

Efectividad de las actividades experimentales demostrativas como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en los estudiantes de fundamentos de Física del IPC

Effectiveness of the experimental demonstration activities as a strategy for the understanding the concept of Newton's third law in students of the physical basis of the IPC

José Ferreira (1)

ferreiraj@usb.ve

Romel Rodríguez (2)

romanreyesupel@hotmail.com

(1) Universidad Simón Bolívar

(2) Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Instituto Pedagógico de Caracas

RESUMEN

La investigación consistió en determinar la efectividad de las actividades experimentales demostrativas (AED) como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton. Los referentes teóricos son, la comprensión conceptual, las AED y la tercera ley de Newton. La investigación fue un estudio de campo de tipo descriptivo e interpretativo bajo la modalidad de Proyecto Factible, con un diseño cuasiexperimental de tipo prepueba-posprueba contándose con un grupo control y un grupo experimental. Se obtuvo que los docentes de física del IPC fundamentan sus clases en la resolución de problemas y en las clases magistrales, Además se pudo evidenciar una mejoría en la comprensión de la tercera ley de Newton por parte de los alumnos del grupo experimental, en comparación con los del grupo control cuando se aplican las AED. En conclusión, las AED influyen positivamente en la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton.

Palabras clave: *Actividades experimentales demostrativas; Comprensión Conceptual; tercera ley de Newton*

ABSTRACT

The investigation was to determine the effectiveness of the Experimental Demonstration Activities (EDA) as a teaching strategy for conceptual understanding of Newton's third law. The theoretical reference points are conceptual understanding, the EDA and the third law of Newton. The research was a field study of descriptive and interpretive in the form of Feasible Project, a quasi-experimental design type telling prepuebaposttest with a control group and an experimental group. It was found that physics teachers based IPC classes in problem solving and in lectures, also became evident in improved understanding of Newton's third law by students in the experimental group, compared with the control group when applying the AED. In conclusion, the AED positively influence the conceptual understanding of Newton's third law.

Key words: *Experimental demonstration activities; conceptual understanding; Newton's third law*

INTRODUCCIÓN

Es evidente la existencia de una dificultad generalizada que se presenta entre los estudiantes con respecto al aprendizaje de la Física. Parte del problema está relacionado con la complejidad inherente al estudio de esta ciencia, ya que en muchos casos se elaboran conceptos que resultan ser abstractos para el estudiante, en el sentido de que éste no tiene un referente al cual acudir. Esta es una situación que origina, en la mayoría de los casos, una actitud de apatía hacia el estudio de esta disciplina y que indudablemente afecta el rendimiento académico.

Enfrentar al estudiante al fenómeno físico sería una estrategia para que éste se formule la pregunta del por qué de ese fenómeno y que la respuesta se convierta en la motivación para la elaboración de un formalismo. Es aquí donde la experimentación se convierte en un recurso didáctico valioso en el proceso de aprendizaje. Aunque existen numerosas propuestas en esta dirección, muchas de ellas requieren elementos y montajes de cierta complejidad.

En el trabajo se propone el empleo de las *actividades experimentales demostrativas* dentro de los cursos teóricos de Física del IPC, como una herramienta para mejorar la comprensión conceptual de los distintos tópicos desarrollados en los mismos. De esta forma, la experimentación puede ser aprovechada por los docentes como una herramienta que le permita abordar la formalización de conceptos, teniendo como referencia lo observado por los alumnos.

A continuación se presentan algunos elementos fundamentales que sirven de fundamentación para el desarrollo del presente trabajo.

Estrategias de enseñanza empleadas en las clases de Física

Un factor importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje son las estrategias utilizadas por los docentes, estas van enfocadas a que el estudiante logre comprender un determinado concepto en un momento y lugar determinado. Según García y Cañal (1995), las estrategias de enseñanza se concretan en actividades de enseñanza en las que se maneja información procedente de determinadas fuentes, procedimientos concretos que están asociados a ciertos medios didácticos en función de unas metas explícitas o implícitas.

En el caso específico de la enseñanza de la Física, hoy en día han permanecido una serie de estrategias de enseñanza utilizadas por los docentes, que han marcado fuertemente la mayoría de las clases de Física, tales como: la resolución de problemas, las clases magistrales y el trabajo de laboratorio.

A continuación se describen aspectos que caracterizan dichas estrategias:

- Solución de problemas. De acuerdo con Bascones (2001), desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, la resolución de problemas ha sido estudiada a través de diversos enfoques: como estrategia para generar cambios conceptuales; como capacidad

relacionada con la organización y estructuración de la información en la mente; como proceso; que puede ser enseñado a los novatos, a partir del cómo los expertos resuelven problemas; y el diseño de heurísticas que los guíen en la resolución de problemas; como una forma para desarrollar la creatividad.

Una de las metas más relevantes de la educación en Física es que los estudiantes sean capaces de utilizar con éxito lo que han aprendido, en la resolución de problemas. Puesto que el aprendizaje va más allá de memorizar y parafrasear definiciones de conceptos, principios y leyes, la enseñanza debe estar orientada entre otros aspectos, a desarrollar habilidades para aplicar los conocimientos adquiridos al análisis de situaciones nuevas que impliquen toma de decisiones y resolución de problemas

Sin embargo, en repetidas ocasiones el estudio de la Física se reduce a resolver un conjunto de problemas para los cuales se ha memorizado previamente una colección de fórmulas matemáticas. De este modo, esta estrategia se convierte en un ejercicio de manipulación de expresiones algebraicas donde se sustituyen letras por valores numéricos para el cálculo de cantidades desconocidas. En esta situación, los estudiantes deben recopilar, memorizar y organizar fórmulas que se puedan utilizar en cualquier problema que se le presente, sin embargo, pudieran considerarse perdidos si en su memoria no está incluida la fórmula que corresponde a un problema determinado. Esta situación puede llevarlos a alcanzar altos niveles de frustración y concluyan que la Física es una disciplina fuera de su nivel de competencia.

- El trabajo de laboratorio. Según Andrés (2001), el trabajo de laboratorio se considera a

...las actividades que involucran el “contacto” con los objetos y fenómenos, este contacto se hace a través de los conceptos y modelos de la disciplina que se están enseñando. De acuerdo a cómo ocurra este “contacto” se pueden establecer

diferentes formas de trabajo de laboratorio y diferentes consecuencias para el aprendizaje de la ciencia (s/p).

Entre las modalidades de trabajos de laboratorio se distinguen tradicionalmente dos tipos: las demostraciones y los trabajos propiamente de laboratorio o experimentales. Los primeros se encuentran enmarcados en las clases de teoría y la mayoría se utiliza con el fin de ilustrar la teoría. Los segundos tienen su propio tiempo y espacio, generalmente, son experimentos, es decir, eventos artificiales creados con la finalidad de estudiar alguna relación entre variables. Es evidente que los medios más utilizados son los materiales de laboratorio, y las evaluaciones básicamente se limitan al trabajo realizado por los alumnos en el laboratorio, por ejemplo el uso adecuado de los instrumentos y por otra parte, la entrega de informes sobre las prácticas realizadas (Andrés 2001).

- Las clases magistrales. De acuerdo a Fernández (citado por Cabrera, 2001), el docente cuyo estilo es tradicional utiliza una metodología de enseñanza donde predomina lo magistral y básicamente es expositiva, sus objetivos dependen solamente de lo planteado en el programa institucional y utiliza la pizarra y de vez en cuando algunos videos como medios didácticos. Se basa en la utilización del razonamiento como una forma de crear nuevo conocimiento, el estilo de esta forma de enseñanza es dirigida por el docente y se limita por la racionalidad del alumno, los contenidos científicos son presentados con el objetivo de que el alumno pregunte pero bajo una estricta orientación que la razón le da sobre el conocimiento. para la evaluación, utiliza fundamentalmente pruebas escritas y el trabajo de los estudiantes es los talleres.

Concepciones de los estudiantes en la enseñanza de la ciencia

Las *concepciones* son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales, bien porque esa interpretación es necesaria para la vida cotidiana o porque

es requerida para mostrar cierta capacidad de comprensión que es solicitada a un sujeto por otro -como en el profesor-, entre pares o por cierta circunstancia específica no cotidiana, por ejemplo, la solución de un problema práctico (Wandersee, Mintzes y Novak, 1994).

Así pues, se ve como las concepciones de los alumnos afectan el proceso de aprendizaje y su interacción con la enseñanza. El resultado de este hecho es que los alumnos mantienen esquemas distintos de conocimientos. Por una parte, estarían sus conocimientos académicos sobre fenómenos, teorías, leyes, fórmulas y métodos para resolver problemas, que son útiles en el medio escolar dado que le sirven para resolver ejercicios y para aprobar los exámenes tradicionales. Por otra parte, estarían los conocimientos que éste utiliza en su vida cotidiana.

La revisión de los diferentes estudios realizados en ésta área, permite señalar como ha venido evolucionando la terminología acerca de cómo llamar a estas ideas. De esta manera, es posible encontrar diferentes denominaciones y acepciones al respecto. Así, por ejemplo, algunos autores se refieren a estas ideas como *esquemas alternativos*, otros hablan de *concepciones erróneas*, otros se refieren a *representaciones alternativas*, *representaciones mentales*, mientras que otro grupo habla de *Ciencia para Niños*, *errores conceptuales* y *conocimiento del sentido común*, por mencionar algunos de los términos utilizados con mayor frecuencia.

De acuerdo con Gilbert y Watts (1983), esta denominación depende, en todo caso, de las posturas epistemológicas asumidas por los investigadores. Lo que sí parece estar claro, es que en todos los casos, éstos se refieren a las ideas que los alumnos utilizan cuando analizan una determinada situación antes o después de haber recibido instrucción formal acerca de la misma. Para efectos de la presente investigación y evitar confusión al respecto, en este trabajo se utilizará el término de *concepciones*, para hacer referencia a estas ideas. Puntualizando más en este aspecto, en esta investigación se utiliza al término *concepciones* para hacer referencia a las ideas que poseen los estudiantes acerca de

un determinado t3pico, sin importar que hayan recibido o no ensefianza formal acerca del mismo.

A continuaci3n, se presentan algunas concepciones comunes de los estudiantes acerca de la Tercera ley de Newton.

De acuerdo con Brown (citado de Bao y otros, 2002), el problema de las dificultades presentadas por los estudiantes al momento de interpretar correctamente la leyes de Newton ha sido estudiado en diversas partes del mundo y por diferentes investigadores, produciendo resultados similares. Al respecto Bao y otros (2002), sefalan que una de las concepciones arraigadas en los estudiantes es la de diferenciar entre "objetos activos" y "objetos pasivos", estos argumentan que numerosos estudiantes poseen un modelo principal que expresa que en una interacci3n hay un objeto dominante que ejerce la fuerza mayor. Esta situaci3n se presenta mayormente en problemas dinámicos donde aparecen las relaciones entre fuerza y velocidad.

Otro punto de confusi3n proviene de la denominaci3n "acci3n y reacci3n" que com3nmente se hace para designar al par de fuerzas que se originan producto de la interacci3n entre dos cuerpos. En este sentido, Bao y otros (2002) sefalan que "tal distinción no ayuda porque hasta tanto los estudiantes no sean capaces de aplicar los diagramas de cuerpos aislados, harán predominar la acci3n sobre la reacci3n y su razonamiento ser3 secuencial". Esto se traduce en que generalmente los alumnos transponen fen3menos que ocurren simultáneamente y nuevamente se ve alterada la compresi3n del principio de interacci3n.

La interacci3n gravitatoria seg3n el modelo newtoniano, tambi3n ocurre de manera simultánea, sin que exista un medio a trav3s del cual se produzca una transmisi3n f3sica de la acci3n por contacto sucesivo. A los estudiantes, sin embargo, muchas veces les resulta m3s f3cil comprender los pares de acci3n y reacci3n para esta situaci3n que en el caso de cuerpos que interactúan en contacto, posiblemente porque no aparecen complicaciones con las fuerzas de rozamiento.

Finalmente, de acuerdo con Bao y otros (2002), los estudiantes entienden la tercera ley de Newton como un conflicto entre objetos, donde cada uno tiene su propia fuerza, y por lo tanto se manifiesta la superioridad de un cuerpo sobre el otro mediante un movimiento en conjunto, en el sentido deseado, sin obligación de simultaneidad.

La comprensión conceptual

La concordancia entre lo que los autores pretenden dar a entender con la utilización del término *comprensión conceptual* y la interpretación que los interesados en el tema puedan darle, se ve comprometida, o por lo menos se hace compleja, debido a la dificultad de definir y comprender en un sentido amplio los términos *comprensión* y *concepto*.

En cuanto al primero de estos términos, se puede decir que su interpretación y uso correcto se ve afectado en gran medida por la estrecha relación que guarda con los términos *saber*, *conocer* y *entender*.

En tal sentido, Becerra (2008), expresa que para comprender “algo” es necesario reflexionar, interpretar y procesar la información que se posee acerca de ese “algo” a partir de un acto voluntario que implica conocerlo y entenderlo. Asimismo, deja explícito que un individuo realmente comprende cuando tiene la capacidad de expresar inteligiblemente y de una determinada manera, lo que se comprende. Es por esto que, específicamente en la enseñanza de la Física, comprender un concepto, principio, modelo, ley o teoría propia de la disciplina, supone que el estudiante debe realizar un proceso reflexivo de las distintas informaciones y experiencias involucradas y las cuales tiene acceso durante el proceso de enseñanza y de aprendizaje en el cual se encuentra inmerso.

El siguiente término que se debe especificar y contextualizar se refiere a la dimensión conceptual de la comprensión que se debe adquirir durante los procesos de enseñanza y de aprendizaje en un tema o tópico en específico. En este sentido, se ve que los términos *conceptual*, *concepción* y *conceptualización* son derivaciones del término *concepto*. Es por esto

que se hace necesario realizar una revisión acerca de la “concepción” que diversas disciplinas del pensamiento como la psicología, la filosofía y la epistemología han elaborado acerca del término *concepto*.

Algunas de las principales teorías referentes a este término, concuerdan en establecer que éstos pueden ser definidos a partir de una serie de condiciones “suficientes y necesarias” (Teorías clásica y neoclásica), otras exponen que los conceptos forman parte de estructuras cognitivas complejas quedando su significado determinado por las relaciones existentes con otros conceptos (Enfoque teórico y esencialista).

En tal sentido, una de las teorías que más llama la atención de los investigadores es el llamado *Enfoque Teórico Esencialista* en el cual se argumenta que los conceptos son más que simples rasgos característicos que lo definen y lo distinguen de otros, sino que son representaciones mentales estructuradas a partir de las relaciones que poseen con otros conceptos que conforman la teoría en la cual se encuentran inmersos (Greca citado en Andrés, 2001).

Tomando en cuenta esta postura, la comprensión de un concepto científico se alcanza cuando el individuo se centra en el estudio de las relaciones existentes entre los distintos elementos que conforman la esencia de dicho concepto.

De esta manera, con basamento en las ideas relacionadas a los términos *concepto* y *comprensión* anteriormente expuestas, al emplear el término *comprensión conceptual*, se entenderá como la capacidad que posee un individuo de abarcar concientemente, con control y dominio de sus acciones físicas y cognitivas, la esencia, características y relaciones que le dan significado, explican y definen de manera inteligible un determinado asunto, hecho o fenómeno.

Las actividades experimentales demostrativas

La importancia que se le ha atribuido a la experimentación en la enseñanza de las ciencias se encuentra estrechamente relacionada

con la naturaleza misma del conocimiento científico, el cual comienza a consolidarse en la edad moderna bajo la marcada influencia del positivismo y el determinismo. Se puede encontrar, de esta manera, en diversos documentos de pensadores de esa época como Galileo, Newton, Bacon, Comte, entre otros, la tendencia a descubrir las posibles leyes que gobiernan a la naturaleza a través de la examinación rigurosa de ésta, es decir, en esta época se comenzó a elaborar el conocimiento a partir de la observación sistemática de los fenómenos presentes en la naturaleza. Surge entonces la experimentación como puente de conexión entre el mundo real y el mundo de las ideas, como una de las principales maneras de extraer información susceptible a ser procesada e interpretada.

Es precisamente por los aspectos antes mencionados, que la experimentación surge como una actividad en la que lo empírico y el raciocinio humano se conjugan para elaborar conocimientos que expliquen satisfactoria y objetivamente los fenómenos del universo, reduciendo, debido a las características de su proceso, subjetividades que contribuyan a explicaciones equivocadas sobre el mundo. En este sentido, la tendencia actual en la Enseñanza de la Física se encuentra dirigida a emplear estrategias basadas en las actividades realizadas por los científicos, incluyendo el trabajo que se realiza en un laboratorio. Es importante destacar, el hecho de que existe una gran diferencia entre el trabajo que un científico y un estudiante de ciencias realiza en un laboratorio, ya que el objetivo del primero es el de generar nuevos conocimientos, y el segundo lo hace para verificar la validez de alguna Teoría que esta estudiando.

En tal sentido, Andrés (2001) expone que en el ámbito educativo se pueden encontrar dos modalidades tradicionales de trabajo de laboratorio: las demostraciones y los trabajos de laboratorio propiamente dichos. Este trabajo se centra en analizar con detalle la primera de éstas. De acuerdo con Andrés (2001), las demostraciones son muy utilizadas en la enseñanza de la Física y representan un tipo de actividad experimental que se realizan en el contexto de una clase teórica con la finalidad de ilustrar algún concepto o ley en estudio y facilitar la comprensión del mismo. Con frecuencia las experiencias son realizadas por el profesor, quien tiene el propósito de

aprovechar la ocasión para revisar las intuiciones y concepciones que los estudiantes tienen acerca del fenómeno presentado, a partir de la correcta formulación de preguntas que se relacionen con dicho fenómeno y la ley, concepto o principio que desea ilustrarse. Además, de acuerdo con Duit (citado en Andrés 2001), las demostraciones representan un valiosa experiencia para que los estudiantes contrasten y cuestionen las ideas y concepciones que poseen con la evidencia empírica que se le está presentando.

Por otra parte, hay que tomar en cuenta que estas actividades deben ser para los alumnos lo suficientemente atractivas e impactantes para lograr que ellos, además de comprender, se motiven para seguir indagando sobre el fenómeno o teoría en estudio. Siguiendo esta corriente, Ferrá y Portuondo (1999) señalan, que es justamente en las clases teóricas donde se debe lograr que los estudiantes estén motivados al momento de la explicación de nuevos conocimientos, por lo que se hace necesario que reciban las orientaciones precisas que les permitan dirigir acciones hacia la consecución de un aprendizaje realmente significativo. En este sentido, las demostraciones en la enseñanza de la Física constituyen una actividad basada en experiencias que se llevan a cabo intercaladas en la clase teórica para poner en evidencia en forma rápida y sencilla la relación entre el modelo y el fenómeno, mostrando así mismo el carácter experimental de la Física (Andrés, 2001).

La aplicación de las demostraciones son una verdadera ayuda para el docente en el aula, porque ofrecen una serie de ventajas con respecto a otras estrategias metodológicas empleadas tradicionalmente, como por ejemplo, la clase de lápiz y papel y la resolución de problemas, sin dejar de lado la finalidad de cada una de éstas; además de hacer ver a los estudiantes que la Física es una ciencia natural, y que cada teoría debe finalmente basarse en las respuestas que la naturaleza proporciona a las preguntas formuladas adecuadamente a través de los experimentos.

La aplicación de las demostraciones no debe ser tomada a la ligera, para lograr los objetivos planteados se debe considerar algunos aspectos,

como lo son la intencionalidad, la pertinencia y el momento en que se realiza, entre otros. Para su implementación en el aula los docentes deben tener a disposición un variado banco de demostraciones acerca de los tópicos de la asignatura que sean de fácil montaje en el aula de clases y con todos los elementos necesarios para su buen funcionamiento (Andrés y Figueroa, 2006).

Por todo lo antes mencionado, se puede decir que las actividades experimentales demostrativas, son una herramienta indispensable para el docente en el aula, porque ayuda a integrar los conocimientos teóricos con el fenómeno físico, que finalmente pondrá al alumno en una situación en la cual pueda llegar a la comprensión conceptual.

Tercera ley de Newton

Unos de los temas centrales en cualquier curso de Física básica, es el estudio de las leyes de Newton, ya que representan la base en la cual se sustenta toda la mecánica y las demás ramas de la Física clásica. Dichas leyes son fundamentales a la hora de analizar y comprender diversos sistemas físicos, tanto ideales como reales.

De acuerdo con Goicolea (2001), las tres leyes del movimiento formalizadas por Isaac Newton en su obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1686), constituyen el primer intento de formular una base axiomática para una teoría científica de la mecánica. Debe aclararse que no fueron formuladas por Newton de forma precisa como se presenta hoy en día en los libros de texto. También debe advertirse que en sentido riguroso no recogen de forma completa toda la axiomática necesaria para la mecánica clásica, siendo necesario incorporar aportaciones adicionales de Euler, Cauchy y otros. A pesar de esto, la publicación de los *principia* constituye un hito monumental de enorme valor, sobre el que se cimienta la mecánica clásica.

En este sentido, Goicolea (2001) extrae de la obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1686) la siguiente ley formulada por

Newton: "LEY III. Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria. O sea, las acciones mutuas de los cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas".

Siguiendo esta idea Goicolea (2001) señala que se trata del llamado principio de acción y reacción. Todas las fuerzas deben de tener contrapartida, siendo imposible ejercer una fuerza desde el vacío, sin apoyo. Es siempre necesario apoyarse en algún cuerpo o medio material que absorba la reacción (modificando a su vez el movimiento de este otro cuerpo, según la segunda ley) (s/p).

Conviene observar también que de la tercera ley se pueden hacer dos enunciados. En su *forma débil*, ciñéndose estrictamente al enunciado Newtoniano, que establece que las fuerzas son iguales en magnitud y dirección y de sentido opuesto. Sin embargo, no presupone que tengan la misma dirección que la recta que une a las dos partículas sobre las que actúan. En el caso en que si se verifique esta última hipótesis más restrictiva, se dice que se cumple el principio de acción y reacción en su *forma fuerte*, siendo el caso de las fuerzas centrales. En numerosos casos prácticos se verifican ambos enunciados del principio de acción y reacción, como son las fuerzas gravitatorias, elásticas, o electrostáticas. Sin embargo, existen fenómenos importantes en los que no se verifica en ninguna de sus dos formas. Estos casos corresponden a fuerzas que dependen de la velocidad, ligadas por lo general a campos que se propagan con velocidad finita, como son las fuerzas electrodinámicas debidas a cargas en movimiento. En resumen, la tercera ley de Newton (en su forma fuerte) establece que cuando un cuerpo aplica una fuerza sobre otro, este último reacciona con una fuerza de igual magnitud y dirección pero con sentido opuesto.

MÉTODO

La presente investigación, de acuerdo a sus características se enmarcó dentro de la modalidad de Proyecto Factible (UPEL, 2006). En cuanto al tipo de investigación, se considera una investigación de campo, ya que

en el caso concreto de ésta investigación, se acudió a la fuente principal para recolectar los datos con la finalidad de describir, interpretar y darle respuesta a los objetivos planteados.

La investigación, por otra parte, sigue un enfoque cuantitativo ya que:

- Los datos fueron producto de mediciones, se representaron mediante números y se analizaron por medio de técnicas estadísticas.
- Los procedimientos utilizados se realizaron con el mayor grado de objetividad posible.
- En la interpretación de los datos se empleó un razonamiento deductivo, es decir, se explicaron los resultados obtenidos, con base en los aspectos teóricos.

Además, de acuerdo con Hernández y otros (2006), para la presente investigación se tomaron elementos del enfoque cualitativo, para el análisis de los datos y así darle respuesta a la interrogante planteada. Al unir los enfoques cuantitativo y cualitativo, se busca obtener lo que algunos autores denominan complementariedad metodológica.

En otro orden de ideas, de acuerdo con los autores anteriormente citados, el diseño de la investigación, fue de tipo Cuasiexperimental, debido a que los grupos de estudio ya se encuentran conformados y no fue posible garantizar una equivalencia de condiciones. El nivel de manipulación de la variable independiente fue de dos grados, ya que se contó con un grupo experimental y un grupo control, en los cuales existió el estímulo en el primero y ausencia en el segundo.

La modalidad de este diseño fue preprueba-posprueba. En este sentido, se contempló la aplicación de una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, después se administró el tratamiento (sólo en el grupo experimental) y finalmente se aplicó una prueba posterior al estímulo.

En cuanto a la población, estuvo constituida por los estudiantes de las especialidades de Química, Biología y Ciencias de la Tierra del Instituto

Pedagógico de Caracas (IPC), que cursan la asignatura Fundamento de Física para el periodo lectivo 2008-I.

La muestra estuvo constituida por dos secciones de la asignatura de fundamentos de Física del IPC para el periodo lectivo 2008-I, de tal forma que una constituyó el grupo experimental y la otra el grupo de control. La muestra es de tipo no probabilística o muestra dirigida, ya que la selección se realizó en función de las necesidades, condiciones y objetivos de la investigación. En este sentido, el grupo experimental estuvo constituido por 18 alumnos de la sección nº 710. Por otra parte, el grupo control estuvo constituido por 15 alumnos de la sección número 711 de Fundamentos de Física. Cabe destacar que ambas secciones asignadas a los estudiantes de Ciencias de la Tierra, fueron administradas por el mismo docente.

Las variables de la investigación fueron: las estrategias de enseñanza utilizadas por el docente y las concepciones de los alumnos antes y después de aplicado el estímulo.

Para el primer objetivo específico, dirigido a caracterizar las estrategias de enseñanza empleadas por los docentes de Física del IPC, se aplicaron las técnicas de la observación y la entrevista. Se emplearon tres instrumentos de recolección de datos. El primero consistió en una escala de estimación para la observación de las clases de los profesores, el segundo instrumento consistió en un guión de entrevista que constó de seis (6) preguntas abiertas dirigidas a los profesores. Por último, se aplicó, una lista de cotejo en la revisión de la planificación de los docentes. Así pues, con el consentimiento previo de los docentes, se procedió a entrevistarlos y a observar las clases teóricas impartidas por éstos, así como la revisión de la planificación de las actividades y contenidos establecidos para los cursos.

En cuanto al objetivo destinado a identificar las concepciones acerca de la tercera ley de Newton en los estudiantes antes y después de la aplicación de la estrategia de enseñanza diseñada, la técnica empleada fue la encuesta. Para la ejecución de esta técnica, se aplicó un cuestionario de

cuatro (4) preguntas de selección simple con argumentación, relacionadas con los supuestos fundamentales de la tercera ley de Newton y dos (2) diagramas para representar gráficamente las fuerzas que intervienen en las interacciones mostradas.

Para un mejor desenvolvimiento por parte de los investigadores, el desarrollo de la presente investigación se realizó apegado al estricto cumplimiento de las siguientes etapas:

Etapa I. *Construcción y validación de los instrumentos* que fueron aplicados con la finalidad de obtener información que permitiera la concreción de los objetivos planteados. Para ello, se realizaron las consultas necesarias a los especialistas para determinar su validez de contenido.

Etapa II. *Aplicación de los instrumentos de diagnóstico y preprueba.* En ella se aplicaron los instrumentos diseñados para caracterizar las estrategias empleadas por los docentes de los cursos teóricos de Física de IPC. Estos instrumentos fueron aplicados a seis docentes que dictan cursos de Física teórica en dicha institución. Por otra parte, se procedió a aplicar el instrumento diseñado para identificar las concepciones relacionadas con la tercera ley de Newton (Preprueba) entre los estudiantes de las secciones n° 710 y n° 711 de Fundamentos de Física del IPC para el período lectivo 2008-I.

Etapa III. *Diseño de la estrategia de enseñanza basada en las demostraciones de aula.* Se realizó una revisión bibliográfica de documentos relacionados con las demostraciones de aula para la ilustración de los principios fundamentales expuestos en la tercera ley de Newton. Seguidamente se procedió a planificar el desarrollo de una estrategia para una clase fundamentada en la aplicación de cuatro demostraciones. La estrategia diseñada fue sometida a la validación por parte de dos profesores del área de Física experimental del IPC.

Etapa IV. *Aplicación de la estrategia de enseñanza basada en demostraciones de aula.* Se procedió a la aplicación de la estrategia de

enseñanza a los estudiantes de la sección 710 de Fundamentos de Física del IPC (grupo experimental).

Etapa V. *Aplicación de posprueba*. Se aplicó el instrumento diseñado para medir la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton a los estudiantes de las secciones n° 710 y n° 711 de Fundamento de Física, con la finalidad de establecer comparaciones que permitieron determinar la efectividad de la estrategia diseñada.

Etapa VI. *Análisis de los resultados obtenidos*. Inicialmente, se realizó una triangulación de los resultados obtenidos de la aplicación de los instrumentos diseñados para caracterizar las estrategias de enseñanza utilizadas por los docentes. Estos resultados fueron organizados en categorías y presentados en matrices para su posterior análisis. Conjuntamente se analizaron los resultados obtenidos de la información arrojada por los instrumentos aplicados (preprueba y posprueba) a los alumnos de las secciones n° 710 y n° 711 de Fundamentos de Física del IPC. De estos instrumentos se extrajeron las ideas que fueron categorizadas, codificadas y organizadas en cuadros. Posteriormente, se interpretaron y analizaron las distintas tendencias encontradas en la investigación.

Para el análisis y procesamiento de los datos referidos a la caracterización de las estrategias de enseñanza empleadas por los docentes de Física teórica del IPC, se realizó en función de categorías extraídas del guión de entrevista aplicado al docente, la escala de estimación para la observación de la clase y de la lista de cotejo para la revisión de la planificación. Este procesamiento se llevó a cabo mediante un proceso de triangulación entre la información arrojada por estos instrumentos para cada docente atendiendo, en todo momento, a las categorías de técnicas, medios, recursos, actividades y evaluación. La información fue presentada en matrices y se incluyó el análisis de la información presentada en ellas.

Seguidamente se realizó la codificación para el procesamiento de los datos de la preprueba y la posprueba. Para cada instrumento se

establecieron categorías y subcategorías que permitieron expresar y analizar las ideas o concepciones desarrolladas por los alumnos, en función del tipo de interacción presentada. Al respecto, tanto para la preprueba como para la posprueba, se tomaron en cuenta los aspectos relacionados en la aplicación de la tercera ley de Newton en interacciones a distancia y de contacto. Los resultados de este procedimiento fueron presentados en cuadros y expresados en términos de ideas-categorías y subcategorías acompañados de un análisis sobre la información presentada en cada cuadro con la finalidad de combinar el análisis cuantitativo con el descriptivo. Por último, se determinó la consistencia mostrada por los estudiantes en cada una de las ideas-categorías en función de las subcategorías.

RESULTADOS

En cuanto a las técnicas utilizadas por los docentes en sus clases, se puede decir que, recurren a las preguntas para guiar las discusiones al momento de resolver los problemas y exponer los conceptos, principios y leyes Físicas. En segundo lugar, existe una clara tendencia a utilizar la pizarra, la tiza y los marcadores como medios y recursos predominantes en sus clases. Aunque es de hacer notar que algunos usan el video beam y los materiales de laboratorio en las clases teóricas. En tercer lugar, entre las actividades más utilizadas en clase por los docentes se encuentran las discusiones guiadas y la resolución de problemas de parte de los estudiantes y los docentes. Con respecto a la cuarta categoría considerada referida a las actividades evaluativas, se evidencia que aquí la totalidad de los docentes realizan pruebas escritas, aunque existen algunos que difieren en las evaluaciones que complementan a dichas pruebas, como por ejemplo, talleres, intervenciones y elaboración de proyectos.

En síntesis, es posible señalar, a partir del análisis de las categorías decididas, que los docentes de la investigación usan principalmente como estrategia de enseñanza la resolución de problemas.

Con respecto a la tercera ley de Newton, el análisis se llevo acabo,

considerando solamente aquellos individuos que mantuvieron un razonamiento consistente y acorde con los supuestos fundamentales de la tercera ley de Newton. Tanto en el grupo del control como en el grupo experimental. En el siguiente cuadro se muestra la información de dicho análisis para los (5) estudiantes del grupo experimental.

Cuadro 1. Consistencia en el razonamiento basado en los supuestos fundamentales de la tercera ley de Newton en el análisis de la interacción de contacto e interacción a distancia mostrada por el grupo experimental (prepebea)

Razonamiento consistente		Razonamiento inconsistente	
Nº de alumnos	%	Nº de alumnos	%
2	40	3	60

Según se observa en el cuadro 1, sólo dos (2) de cinco (5) alumnos muestran consistencia en la utilización de un razonamiento acorde con los principios fundamentales de la tercera ley de Newton para explicar tanto la interacción de contacto como la interacción a distancia. Por otra parte, en la argumentación esgrimida por los alumnos, no se observan contradicciones con las opciones seleccionadas. Sin embargo, en ninguno de los argumentos aparece de forma explícita la utilización consciente de la tercera ley de Newton, ya que los mismos se construyeron parafraseando las opciones seleccionadas y basándose en ideas que no reflejan una concepción científicamente válida.

De esta manera, es posible señalar que en el grupo experimental, que posteriormente fue sometido a la estrategia de enseñanza basada en demostraciones dirigidas a ilustrar los supuestos fundamentales de la tercera ley de Newton, se presentó un nivel de comprensión conceptual extremadamente bajo, a pesar de haber participado de las actividades relacionadas con este contenido y que fueron planificadas por el docente del curso.

El siguiente cuadro presenta el razonamiento de parte de los estudiantes del grupo control.

Cuadro 2. Consistencia en el razonamiento basado en los supuestos fundamentales de la tercera ley de Newton en el análisis de la interacción de contacto e interacción a distancia mostrada por el grupo control (prepueba)

Razonamiento Consistente		Razonamiento Inconsistente	
Nº de alumnos	%	Nº de alumnos	%
3	21,4	11	78,6

Como se observa en el cuadro 2, sólo tres (3) de catorce (14) alumnos muestran consistencia en la utilización de un razonamiento acorde con los principios fundamentales de la tercera ley de Newton para explicar tanto la interacción de contacto como la interacción a distancia. Por otra parte, en la argumentación esgrimida por los alumnos, no se observan contradicciones con las opciones seleccionadas. Sin embargo, en la mayoría de los argumentos no aparece de forma explícita la utilización consciente de la tercera ley de Newton, ya que los mismos se construyeron parafraseando las opciones seleccionadas y basándose en ideas que no reflejan una concepción científicamente válida.

Con respecto a los resultados obtenidos en el grupo control se evidencia un nivel de comprensión conceptual extremadamente bajo, a pesar de haber participado de las actividades relacionadas con este contenido y que fueron planificadas por el docente del curso. Sin embargo, se pudo detectar una tendencia a señalar de forma explícita la ley de acción y reacción en algunos de los argumentos esgrimidos por los estudiantes. Este aspecto no se detectó en el grupo experimental.

Para realizar la selección de los individuos estudiados, se tomó en cuenta sólo aquellos que mantuvieron un razonamiento consistente y acorde con los supuestos fundamentales de la tercera ley de Newton, tanto del grupo control como del grupo experimental.

Cuadro 3. Consistencia en el razonamiento basado en los supuestos fundamentales de la tercera ley de Newton en el análisis de la interacción de contacto e interacción a distancia mostrada por el grupo experimental (posprueba?)

Razonamiento Consistente		Razonamiento Inconsistente	
Nº de alumnos	%	Nº de alumnos	%
10	100	0	0

En el cuadro 3 se puede observar que todos alumnos que comparten esta idea, muestran consistencia en la utilización de un razonamiento acorde con los principios fundamentales de la tercera ley de Newton para explicar tanto la interacción de contacto como la interacción a distancia. Por otra parte, en la argumentación esgrimida por los alumnos, no se observan contradicciones con las opciones seleccionadas, al contrario, reflejan explícitamente aspectos de la tercera ley de Newton al momento de explicar las opciones elegidas. Este aspecto no se observó en los resultados de la preprueba.

Por otra parte, cabe destacar que los diez (10) individuos que mostraron consistencia en la aplicación de la ley de acción y reacción en el análisis de las dos interacciones mostradas, representan el 43% de la totalidad de los alumnos que realizaron la posprueba, es decir, después de determinar un porcentaje de comprensión casi nulo en la preprueba, casi la mitad de los estudiantes evaluados mostraron un manejo considerablemente adecuado de la tercera ley de Newton después de ser sometidos a las demostraciones de aula dirigidas a ilustrar los aspectos fundamentales de dicha ley.

Cuadro 4. Consistencia en el razonamiento basado en los supuestos fundamentales de la tercera ley de Newton en el análisis de la interacción de contacto e interacción a distancia mostrada por el grupo control (Posprueba)

Razonamiento Consistente		Razonamiento Inconsistente	
Nº de alumnos	%	Nº de alumnos	%
0	0	4	100

En el cuadro 4 se puede observar que los resultados extraídos a partir de la aplicación de la posprueba, arrojan que ningún alumno perteneciente al grupo control mantuvo una concepción basada en la ley de acción y reacción al momento de analizar las dos interacciones mostradas en el instrumento aplicado en la posprueba

De esta manera, al realizar una comparación con los resultados obtenidos en la preprueba, se puede evidenciar que el grupo control

mantuvo una baja comprensión conceptual de la tercera ley de Newton a pesar de haber participado de las actividades relacionadas con este contenido que fueron planificadas por el docente del curso. Por otra parte, se debe señalar que el porcentaje de alumnos que mostraron comprender la tercera ley de Newton, sin caer en contradicciones, disminuyó en un 21,4 % en la preprueba, a un 0% en la posprueba.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos reflejaron que la mayoría de los docentes que imparten cursos de Física teórica en el IPC, no emplean demostraciones de aula como actividad complementaria en la planificación y desarrollo de sus clases, en este sentido, las estrategias de enseñanza que se emplean con mayor frecuencia en estos cursos se encuentran constituidas principalmente por la discusión, la resolución de problemas propuestos y las clases magistrales.

Para el caso de la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton, en la presente investigación se pudo constatar que la adecuada selección, planificación y ejecución de una demostración, propicia la creación de un ambiente interactivo en el cual los alumnos se sienten motivados a analizar, indagar y discutir acerca de aspectos relacionados con leyes científicas a partir de la observación directa del fenómeno.

En este sentido, el análisis de la información registrada entre los alumnos, al tener ese contacto directo con experiencias controladas que dejaban en evidencia los aspectos fundamentales de la tercera ley de Newton, demostraron en la aplicación del instrumento posprueba, poseer un nivel de comprensión conceptual mucho más alto que el obtenido en la preprueba.

Cabe destacar, que un efecto inverso al explicado anteriormente, se pudo evidenciar en los resultados obtenidos en el grupo control, es decir, el nivel de la comprensión conceptual mostrada en la preprueba desmejoró en la posprueba.

En este sentido, los instrumentos y la estrategia de enseñanza aplicada, reflejan inequívocamente que las actividades experimentales demostrativas, específicamente las demostraciones de aula, influyeron positivamente y de manera determinante en la comprensión conceptual de los aspectos fundamentales de la tercera ley de Newton por parte de los alumnos que constituyeron el grupo experimental de este estudio.

REFERENCIAS

- Andrés, Ma. M. (2001). *Investigación sobre la Enseñanza de la Física a través del Trabajo de Laboratorio*. Investigación en Enseñanza de la Física: Memorias de la IV Escuela Latinoamericana. Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui, Venezuela.
- Andrés, M. y Figueroa, D. (2006). *Enseñando y Aprendiendo Física con Actividades Experimentales. 4ta. Escuela Venezolana de Enseñanza de la Física*. Mérida. ULA
- Bao, L., How, K., y Zollman, D. Model Analysis of Fine Structures of Students: An Example With Newton's Third Law. *Am. J. Phys.* 70 (7). 2002. pp. 766-778
- Bascones, Jeannette (2001). *Resolución de problemas de papel y lápiz en Física*. Investigación en Enseñanza de la Física: Memorias de la IV Escuela Latinoamericana. Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui, Venezuela.
- Becerra, A. (2008). *Thesaurus de la Investigación Académica Universitaria*. Imprenta del Instituto Pedagógico de Caracas
- Carrascosa, J. A. (2006). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto*. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias [Revista en línea], 3(1). Disponible: www.apac-eureka.org/revista.htm [consulta: 2007, Abril 20]
- Ferrá, M y Portuondo, R. (1999). *Los Medios Didácticos en la Enseñanza de la Física*. Revista Ingenierías. Enero – Abril 1999, Vol. II, No.3
- García, J.J. y Cañal, P.; (1995). *¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación*. Investigación en la Escuela; 25, 5-16

- Gilbert, J. K. y Watts, O. M. C. (1983) *Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education*. Studies in Science Education IO: 61-98
- Goicolea, R. (2001). *Curso de Mecánica (2da. Ed. V.1)*. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
- Hernández, R., Fernández-Collado, C., Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación (4ª. Ed.)*. McGraw-Hill/Interamericana Editores. Caracas-Venezuela
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales (4ª ed)*. FEDUPEL. Caracas-Venezuela
- Wandersee, J.H., Mintzes J.J. y Novak, J.D. (1994). *Research on Alternative Conceptions in Science, editado por D.L. Gabel*. Handbook of Research on Science Teaching and Learning (Mcmillan Pub. Co., New York)