencias de los estudiantes que se relacionan y tienen un efecto en el VPA, y por ende en aprendizaje de la Física. En estudios acerca de la afectividad en el aula [19, 20], se ha observado que para favorecer la construcción de conocimiento en los estudiantes, primero hay que dar el ambiente propicio para ello; es decir, cambiar las actitudes y creencias que no favorezcan el aprendizaje de la Física y fomentar aquellas que ayuden a facilitar su aprendizaje. Una de las formas para lograrlo es favorecer emociones en los estudiantes que induzcan las creencias y actitudes necesarias para que construyan su aprendizaje; en otras palabras fomenten el VPA. Por mencionar algunas de estas emociones se tiene el interés, la alegría, diversión, entusiasmo, asombro o sorpresa, confianza, entre otras. [1, 19].

### D. Emociones y sentimientos

Antes de continuar hay que poner en claro que se entiende por emoción, desde la perspectiva de Rafael Bisquerra [20, 21] la emoción es un fenómeno que ocurre en el ser humano

*El vínculo profesor-alumno en las clases de Física de bachillerato* al valorar un determinado evento, esta valoración dispone de tres componentes: neurofisiológica, comportamental (tendencia a la acción) y cognitiva (experiencia subjetiva). Desde la perspectiva de otros autores, los sentimientos y los afectos se consideran un caso particular de las emociones [20].

Un sentimiento desde el punto de vista de Bisquerra, se puede entender como la interpretación de una emoción que realiza un sujeto. Para comprender esto, se pone como ejemplo el encontrarse con una determinada persona que produce una emoción, por así decirlo, “fuerte”, ésta tiene una corta duración; al momento de apreciar dicha emoción se crea el sentimiento, que es más perdurable y duradero que la emoción. Gracias al sentimiento la persona puede generar una actitud e influir en las creencias que se puedan generar del evento que originó la emoción.

Las emociones predisponen a las personas a los eventos que las originan e influyen en las decisiones que realizan día a día [22]. En el contexto de la asignatura de Física, las interacciones de los estudiantes con sus pares, con el profesor y la didáctica llevada, puede ocasionar en los alumnos emociones que fomenten actitudes o creencias que no favorecen al VPA, lo que dificulta el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. En contraparte, si se promueven emociones en los estudiantes que ayuden a generar o a reforzar actitudes y creencias favorables hacia el aprendizaje de la Física, el estudiante puede decidir aceptar la invitación del docente de la que habla Otero, suscitado la formación del VPA.

### E. Cognición y emociones

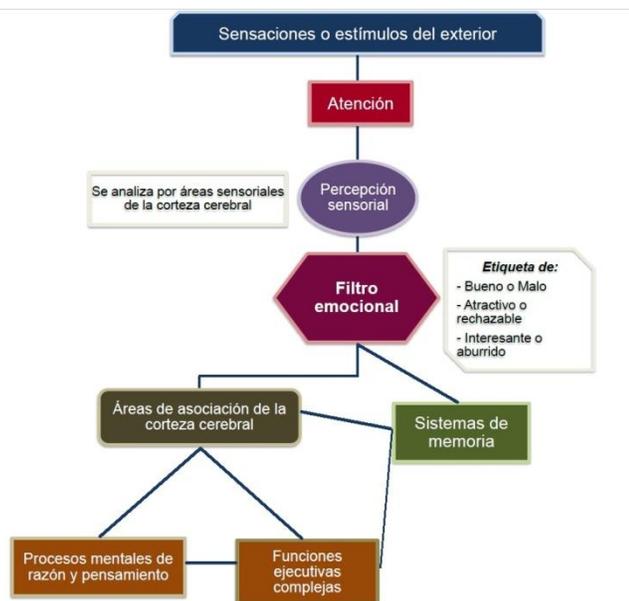
En años 70's se originó una corriente teórica en la psicología que tomó sus bases en la filosofía humanista [23], que enfocada a la didáctica, considera aspectos del dominio afectivo sólo en lo que respecta al desarrollo humano [24], pero no en cuestiones del conocimiento disciplinar. Se puede decir que esta corriente da consejos para fomentar un buen ambiente de aprendizaje, sin embargo no está fuertemente fundamentada la relación entre este ambiente y el aprendizaje.

En la actualidad gracias a los sorprendentes avances tecnológicos, en Psicología Cognitiva y en Neurociencias se han dado aportes importantes en lo que respecta al entendimiento del cerebro humano y, en especial, en cómo se da el proceso de aprendizaje [19, 20, 25, 26], dando una importancia crucial a las emociones en este proceso.

Las emociones, además de influir en factores del dominio afectivo, repercuten de manera importante en el conocimiento que aprende el estudiante [19, 22], esto tiene que ver con cómo procesa la información el cerebro para aprender. Primero debe de existir un *estímulo del exterior* que llama la *atención* del sujeto, lo que ocasiona que se analice por áreas sensoriales de la corteza cerebral (*percepción sensorial*), para después pasar por un *filtro emocional* (sistema límbico), el cual etiqueta a la percepción del estímulo con emociones, las cuales hacen que la persona interprete el estímulo de bueno o malo, atractivo o

rechazable, interesante o aburrido; finalmente la percepción del estímulo llega a las *áreas de asociación* de la corteza cerebral donde ocurren los procesos mentales de razón y pensamiento y las funciones ejecutivas compleja, pasando finalmente al hipocampo y a otras partes del cerebro encargadas de los diferentes tipos de memoria [19, 25, 27], en la Figura 1 se esquematiza lo anterior.

Para que al estudiante le sea fácil construir en su estructura mental (cognitiva) el conocimiento que se quiere que aprenda, éste se tiene que impregnar de emociones que favorezcan al proceso de aprendizaje, como el interés, el asombro, la sorpresa, la curiosidad, entre otras. Hay que aclarar que esto es sólo para favorecer el VPA, *el fomentar emociones que favorezcan el aprendizaje del conocimiento en Física es el principio del proceso y una parte crucial para que el alumno comience su aprendizaje*, ya que muchas de las veces aun utilizando estrategias didácticas novedosas no se obtienen los resultados esperados, y en consecuencia no se logran los objetivos educacionales [28].



**FIGURA 1.** Esquema elaborado para representar pictóricamente la interpretación del proceso general de aprendizaje desde las neurociencias.

## F. Modelo didáctico a considerar

Cuando se estimula emocionalmente a los estudiantes se puede conseguir que el alumno construya sus conocimientos referentes a la Física; sin embargo, no es suficiente sólo con mejorar factores del dominio afectivo, hay que tener en cuenta un modelo didáctico que ayude a los estudiantes en su aprendizaje una vez que éstos ya estén dispuestos a construir su conocimiento. Por esta razón se escogió un modelo que es compatible y flexible con el fomento del VPA, además de que se ha demostrado su efectividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje cuando se aplica en un ambiente donde los estudiantes ya tenían la predisposición para

aprender [28], se trata del Aprendizaje Cooperativo.

Para poder entender el modelo didáctico del Aprendizaje Cooperativo, se puede caracterizar desde el rol o papel que desempeña el docente en el aula; tomando la perspectiva de del estudio realizado por Elizabeth Barkley y colaboradores, se tiene que en el aprendizaje cooperativo [28]: “El profesor conserva el tradicional doble papel de experto en la asignatura y autoridad en el aula. El profesor prepara y asigna tareas de grupo, controla el tiempo y los materiales y supervisa el aprendizaje de los alumnos observando si éstos trabajan en la tarea asignada y si los procesos de grupo funcionan bien.”

Además para aplicar de manera adecuada el aprendizaje cooperativo, los grupos de trabajo deben cumplir los siguientes 5 puntos [28]:

1. *Interdependencia positiva:* los logros de un estudiante están vinculados con los del equipo y los de su grupo, de esta forma los estudiantes están motivados a ayudarse entre ellos para el logro de los objetivos.
2. *Interacción promotora:* los estudiantes se ayudan y apoyan activamente entre sí, comparten recursos y herramientas para estimular los esfuerzos que hacen para aprender.
3. *Responsabilidad individual y de grupo:* se considera al equipo responsable de lograr sus objetivos educacionales. Cada miembro se compromete a realizar su parte del trabajo; se evalúa individualmente a los estudiantes.
4. *Desarrollo de las competencias de trabajo en equipo y de grupo:* los estudiantes deben de aprender la materia y también desarrollar destrezas y habilidades necesarias para actuar como parte de un equipo.
5. *Valoración del grupo:* los estudiantes deben de aprender a evaluar la efectividad de su grupo; juzgar que acciones de los miembros son útiles y cuáles no para el logro de sus objetivos, y con ello decidir lo que deben seguir haciendo y lo que ha de cambiar.

El docente por medio del VPA puede favorecer de manera indirecta el cumplimiento de los puntos anteriores, al estimular entre los estudiantes emociones que fomenten las actitudes de colaboración entre los alumnos, de satisfacción y aceptación de la estrategia de enseñanza basada en el aprendizaje cooperativo; en contraparte, al cumplir estos puntos se fomenta la disposición del estudiante para aprender los contenidos de la materia. Si alguno de los puntos anteriores no se cumple puede mermar de manera importante al VPA, ya que surgiría alguno de los problemas más comunes al no implementar de manera adecuada alguna estrategia basada en el aprendizaje cooperativo, por ejemplo [28]:

- Participación desigual.
- Resistencia de los estudiantes al trabajo en equipo.
- Comportamientos ajenos a la actividad.
- Equipos que no se llevan bien.
- Distintos niveles de capacidad.
- Problemas de inasistencia.
- Trampas por los estudiantes.

### III. ESTRUCTURA DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Para desarrollar una estrategia que favoreciera el VPA y que fomentara la construcción del conocimiento en los estudiantes de Física, se consultó el estudio realizado por Ken Bain [1], las sugerencias de Francisco Mora [19] para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y otros estudios en neurociencias [26]. La línea general de la estrategia didáctica es:

- A. Fomentar el VPA en cada clase.
- B. Aplicar actividades compatibles con el fomento del VPA y al mismo tiempo promuevan el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje en los estudiantes.
- C. Evaluar las actividades, ¿Se promovió el VPA? ¿Los objetivos de aprendizaje se cumplieron?

#### A. Fomento del VPA

Teniendo en cuenta la definición del VPA e interpretando lo escrito en Bain [1] y Mora [19], para que el docente fomente el VPA en las clases de Física, el profesor tiene que:

1. Involucrar emocionalmente a los estudiantes durante la clase.
2. Mostrar que se tiene como objetivo el aprendizaje.
3. Mostrar dominio de la temática que se enseña.

Puede resultar difícil involucrar emocionalmente a los estudiantes directamente con el conocimiento, sin embargo se ha demostrado que las actitudes mostradas por el profesor referentes a la temática que se enseña, como hacia los estudiantes, tiene una repercusión en sus creencias y emociones hacia el conocimiento, esto es debido a un sector específico del cerebro donde se encuentran lo que se conoce como *neuronas espejo* [26], estas neuronas permiten a una persona hacer propias las acciones, sensaciones, y emociones de los demás. Por lo que una forma para fomentar emociones que favorezcan la formación del VPA, es que el docente tenga actitudes empáticas con los alumnos, así como mostrar emociones como curiosidad, interés, sorpresa, al abordar los temas en cada clase.

También el docente puede utilizar algunas de las siguientes recomendaciones tomadas de Bain [1] y Mora [19], donde el profesor tiene que:

- Mostrar su lado humano, motivando a los estudiantes a ser reflexivos y honestos en la misma medida.
- Destacar lo que podría hacer atractivo al tema (Algo en relación a los intereses generales de los estudiantes o un hecho o situación fuera de lo común para los alumnos).
- Utilizar anécdotas con un contexto histórico o personal como ingrediente extra para la enseñanza de algún tema, mostrando el camino recorrido que se tuvo que andar para lograr un determinado conocimiento, destacando el lado humano de los personajes.
- Relacionar la temática específica con temas relevantes y sociales, como el sentido de la vida, la cultura en la que se está sumergido, del alcance del conocimiento, de los misterios aún por resolver, de la necesidad por entender todo.

#### *El vínculo profesor-alumno en las clases de Física de bachillerato*

En lo que respecta al segundo punto del fomento del VPA, antes de que el docente muestre que su objetivo es el aprendizaje, primero tienen que saber que se quiere que los estudiantes aprendan, ya que sin tener esto claro el proceso de enseñanza-aprendizaje puede convertirse en algo caótico y sin sentido. Por ello se propone utilizar la taxonomía propuesta por Lorin Anderson y colaboradores [29] para plantear los objetivos cognitivos que se quiere que los estudiantes logren en un curso, unidad, o temática.

El trabajo presentado en Anderson [29] consiste en una revisión de la taxonomía propuesta por Benjamín Bloom [30], con varias diferencias cruciales. En la taxonomía de Anderson se proponen 2 dimensiones: el conocimiento y los procesos cognitivos. La dimensión de conocimiento se subdivide en:

- A- Factual
- B- Conceptual
- C- Procesal
- D- Metacognitivo

La dimensión de procesos cognitivos se subdivide en:

- 1- Rememorar
- 2- Comprender
- 3- Aplicar
- 4- Analizar
- 5- Evaluar
- 6- Crear

La dimensión de conocimiento se puede interpretar como el tipo de conocimiento que se quiere que el estudiante aprenda o ya tiene, mientras que la de procesos cognitivos es lo que el estudiante hace con el conocimiento. Esta taxonomía es de gran utilidad para poder determinar los objetivos cognitivos generales y específicos del curso, unidad o temática en las asignaturas de Física, al ser mucho más específica que la de Bloom, lo que da la facilidad de centrar los objetivos de aprendizaje en la Física, y con ello favorecer los que ponen de manifiesto la forma de razonar y de actuar que se espera del estudiante.

Lo que se recomienda al plantear los objetivos de aprendizaje de algún curso es que se vaya de lo general a lo particular, donde lo general es lo que se espera de los estudiantes al finalizar un largo periodo de tiempo, como un mes, un semestre o un año, y lo particular es lo que se espera que el alumno aprenda en un par de semanas o clases. Los objetivos particulares deben de ser planteados de tal forma que un conjunto de ellos sirva para lograr uno general. He de aquí la importancia de que el docente debe de ser experto en la materia, pues para poder plantear y relacionar los objetivos generales y particulares del curso debe de conocer muy bien la temática, además de contar con un conocimiento metacognitivo y procesos cognitivos de alto nivel.

Una vez planteados los objetivos de aprendizaje hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones [1, 19] para que el docente muestre que su intención es que el estudiante aprenda los contenidos de la asignatura, estas recomendaciones consisten en que el profesor tiene que:

- Evitar objetivos que no tengan que ver con el curso.
- Esperar mucho de los alumnos, favoreciendo objetivos que ponen de manifiesto la forma de razonar y de actuar que se espera de los estudiantes.

- Siempre mostrar interés en que los estudiantes comprendan bien el significado de lo que se explica en clase de modo que aun tratándose de temas muy específicos, estos repercutan en su vida diaria y su personalidad.
- Mostrar confianza en los estudiantes con respecto a que de verdad desean aprender.
- Hacer ver a los estudiantes que parte del éxito como profesor está en el propio éxito del estudiante.
- Hacer partícipe al estudiante sobre lo que se le enseña para que se sienta crítico, evaluador y capaz de demostrar lo que ha aprendido.

En lo que respecta al último punto, donde el docente tiene que mostrar su dominio en la temática, lo que se recomienda es [1, 19]:

- Saber bien la materia y con ello desarrollar técnicas que permitan conocer a fondo principios fundamentales y conceptos organizativos que otros pueden utilizar para comenzar a construir su propia capacidad de comprensión y desarrollar sus capacidades.
- Tener una cultura general amplia, aun en campos del saber aparentemente distantes al suyo, para permitirle abordar explicaciones desde visiones diferentes.

## B. Actividades de Aprendizaje

Las actividades para el logro de los objetivos se basan en técnicas de aprendizaje cooperativo. Para trabajar bajo este modelo el grupo se divide en equipos de 4 a 5 integrantes según lo recomendado por Barkley [28]; los equipos pueden ser básicos, formales o informales, homogéneos o heterogéneos, dependiendo de lo que se quiere que el estudiante aprenda o desarrolle. Formados los equipos se asignan roles a los estudiantes, estos roles tienen el objetivo de responsabilizar a los estudiantes de su participación en el equipo, los roles pueden ser asignados por el profesor o que los mismos estudiantes los escojan. Después sigue la actividad de aprendizaje basada en alguna técnica de aprendizaje cooperativo (TAC). Para facilitar el uso de estas técnicas en su manual Barkley [28] las clasifica en las siguientes categorías:

- Dialogo
- Enseñanza Reciproca entre compañeros
- Resolución de problemas
- Organización de información gráfica
- Redacción

En el siguiente apartado se da una breve descripción de las TAC's que se utilizaron en la aplicación de la estrategia. De ser necesario, las TAC's se pueden combinar con otros modelos de aprendizaje para el logro de los objetivos educacionales, alguno de estos modelos son [31]: el modelo inductivo, adquisición de conceptos, integrativo, aprendizaje basado en problemas (ABP), instrucción directa, exposición-discusión.

Algo importante que hay que tener en cuenta, es que la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes y la asignación de la calificación deben de ser coherentes con la estrategia didáctica usada, por lo que para que tener una idea

de cómo evaluar los aprendizajes siguiendo esta estrategia, se muestra una propuesta en la siguiente subsección y en la IV sección, la cual sirvió para la recopilación de información acerca del aprendizaje logrado por los estudiantes.

## C. Evaluación de las actividades

Para evaluar cada actividad realizada, se propone contestar si ¿el o los objetivos de aprendizaje se lograron al finalizar la actividad? Existen diferentes formas o métodos para tener una respuesta; debido a la estructura de la estrategia didáctica que se propone, se sugiere utilizar el *portafolio de evidencias*, esta herramienta cumple con que el docente muestre a los estudiantes que su objetivo es el aprendizaje, ya que el portafolio incorpora la autorreflexión del estudiante sobre su propio aprendizaje y le da oportunidades para autoevaluar su propio crecimiento, ya que no es un producto aislado, y desde la perspectiva de Dewey mencionada por Klenowki [32], un portafolios puede ser una evidencia del progreso personal para usarse con propósitos de mejora, o para seleccionar el mejor trabajo y otorgar una calificación, por lo que el resultado es el logro conseguido de realizar los trabajos mas no el portafolios en sí. Esto hace al portafolio una herramienta útil para fomentar el VPA en las clases de Física y para evaluar el cumplimiento de los objetivos específicos de cada actividad que se realice en el aula.

Adicionalmente para corroborar si el VPA se fomenta en cada sesión, lo que se sugiere es que los alumnos de manera individual escriban y entreguen un comentario de la clase, destacando lo que aprendieron, lo que les gustó o no les gustó, así como a las emociones que sintieron.

Estos dos instrumentos, el portafolio y el comentario escrito, pueden ser de utilidad para modificar, si es necesario, la estrategia didáctica llevada hasta entonces, así como las actitudes reflejadas hacia los estudiantes y el contenido que se enseña, ya que permiten una retroalimentación directa con los estudiantes.

## IV. METODOLOGÍA

### A. Descripción general

Para corroborar la efectividad de la estrategia, ésta se aplicó a un grupo de 24 estudiantes que cursaban Física de bachillerato. La institución donde se realizó la práctica fue el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo turno matutino, con tres clases a la semana, dos de 2 horas y una de 1 hora. El periodo de la aplicación fue de 4 semanas, durante los meses de abril y mayo del 2015. La temática correspondió a la tercera unidad de Física II: Física y tecnologías contemporáneas, en los temas relacionados con el origen de la Mecánica Cuántica: Cuerpo Negro, Ley de Desplazamiento de Wien, efecto fotoeléctrico, espectros de emisión y absorción (EEA) y modelo atómico de Bohr. La distribución del tiempo para abordar los temas fue la siguiente:

1<sup>a</sup> semana: Cuerpo Negro y Ley de Desplazamiento de Wien.

2<sup>da</sup> semana: Efecto fotoeléctrico.

3<sup>ra</sup> semana: EEA y modelo atómico de Bohr.

4<sup>ta</sup> semana: Evaluación.

El primer objetivo de la aplicación consistió en determinar de manera cualitativa y comparativa si la estrategia fomenta el VPA. La forma de evaluar el establecimiento del VPA en las temáticas correspondientes, fue mediante el análisis del diario de clase de cada estudiante.

El segundo objetivo fue corroborar desde una perspectiva práctica la afirmación de que el VPA es un factor dinámico que tiene que ser fomentado constantemente por el profesor. En la temática correspondiente al efecto fotoeléctrico se aplicaron las actividades basadas en el aprendizaje cooperativo previstas, pero sin el fomento intencional del VPA por parte del docente; es decir, no se trató de involucrar emocionalmente a los alumnos en las clases, ni se mostró a los estudiantes que el objetivo del docente era el aprendizaje. Con esto, se esperaba una reducción importante en el porcentaje de alumnos en los que se estableció el VPA en la temática del efecto fotoeléctrico, comparado con los porcentajes obtenidos en los demás temas donde el docente fomentó intencionalmente el VPA; en caso de que el VPA no fuera un factor dinámico que hay que promover y renovar constantemente no existiría una diferencia notable en los porcentajes antes mencionados.

El tercer y último objetivo de la aplicación fue determinar de manera cualitativa y comparativa si el VPA favorece el aprendizaje de los estudiantes al facilitar el cumplimiento de los objetivos cognitivos de cada temática.

La estrategia didáctica adaptada para enseñar los contenidos de la unidad de física y tecnologías contemporáneas, se planteó en tres etapas: introducción, desarrollo y cierre. En la etapa de desarrollo se abordaron los diversos temas, las secuencias para enseñar cada tema se dividieron a su vez en tres etapas, introducción, desarrollo y cierre, al igual que la secuencia didáctica particular de cada clase. Enseguida se describen el enfoque y las actividades realizadas en estas etapas, destacando la forma en la que se fomentó o no el VPA.

Los estudiantes que participaron en la evaluación de la estrategia didáctica contaban con conocimientos básicos de electromagnetismo cuando se comenzó a trabajar con ellos, por lo que el enfoque que se adoptó fue el de la naturaleza de la luz, puesto que ya conocían que la luz era una onda (electromagnética). Para introducirlos a la unidad temática, el docente planteó en una discusión grupal las siguientes preguntas ¿cómo se origina la luz en la naturaleza? Y ¿cómo ésta interactúa con la materia? Éstas fueron las cuestiones centrales y el motivo para abordar la temática. Además se hizo alusión a la problemática que existía a finales del siglo XIX acerca de la naturaleza de la luz y su interacción con la materia, destacando las dificultades y contrariedades vividas por los científicos de aquel tiempo. En la discusión introductoria también se manejaron tres fenómenos referentes a la interacción de la luz con la materia presentes en la vida cotidiana, la reflexión, absorción y transmisión de la luz, explicando cada uno con ejemplos concretos: los colores de los objetos que se alumbran con luz blanca, los objetos translúcidos o los objetos con un color oscuro o

*El vínculo profesor-alumno en las clases de Física de bachillerato* negro. Al final de la discusión grupal se centró la atención en la “incandescencia” de los objetos a altas temperaturas, mencionando su uso común (lámparas incandescentes) y destacando que los físicos de finales del siglo XIX conocían este fenómeno, pero no tenían la más mínima idea de porque sucedía esto. La discusión sobre la incandescencia también fue la introducción al tema de cuerpo negro.

Hay que destacar que para fomentar el VPA tanto para la parte introductoria de la unidad como en los temas de cuerpo negro y ley de Wien, se recurrió a situar a los alumnos en el contexto histórico, utilizando anécdotas particulares de los científicos involucrados, mostrándolos como seres humanos expuestos a dificultades; mediante diversos ejemplos llamativos se conectaron los conceptos con experiencias personales de los estudiantes o con problemáticas relevantes en la sociedad, además el docente mostró emociones de interés, curiosidad, sorpresa y alegría que los estudiantes compartieron mientras se abordaba la temática correspondiente, y durante la interacción docente-alumno el profesor estuvo pendiente de la comprensión de los estudiantes.

## **B. Cuerpo Negro y Ley de Desplazamiento de Wien**

Una vez que se introdujo a los estudiantes al tema particular de cuerpo negro, se pasó a la etapa de desarrollo donde se utilizó la TAC de *grupos de discusión* [28] para que contestaran en equipo la siguiente pregunta como una actividad ¿Qué harías para saber que causa la incandescencia de los objetos? *Grupos de discusión* consiste básicamente en los que cada integrante del equipo aporta su punto de vista u opinión acerca de un tema o cuestión, además de que el profesor está pendiente de que la atención no se desvíe de la actividad y aporta ideas a los equipos si lo ve necesario. Al finalizar, cada equipo comentó su respuesta al grupo, el profesor enfatizó aquellos comentarios en los que se analizaba el comportamiento general de la radiación de los objetos incandescentes, de tal modo que la discusión se condujo a la necesidad de establecer un nuevo concepto, el de cuerpo negro. El concepto se construyó con ayuda del modelo de *adquisición de conceptos* [31] que se divide en 5 etapas: presentación de ejemplos, generación de hipótesis, ciclo de análisis, cierre y aplicación. En la última etapa se presentaron ejemplos concretos de objetos o dispositivos que pueden encajar con el concepto de cuerpo negro, relatando la historia de su invención, en el caso de los dispositivos, y destacando las complicaciones que los inventores tuvieron para crearlos, esto fue el cierre parcial del tema de cuerpo negro. Uno de los dispositivos mostrados a los estudiantes fue un foco incandescente conectado a un dimmer, que es un regulador de voltaje, para que observaran el cambio de color mientras aumenta la temperatura de la lámpara, esto se aprovechó para introducir a los estudiantes en el tema de la ley de desplazamiento de Wien, donde se explicó a los alumnos el comportamiento de la radiación con respecto a la longitud de onda, mostrando con ayuda de un CD que la luz emitida por el foco está compuesta por luz de diferentes longitudes de onda, y que mediante una gráfica de la intensidad de radiación contra la longitud de onda se podría

describir el comportamiento de la radiación a diferentes temperaturas, correlacionando la intensidad de radiación con la sensación de calor que sentían al acercar su mano a la lámpara incandescente cuando ésta estaba encendida.

En la etapa de desarrollo de la estrategia didáctica para enseñar la ley de Wien se planteó a los estudiantes la siguiente actividad, que consistió en contestar un conjunto de preguntas relacionadas con la ley de desplazamiento de Wien, usando la simulación “Cuerpo Negro” descargada de la plataforma “Phet” de la Universidad de Colorado [33], las preguntas estaban planteadas para que los estudiantes mediante la TAC *grupos de discusión* dedujeran cualitativamente el comportamiento del máximo de la curva formada al graficar la intensidad de radiación del cuerpo negro contra la longitud de onda con respecto a la temperatura. Terminada la actividad, a manera de cierre parcial, se les mostró y explicó la ecuación que representa la ley de Wien con el método de *exposición-discusión* [31], describiendo las aplicaciones que se le da a dicha ley en instrumentos tales como pirómetros o termómetros ópticos, cámaras térmicas, y sus usos en la industria, seguridad, seguridad sanitaria y medicina. Acabando la explicación se realizaron diferentes problemas donde se tenía que aplicar la ley de Wien para resolverlos, el docente a modo de modelo realizó un problema enfrente del grupo, después cada equipo resolvió diferentes problemas y expuso sus respuestas frente al grupo, recibiendo retroalimentación de sus compañeros y del docente.

Para el cierre de la sección de cuerpo negro y ley de Wien, en una discusión grupal se mostró a los estudiantes que todo lo que se había visto en clase los científicos de mediados y finales del siglo XIX tardaron años en plantearlo, además de que con esto se caracterizaba el fenómeno de la incandescencia de los objetos a altas temperaturas, pero que con esto aún los físicos no podía determinar qué era lo que lo causaba, sabían que tenía que ver con los átomos y la interacción entre ellos, hasta que un físico llamado Max Planck propuso que la energía de vibración de los átomos del cuerpo negro es múltiplo entero de cada frecuencia emitida multiplicada por una constante “ $h$ ”, la cual fue nombrada después como constante de Planck en su honor, se discutió también que implicaciones tenía su hipótesis en la radiación del cuerpo negro y cómo otros trataron de predecir el mismo comportamiento sin muchos resultados. Al final se les dejó investigar acerca de la vida de Planck, los percances y triunfos que tuvo, así como su contexto histórico-social, con el objetivo de mostrarles que además de ser un científico también era un ser humano con una vida, y que como todos tuvo problemas, percances y triunfos, la información que recabaron se discutió al inicio de la siguiente clase.

### C. Efecto fotoeléctrico

A diferencia de la temática de cuerpo negro y ley de Wien, para el tema de efecto fotoeléctrico no se fomentó intencionalmente el VPA en los estudiantes, ya que no se presentaron y realizaron las actividades con una introducción anecdótica que presentará a las personas involucradas en el descubrimiento y explicación del efecto fotoeléctrico como

seres humanos con un contexto histórico, social y cultural, se utilizaron pocos ejemplos llamativos, no se relacionó la temática con su vida cotidiana, el docente no demostró su interés en que comprendieran al limitarse a aclarar las dudas de aquellos que lo cuestionaban sobre la temática, y salvo que el docente siempre mostro una actitud alegre durante las clases, no mostró entusiasmo, curiosidad, interés en las sesiones donde se trató el tema de efecto fotoeléctrico. El docente sólo se limitó a que los estudiantes realizaran las actividades planeadas que se describen a continuación.

La introducción de la temática se realizó con la TAC *rueda de ideas*, donde los estudiantes tenían que responder en orden a la pregunta ¿qué es el efecto fotoeléctrico? con una palabra, expresión o enunciado corto, sin que se repitiera más de tres veces una palabra o expresión, el profesor categorizaba las respuestas en el pizarrón destacando aquellas que se acercaran a la descripción del efecto fotoeléctrico y a las variables físicas que lo describían, además de que la *rueda de ideas* sirvió para determinar los conocimientos previos de los estudiantes acerca del tema y considerarlos en el desarrollo de las siguientes actividades.

Para que los estudiantes comprendieran el efecto fotoeléctrico, en la etapa de desarrollo se planteó una actividad con ayuda de la simulación digital del efecto fotoeléctrico, descargada de la plataforma Phet de la Universidad de Colorado [33], se les explicó a los estudiantes que aquella aplicación modelaba muy bien el fenómeno, en qué consistía cada parte y que variables se podía modificar. La actividad consistió que en *grupos de discusión* contestaran qué ocurre con los electrones de la superficie del metal cuando: se hace incidir luz de diferentes longitudes de onda; dejando el haz en una longitud de onda donde no hay emisión de electrones y se varía la intensidad del haz; colocando el haz en una longitud de onda donde hay emisión de electrones y se varía la intensidad del haz. Al finalizar la discusión cada equipo comentó sus respuestas al grupo, y con ayuda del docente describieron las características del efecto fotoeléctrico en el pizarrón.

Después mediante el método de *exposición-discusión* [31] el docente explicó por qué el efecto fotoeléctrico no pudo ser explicado satisfactoriamente hasta suponer que la luz era una partícula cuya energía cinética es igual a la constante de Plank multiplicada por su frecuencia, al finalizar el docente enseñó a los estudiantes cómo aplicar esta hipótesis en la solución de problemas mediante *instrucción directa* [31] para que enseguida solucionaran por equipo algunos de estos problemas utilizando la TAC de *grupos de discusión*, los alumnos expusieron sus respuestas al grupo para retroalimentación.

Para el cierre de la temática de efecto fotoeléctrico se realizó una actividad que fue una modificación a la TAC *celdas de aprendizaje*, en ella cada equipo tenía que formular dos preguntas acerca de la temática vista y escribirlas en una hoja blanca, de tal forma que de la primera pregunta tenían que saber su respuesta, y la segunda cuestión era acerca de algo que no hubiera quedado claro o no hubieran entendido del tema. Después de escribir las preguntas, cada equipo intercambió sus cuestiones con otro equipo para que éste respondiera las interrogantes, al finalizar hubo una

retroalimentación entre los equipos referente a sus respuestas, El docente respondió frente al grupo aquellas preguntas que los estudiantes no pudieron responder, dando por terminado el tema.

#### D. Espectros de emisión y modelo atómico de Bohr

Al igual que en el tema de cuerpo negro y ley de Wien, en espectros de emisión y modelo atómico de Bohr el docente fomentó intencionalmente el VPA, como se describió anteriormente para el tema del cuerpo negro y la ley de Wien.

La introducción al tema se realizó planteando al grupo la pregunta ¿cómo identificarías un elemento químico? donde cada equipo mediante la TAC de *grupos de discusión* elaboraron una respuesta que expusieron al grupo, el profesor contextualizó sus respuestas con la metodología seguida desde los alquimistas de la edad media hasta los químicos del siglo XIX, se comentó que existía un estancamiento debido a la metodología para la identificación de los elementos, hasta que Gustav Kirchhoff junto con Robert Bunsen idearon la base de lo que hoy en día se conoce como espectroscopia de materiales, mientras se contaban anécdotas de estos científicos combinadas con la metodología y los instrumentos que crearon, mediante un experimento demostrativo se quemaron diferentes compuestos químicos fáciles de obtener, como el óxido de cobre o el hidróxido de sodio, exhibiendo el cambio de color en la llama del mechero de Bunsen, centrando la conversación en que una manera muy precisa para identificar un elemento químico es analizar la luz de la flama que se genera al quemarlo. Después se abordó el concepto de espectro de emisión mostrando a los estudiantes diferentes espectros de emisión, denotando que cada elemento químico tiene un único espectro de emisión y que para generarlo existían diferentes métodos además de exponer los materiales al fuego.

En el desarrollo de la estrategia los estudiantes, por equipo elaboraron un espectrógrafo con un CD o DVD, el cual se ocupó para observar el espectro de emisión de una lámpara ahorradora, de un foco incandescente y el de la luz solar indirecta, como parte de la actividad fotografiaron con sus celulares cada espectro visto con su dispositivo. Al finalizar la actividad se explicó el funcionamiento de la lámpara ahorradora, los beneficios que tiene en comparación con las lámparas incandescentes, así como sus usos en la industria del entretenimiento, en los hogares y e incluso en laboratorios de investigación para la esterilización de materiales.

El docente *con el método de exposición-discusión* señaló que a pesar de que a finales del siglo XIX los espectros de emisión eran bastamente conocidos por los físicos y químicos de la época, no tenían una mínima idea de por qué se generaban, y que claramente la resolución de esta incógnita daría la pauta para responder las cuestiones que se plantearon al principio de la unidad. El profesor dirigió la discusión a que los estudiantes se fijaran que la respuesta a las incógnitas sobre el origen y la interacción de la luz con la materia está relacionada con la estructura del átomo, por lo

*El vínculo profesor-alumno en las clases de Física de bachillerato*

que se les preguntó a los estudiantes sobre los modelos atómicos que conocían o habían escuchado hablar.

En la actividad que prosiguió a la exploración de las ideas previas, se utilizó una modificación de la TAC *rompecabezas*, durante esta actividad se le asignó a cada equipo un modelo atómico, el cual tenían que explicar en la siguiente clase a sus compañeros mediante un dibujo en el pizarrón que representara al modelo asignado. El docente dio indicaciones para que cada equipo realizara su dibujo en una sección del pizarrón, durante las explicaciones de los equipos sobre su modelo atómico, el profesor complementaba o corregía la información de una manera sutil y amable. Para finalizar el tema de espectros de emisión y modelo atómico de Bohr, mediante el método *exposición-discusión* el profesor explicó a los alumnos la importancia del modelo atómico propuesto por Bohr, al ser el primer modelo en dar una explicación sobre la naturaleza de los espectros de emisión, argumentando que este modelo predice muy bien el espectro de emisión del hidrogeno, lo que se aprovechó para que los alumnos resolvieran problemas acerca de la frecuencia de emisión del átomo de hidrogeno con el modelo atómico de Bohr.

En el cierre de la unidad, mediante el método *exposición-discusión* el docente destacó los hechos relevantes que permitieron a Bohr proponer su modelo, así como algunas cuestiones que este modelo no pudo resolver, como el salto cuántico o que no predecía de manera precisa otros espectros de emisión, entre otros fenómenos que después se descubrieron, pero que junto a los físicos de principios del siglo XIX contribuyó a los cimientos de lo que hoy se conoce como Mecánica Cuántica. Al final los alumnos vieron el documental “The quantum tamers: revealing our weird and wired future” del Perimeter Institute for Theoretical Physics, traducido al castellano como “Revolución Cuántica”, esto con la intención de que se dieran una idea de que lo visto en clase era solo el principio de algo mucho más extenso.

Cabe señalar que en todas las actividades descritas, los equipos elaboraron un portafolio de evidencias, el cual sirvió para la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes. Además del portafolio, se consideró un examen con preguntas abiertas poder evaluar la estrategia didáctica, en el siguiente apartado se describe en que consistió el examen.

#### V. RESULTADOS

Para evaluar el aprendizaje logrado por los estudiantes referente a la disciplina, se aplicó un examen al finalizar la estrategia (ver apéndice B). El examen es una adaptación del examen propuesto por Frago [34], consiste en una serie de preguntas abiertas referentes a la temática tratada, así como a los diferentes tipos de conocimiento y procesos cognitivos. Se asignó un puntaje a cada pregunta, el cual es mostrado en la Tabla I, la asignación del puntaje dependió del proceso cognitivo requerido para contestar la pregunta. De la serie de preguntas los alumnos escogieron en primer lugar, aquellas que no les resultaran difíciles de contestar y que tuvieran la seguridad de que su respuesta fuera correcta, con la restricción de que la suma de puntos de las preguntas en total

diera 20, esto con el fin de que discriminaran aquellas preguntas que no tuvieran seguridad en contestar y no reflejaran lo que de verdad aprendieron. El examen se entregó por equipos una semana después. Para corroborar que el estudiante logró el aprendizaje reflejado en el examen escrito, se realizó una entrevista a cada equipo referente a sus respuestas, verificando de manera individual el tipo de conocimiento logrado por cada estudiante y los procesos cognitivos desarrollados.

**TABLA I.** Puntuaciones asignadas según el proceso cognitivo que demandaba la pregunta.

Proceso cognitivo	Puntuación asignada
Rememorar	1 pt.
Comprender	2 pts.
Aplicar	3 pts.
Analizar	4 pts.
Evaluar	5 pts.

Los resultados de la evaluación de la propuesta se muestran en las Tablas II y III. En la Tabla II, se muestra el porcentaje de estudiantes en los que se fomentó el VPA. En la Tabla III se muestra el porcentaje de estudiantes que desarrollaron diferentes conocimientos y procesos cognitivos.

Para determinar el porcentaje de estudiantes en los que se favoreció el VPA se analizaron cualitativamente los diarios de clase de cada estudiante en las temáticas correspondientes, se consideró que se desarrolló el VPA, en aquellos estudiantes cuyos comentarios reflejaron que se fomentó su disposición para aprender la temática y así como su aceptación del profesor como el mediador entre él y el conocimiento; algunos de estos comentarios fueron:

“Me gustó mucho la última clase por: el trabajo en equipo, pasar al pizarrón, los minutos de descanso... creo que si seguimos en un trabajo constante podremos llegar a obtener buenos conocimientos, muy buen trabajo maestro.”  
 “...me pareció que el profesor tiene una buena disposición para enseñarnos y estar en el grupo...”

**TABLA II.** Porcentaje de estudiantes en los que se fomentó el VPA en la temática correspondiente.

Temática	% de estudiantes en los que se desarrolló el VPA
Cuerpo negro y ley de Wien	75.0
Efecto fotoeléctrico	8.3
EEA y modelo atómico de Bohr	79.2

“Esta primera clase con el maestro me pareció interesante... me gusto la clase, ya que nos da momentos para relajarnos y no sea tediosa, lo cual son buenas tácticas para un buen aprendizaje...”

Los cuales difieren de aquellos comentarios en los que se consideró que no se fomentó el VPA en el estudiante, algunos ejemplos de éstos son:

“Me sentí algo cansada y sin comprender... eran demasiadas ideas diferentes juntas sobre el mismo tema y ejemplo...”

“La clase la verdad no me gustó porque me confundió mucho y no le entendí, también me aburrí y me dio mucho sueño...”

Con los resultados de la Tabla II, se pudo corroborar de manera cualitativa que la estrategia que se propone favorece el establecimiento del VPA, además de que éste es un factor dinámico que tiene que ser fomentado constantemente por el profesor, lo cual se ve reflejado en la disminución del porcentaje de estudiantes en los que se estableció el VPA, en el temática del efecto fotoeléctrico.

**TABLA III.** Dimensiones de conocimiento y procesos cognitivos que los estudiantes desarrollaron en la temática señalada.

Temática	Dimensión de Conocimiento	Procesos Cognitivos	% de estudiantes
Cuerpo negro y ley de Wien	Factual	Recordar	16.6
	Conceptual y procesal	Comprensión y aplicación	79.2
Efecto fotoeléctrico	Procesal	Aplicación y análisis	12.5
	Conceptual	Comprensión y aplicación	25.0
EEA y modelo atómico de Bohr	Conceptual y procesal	Comprensión y análisis	70.8
	Conceptual	Comprensión	8.3

En la Tabla III se presentan los resultados obtenidos al implementar la estrategia didáctica, relacionados al logro de los objetivos cognitivos considerados (ver apéndice A). Al comparar los porcentajes mostrados en las Tablas II y III, se puede afirmar que el VPA es un factor que contribuye a facilitar el aprendizaje en los estudiantes, pero no es crucial para éste, dado que algunos estudiantes lograron un conocimiento procesal y conceptual sin el establecimiento del VPA. Sin embargo, el VPA es necesario para aumentar el porcentaje de estudiantes que logran un conocimiento conceptual con procesos cognitivos de comprensión y aplicación en temáticas referentes a la Física.

Con la aplicación de la estrategia didáctica, se alcanzaron objetivos cognitivos superiores a los que se pueden interpretar de manera literal en el programa de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades [35], dado que la demanda cognitiva que se requería de los estudiantes para la aplicación de la estrategia didáctica fue superior, esto se muestra en la Tabla IV.

Considerando los resultados mostrados en la Tabla IV, se pueden hacer las siguientes preguntas, ¿los programas de estudio del bachillerato general en las materias de Física son acordes al potencial cognitivo de los estudiantes? ¿Los profesores están limitando el aprendizaje de los estudiantes de bachillerato?

**TABLA IV.** Comparación entre las dimensiones de conocimiento (D. de C.) y procesos cognitivos desarrolladas con la estrategia didáctica y lo que el programa de estudios del Colegio pide a los estudiantes referente a la temática correspondiente.

Temática	Lo que se obtuvo		Lo que pide el programa	
	D. de C.	Procesos Cognitivos	D. de C.	Procesos Cognitivos
Cuerpo negro y ley de Wien	Factual	Recordar	Factual	Identificar
	Conceptual y procesal	Comprensión y aplicación		
Efecto fotoeléctrico	Procesal	Aplicación y análisis	Factual	Comprender
	Conceptual	Comprensión y aplicación		
EEA y modelo atómico de Bohr	Conceptual y procesal	Comprensión y análisis	Factual y Conceptual	Comprender
	Conceptual	Comprensión		

## V. CONCLUSIONES

La estrategia propuesta efectivamente fomenta el VPA en un porcentaje alto de estudiantes, también se tiene que el VPA es un factor que ayuda a facilitar el aprendizaje del conocimiento conceptual de la Física, su fomento no es una condición suficiente para que el estudiante aprenda, ya que hay que tener en cuenta el modelo didáctico para enseñar el contenido disciplinar; sin embargo es necesario para facilitar el aprendizaje a un porcentaje alto de estudiantes.

En este trabajo la forma de evaluar el VPA fue limitada, por lo que en futuros estudios se deben considerar instrumentos más completos que arrojen datos cuantitativos referentes al VPA. Para elaborar instrumentos que evalúen el VPA, se pueden utilizar cuestionarios ya existentes que midan otros factores del dominio afectivo involucrados directamente con el VPA, como aquellos que miden el ambiente en el aula o la autoeficacia del estudiante respecto al aprendizaje de la física. En estos futuros estudios, otra manera de evaluar la contribución del VPA al aprendizaje, será usar el recurso de un grupo testigo, para comparar el aprendizaje entre dos grupos, uno en el que se aplique la estrategia completa, tal como se mostró en este trabajo y otro en el que se desarrollen las secuencias didácticas de los mismos temas, sin usar los recursos que fomentan el VPA, esto nos permitiría corroborar la conclusión de que el VPA es un factor del dominio afectivo necesario para facilitar el aprendizaje a un porcentaje alto de estudiantes.

Además, hay que considerar el aplicar la estrategia didáctica a un número mayor de grupos para poder desarrollar una estadística confiable que sirva para validar los instrumentos de evaluación y corroborar su confiabilidad.

El desarrollo de VPA puede resultar difícil de fomentar en cierto porcentaje de los estudiantes, pues existen otros factores que el docente no puede controlar y que merman el VPA al influir directamente en el estudiante, como lo es el contexto sociocultural.

Se concluye que para mejorar la docencia de la Física es importante considerar la relación de los factores del dominio

*El vínculo profesor-alumno en las clases de Física de bachillerato afectivo y cognitivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que el descuido de alguno de estos dominios puede dificultar en gran medida el aprendizaje de los estudiantes.*

## AGRADECIMIENTOS

El autor principal del presente artículo agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico recibido durante la realización del trabajo. Asimismo agradece el apoyo económico otorgado por la Universidad Nacional Autónoma México a través del Programa de Apoyo a Estudios de Posgrado (PAEP).

## REFERENCIAS

- [1] Bain K., *What the Best Collage Teachers Do*. Massachusetts, (Harvard University Press, USA, 2004).
- [2] Docktor J. and Mestre J., *Synthesis of discipline-based education research in physics*, Physical Review Physics Education Research **10**, 1-58 (2014).
- [3] Hernández C. y Yaya R., *Una propuesta constructivista para la enseñanza de la física*, Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación **1**, 53-68 (2010).
- [4] Corona C., *Opciones Newtonianas de estudiantes no-Newtonianos, análisis de alumnos Universitarios: FCI*, Latin American Journal of Physics Education **4**, 422-428, (2010).
- [5] Haulloun I. and Hestenes D., *The inicial knowledge state of collage physics students*, American Journal of Physics **53**, 1043-1055 (1985).
- [6] Gil D., Martínez J. y Senent F., *El fracaso en la resolución de problemas de Física: Una investigación orientada por nuevos supuestos*, Enseñanza de las Ciencias **6**, 131-146 (1988).
- [7] Otero M., *Emociones, Sentimiento y Razonamientos en Didáctica de las Ciencias*, Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias **1**, 24-53 (2006).
- [8] Mellado, V., et al., *Las emociones en la enseñanza de las ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **32.3**, 11-36, (2014).
- [9] Ertmer P. and Newby T., *Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective*, Performance Improvement Quarterly **6**, 50-71 (1993).
- [10] Monroy M., Contreras O. y Desatnik O., *Psicología Educativa*, (FES Iztacala UNAM, México, 2009).
- [11] Rosas R. y Sebastián C., *Piaget, Vigotski, y Maturana. Constructivismo a tres voces*, 1<sup>ra</sup> ed. (Aique Grupo Editor, Buenos Aires, 2008).
- [12] Paniagua A. et al., *Modelo de estructura cognoscitiva desde el punto de vista de la Teoría Reformulada de la Asimilación*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **7**(1), (2008).
- [13] Paniagua A., *Reformulación de la Teoría de la Asimilación de Ausubel y la construcción de un Modelo de Estructura Cognitiva que sirve de base para el desarrollo de un formato de material de aprendizaje potencialmente significativo a ser difundido por la Red Internet (FMAPS-* <http://www.lajpe.org>

INTERNET), tesis doctoral. (Programa internacional de doctorado, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Mérida, Venezuela, 2011).

[14] Cervantes E. y Gutiérrez P., *Actitudes de los estudiantes de bachillerato ante la educación científica*, (trabajo presentado en el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, Buenos Aires, Argentina 2014). Recuperado de:

<<http://www.oei.es/congreso2014/memoriactei/841.pdf>>

[15] Polino C. y Chiappe D., *Informe del Proyecto: Percepción de los Jóvenes sobre la ciencia y la profesión científica*, (2009). Recuperado de:

<[http://observatorioocts.org/files/Archivo%20Documental/Documentos%20de%20proyectos/percepcion\\_de\\_los\\_jovenes\\_bsas.pdf](http://observatorioocts.org/files/Archivo%20Documental/Documentos%20de%20proyectos/percepcion_de_los_jovenes_bsas.pdf)> Consultado el 29 de febrero del 2016.

[16] Solbes J., Montserrat R. y Furió C., *El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza*, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* **21**, 91-117 (2007).

[17] Carrascosa J., *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **2**, 183-208 (2005).

[18] Gil N., Blanco L. y Guerrero E., *El dominio afectivo en el aprendizaje de las Matemáticas. Una revisión de sus descriptores básicos*, *Revista Iberoamericana de educación matemática* **2**, 15-32 (2005).

[19] Mora F., *Neuroeducación: sólo se aprende lo que se ama*, 1ª ed. (Alianza, España, 2013).

[20] García B., *Las dimensiones afectivas de la docencia*, *Revista Digital Universitaria* **10**, 1-14 (2009).

[21] Bisquerra, R., *Educación emocional y bienestar*, (Praxis, Barcelona, 2000).

[22] Lehrer J., *Cómo decidimos: Y como tomar mejores decisiones*, 1ª ed. (Paidós, España, 2011)

[23] Villegas M., *La psicología humanista: historia, concepto y método*, *Anuario de Psicología* **35**, 8-45 (Universidad de Barcelona, 1986).

[24] Sebastián J., *Psicología Humanista y Educación*, *Anuario de Psicología* **35**, 85-102 (Universidad de Barcelona, 1986).

[25] Burin D., *Cognición y emoción: una visión neurocognitiva*, *Subjetividad y Procesos Cognitivos*, 19-33 (2002).

[26] Morris M., *La Neuroeducación en el aula: neuronas espejo y la empatía docente*, *La Vida y la Historia* **3**, 7-18 (2014).

[27] Solís H. y López E., *Neuroanatomía funcional de la memoria*, *Archivos de Neurociencias* **14**, 176-187 (2009).

[28] Barkley E. et al., *Técnicas de aprendizaje colaborativo: Manual para el profesorado universitario*, (Morata, España, 2007).

[29] Anderson, L. (Ed.), Krathwohl, D. (Ed.), Airasian, P. et al., *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Complete edition, (Longman, New York, 2001).

[30] Bloom B. et al., *Taxonomía de los objetivos de la educación: la clasificación de las metas educacionales: manuales I y II*, (El Ateo, México, 1989).

[31] D. Eggen P. and P. Kauchk D., *Estrategias docentes: Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*, 3ª ed. (Fondo de Cultura Económica, México, 2009).

[32] Klenowski V., *Desarrollo de portafolios para el aprendizaje y la evaluación: procesos y principios*, 2ª ed. (Narcea, Madrid, 2005).

[33] Simuladores Java de fenómenos físicos, recuperados de: <<https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/physics>> Consultado el 23 de mayo del 2016.

[34] Frago J. A., *Implementación de tecnologías de fácil acceso en el desarrollo de prácticas de laboratorio en los cursos de Física I y II del Colegio de Ciencias y Humanidades*, reporte de actividad de apoyo a la docencia para obtener el grado de Físico, (Facultad de Ciencias, UNAM, 2013).

[35] Programas de Estudio de Física I a IV del Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperados de <[http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan\\_estudio/mapa\\_fisica.pdf](http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio/mapa_fisica.pdf)> Consultado el 23 de mayo del 2016.

## APENDICE A

Se muestran los objetivos cognitivos propuestos para la aplicación de la estrategia didáctica, están separados por temática, fueron planteados siguiendo el programa de estudios del CCH. Para cada tema, los objetivos consisten en que los estudiantes:

Cuerpo Negro y Ley de Wien

- Representen de forma esquemática y verbal el concepto de cuerpo negro. (Conceptual)
- Interpreten la ley de Wien. (Conceptual)
- Apliquen la ley de Wien en la solución de problemas. (Conceptual y procedimental)
- Reconozcan la hipótesis que hizo de Planck para explicar la radiación del cuerpo negro. (Factual)

Efecto fotoeléctrico

- Ejemplifiquen de forma esquemática el efecto fotoeléctrico. (Conceptual)
- Expliquen con ayuda de la hipótesis de Einstein (la luz como partícula, fotón, y que la energía de un fotón es  $E=hf$ ) el efecto fotoeléctrico. (Conceptual)
- Implementen la hipótesis de Einstein ( $E=hf$ ) en la resolución de problemas. (Conceptual y Procedimental)

Espectros de emisión y absorción (EEA) y modelo atómico de Bohr.

- Expliquen a través del modelo atómico de Bohr los espectros de emisión y absorción. (Conceptual)
- Interpreten de forma esquemática el modelo atómico de Bohr. (Conceptual)
- Diferencien los distintos modelos atómicos del modelo de Bohr. (Análisis)

## APRENDICE B

En este apartado se muestran las preguntas del examen que se aplicó a los estudiantes al finalizar la estrategia didáctica.

Preguntas.

Cuerpo negro y ley de Wien

- Describe con tus palabras ¿qué es el cuerpo negro y cómo se puede aproximar? (2pt.)
- ¿Qué forma tiene la gráfica de la intensidad de radiación del cuerpo negro en función de la longitud de onda y qué información puedes obtener a partir de ella? (2pt.)
- Describe de forma general el comportamiento del cuerpo negro con relación a su temperatura. (2pt.)
- ¿Qué es lo que afirma la ley de desplazamiento de Wien y qué aplicaciones tiene? (2pt.)
- ¿Qué hipótesis hizo Planck para describir el comportamiento de la radiación del cuerpo negro? (1pt.)
- Ramoncito fue a un observatorio para admirar las estrellas, mientras observaba el cielo con el telescopio del observatorio observó que algunas estrellas se veían rojas y otras de color azul. Debido a que Ramoncito nunca había visto esto le preguntó al encargado del observatorio el por qué esas estrellas tenían diferentes colores, el encargado le respondió que era por su temperatura. Si es correcto lo que le dijeron a Ramoncito ¿qué estrellas tienen una mayor temperatura, las que se ven color rojo o las de color azul? Sí la longitud de onda predominante de una estrella que vio Ramoncito es de 470nm ¿qué temperatura aproximadamente tiene esa estrella? (3pt.)

Efecto fotoeléctrico

- ¿Qué variables físicas describen al efecto fotoeléctrico? (2pt.)
- ¿De qué depende que una placa metálica emita electrones al hacer incidir en su superficie luz de un solo color? Explica tu respuesta. (3pt.)
- Ordena de mayor a menor según su energía a los siguientes haces de luz de colores: rojo, azul, verde, naranja, amarillo. Explica tu respuesta. (3pt.)
- Describe de manera detallada que ocurre en el efecto fotoeléctrico. (3pt.)
- La energía necesaria para arrancar un electrón de la superficie de una placa de sodio es de  $3.96 \times 10^{-19}$  J, teniendo esto en cuenta ¿cuál es la frecuencia de la luz a la

*El vínculo profesor-alumno en las clases de Física de bachillerato*

cual la placa de sodio empezará a emitir electrones si se alumbró con ella? (5pt.)

- Se alumbró una placa de Zinc con una luz cuya longitud de onda es de 400nm, se conoce que la energía necesaria para arrancar electrones de una placa de Zinc es de  $6.4 \times 10^{-19}$  J, la pregunta es ¿la placa al ser alumbrada con esta luz de color violeta emitirá electrones? En caso de que emita electrones calcule la energía cinética de los electrones emitidos por la placa. (5pt.)

Espectros de emisión y absorción y modelo atómico de Bohr

- Explica con tus palabras que es un espectro de emisión. (2pt.)
- Explica con tus palabras que es un espectro de absorción. (2pt.)
- Describe un método para observar el espectro de emisión de un gas. (3pt.)
- ¿Puede pasar que dos gases distintos emitan el mismo espectro de emisión? Explica tu respuesta. (2pt.)
- ¿Las longitudes de onda observadas en un espectro de emisión de un determinado gas son las mismas que faltan en su espectro de absorción? Explica tu respuesta. (2pt.)
- Describe con tus palabras los postulados del modelo atómico de Bohr. (2pt.)
- Explique ¿por qué en el espectro del átomo de Hidrógeno se pueden observar muchas líneas de emisión? (3pt.)
- Describe al menos tres modelos atómicos con sus características y menciona sus diferencias principales. (2pt.)
- El modelo atómico de Bohr afirma que los electrones giran alrededor del núcleo como lo hacen los planetas alrededor del sol, esta afirmación ¿es cierta o falsa? Explica tu respuesta. (4pt.)
- Explica desde el punto de vista del modelo atómico de Bohr cómo es que se produce el espectro de emisión de un gas. (3pt.)
- Explica desde el punto de vista del modelo atómico de Bohr cómo es que se produce el espectro de absorción de un gas. (3pt.)
- ¿Qué energía tendría el electrón del átomo de hidrógeno estando en el cuarto orbital? Sí el mismo electrón perdiera energía y pasara al tercer orbital qué longitud de onda tendría el fotón emitido por la pérdida de energía del electrón? (5pt.)