

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CONCEPTOS CIENTÍFICOS EN FÍSICA

Marianela Nava¹, Xiomara Arrieta², María Flores¹

marianelanava@gmail.com, xarrieta2410@yahoo.com, profemariaflores@gmail.com

1. Departamento de Física. Facultad de Ingeniería. La Universidad del Zulia (LUZ)

2. Centro de Estudios Matemáticos y Físicos. Facultad de Humanidades y Educación; LUZ

Recibido: 11 / 03 / 2011 Aprobado: 09 / 05 / 2011

Resumen

Aún en la segunda década del siglo XXI se continúa hablando de baja calidad y poca pertinencia que tiene la educación mundial y en particular, la educación venezolana. Cada día se hacen más necesarias propuestas educativas que se orienten a formar profesionales creativos, críticos y responsables, capaces de adaptarse a la sociedad de la información y el conocimiento. El propósito de este trabajo es establecer una propuesta didáctica orientada a la construcción de conceptos científicos en física, soportada en diversas interpretaciones del modelo del cambio conceptual de Posner y otros (1982), el aprendizaje significativo de Ausubel (1976), los procesos básicos del pensamiento de Amestoy de Sánchez (2004) y los estilos de aprendizaje de Alonso, Gallego y Honey (2003). La metodología de investigación utilizada es cuasiexperimental, con grupo experimental y control. Con base a las teorías señaladas se muestra como resultado principal una metodología de trabajo en aula que permite al docente orientar su acción educativa para la enseñanza de la física a nivel universitario, generándose simultáneamente, un modelo instruccional para el logro de aprendizajes significativos de conceptos científicos, particularmente en la enseñanza de fenómenos electrostáticos, lográndose la construcción significativa de conceptos y la transferencia de conocimientos a nuevos contextos y situaciones.

Palabras clave: Didactic, conceptual change, construction of scientific concepts, learning styles, basic processes of thought.

PROPOSAL FOR THE CONSTRUCTION OF TEACHING SCIENTIFIC CONCEPTS IN PHYSICS

Abstract

Even in the second decade of the twenty-first century continues to speak of low quality and relevance of education globally and in particular, the Venezuelan education. Each day becomes more necessary educational proposals that aim to train professionals creative, critical and responsible, able to adapt to the information society and knowledge. The purpose of this study is to establish a methodological approach aimed at building scientific concepts in physics, supported by various interpretations of the conceptual change model of Posner and others (1982), meaningful learning of Ausubel (1976), the basic processes of thought of Amestoy de Sánchez (2004) and learning styles of Alonso, Gallego and Honey (2003). The methodology used is quasi-experimental research with experimental and control group. Based on the theories mentioned main result is shown as a working methodology in the classroom that allows teachers to guide its educational activities to teach physics at university level, generated simultaneously, an instructional model for achieving significant learning of scientific concepts particularly in the teaching of electrostatic phenomena, achieving significant building concepts and knowledge transfer to new contexts and situations.

Key words: didactic offer, conceptual change, construction of scientific concepts, learning styles, basic processes of thought.

Introducción

El sistema educativo de un país, y en particular, el de educación universitaria, no escapa de las influencias actuales del proceso de globalización, razón por la cual tiene que afrontar ciertos retos, entre los cuales se destaca elevar la calidad y pertinencia de la enseñanza que se imparte (Poggioli, 2005; Arrieta y Delgado, 2006; Meleán, Arrieta y Escalona, 2010). En consecuencia, el docente debe hacer frente a dos aspectos inmersos en el aprendizaje de contenidos, los cuales conllevan al desarrollo de dos habilidades como lo es el aprender a aprender y el aprender a pensar. En este sentido, se pretende buscar formas alternativas de enseñanza de las ciencias basadas en el logro de un cambio conceptual, atribuido a un cambio de los significados manejados por los estudiantes con respecto a las explicaciones que éstos ofrecen a los fenómenos que se dan en su entorno.

Para ello, vale la pena considerar las formas que utiliza el aprendiz para formar o construir sus conceptos, así como también, la manera de procesar la información que perciben y de vincularla con la ya existente en su estructura cognitiva, lo cual involucra la realización de al menos, ciertos procesos básicos de pensamiento.

Otro elemento importante en la aplicación de una instrucción orientada a un cambio conceptual, es el uso de una teoría educativa, como lo es el aprendizaje significativo, bajo un enfoque constructivista, que pretende explicar los modelos mentales empleados por los estudiantes para la organización y reestructuración de significados, partiendo de sus concepciones cotidianas o conocimientos previos, los cuales son interpretados con el fin de permitirles hacer predicciones y organizar sus acciones de manera medianamente razonable ante muchos hechos que ocurren a su alrededor, aunque en algunos casos, constituyen ideas erróneas desde el punto de vista científico, que resultan ser muy resistentes al cambio.

A partir de estas consideraciones, se propone el diseño de una metodología de aula, basada en los aspectos teóricos ya referidos, reunidos en un modelo instruccional, orientado a la promoción del cambio conceptual en los estudiantes de física, que servirá de guía a otros docentes interesados en llevar el proceso de enseñanza aprendizaje de una manera más efectiva, de lo que hasta ahora se ha hecho.

Aspectos teóricos que fundamentan la propuesta

Al abordar los referentes teóricos que sustentan la presente propuesta, es importante recalcar que están fundamentados en el logro de un cambio del significado atribuible a un concepto físico, que describe algún fenómeno de la realidad, el cual inicialmente se ubica en el contexto cotidiano y mediante los procesos de instrucción formal, comienza a tomar un tinte más científico (Nava, Arrieta y Flores, 2009).

Tal cambio de concepciones, de lo común a lo formal, resulta cuesta arriba para muchos docentes en el área, si es que se llega a dar en el mejor de los casos, por lo que se hace imperioso que la didáctica empleada lleve al menos a la concientización de lo que significa el concepto, en términos del contexto donde se utilice. En este sentido, se pretende que el proceso de enseñanza para la superación de ideas previas erróneas que conduzca a un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes, se centre en los aspectos de este último como son: disposición para aprender,

concepciones alternativas y material potencialmente significativo (Ausubel, 1976; Posner y otros, 1982; Moreira y Greca, 2003).

Con relación a la disposición para aprender, se destaca el papel relevante del estilo de aprendizaje predominante en el aprendiz, así como la utilización de sus habilidades para manejar los procesos básicos del pensamiento. Por su parte, las concepciones alternativas o ideas previas constituyen no solo el elemento central del aprendizaje significativo sino también del cambio conceptual buscado. Mientras tanto, el material potencialmente significativo alude a los procesos de reconciliación integradora y diferenciación progresiva de la información que se presente en la instrucción y su respectiva relación con el conocimiento previo del sujeto (Nava, Arrieta y Flores, 2008).

Al igual que se consideran los elementos de un aprendizaje significativo en el modelo instruccional a seguir, se sugiere el uso del aprendizaje cooperativo, mediante el establecimiento de comunidades de aprendizaje y de discusiones grupales orientadas a la generación de conflictos cognitivos, que permitan reemplazar el conocimiento cotidiano erróneo por el científico o al menos la discriminación entre ambos. Se debe incluir además, el uso de herramientas heurísticas como los mapas conceptuales, con el fin de lograr el aprendizaje significativo buscado y el desarrollo de las habilidades básicas del pensamiento, en el marco de las discusiones establecidas.

Con lo anterior se busca la manifestación de las ideas del estudiante respecto al concepto bajo estudio y de las relaciones entre ellas con el conocimiento más complejo que se quiere formar. El producto final influirá entonces, en la organización de un material que resulte potencialmente significativo para el aprendiz y que permite la consecución de conocimientos formales cada vez más elaborados y más parecidos a los aceptados por la comunidad científica.

Propuesta didáctica para la construcción de conceptos científicos en Física

Consideraciones generales

Cuando se analiza de manera global el proceso de formación del aprendiz, no puede dejarse a un lado uno de los actores principales del quehacer educativo, el docente. Este personaje es el encargado de establecer un conjunto de actividades o acciones a seguir, debidamente estructuradas y secuenciadas, con el objeto de promover los aprendizajes esperados por los estudiantes.

En este sentido, es importante recordar que una de las implicaciones de la teoría de Ausubel (1976) para la enseñanza de la física es la necesidad de cultivar la disposición, confianza en sí mismo y motivación del estudiante. Para ello el docente debe promover estrategias que lleven al acercamiento con el alumno, evitando entre ellos la competencia y el fracaso que deriva una instrucción o un aprendizaje inadecuado; asimismo, se debe fomentar evaluaciones con preguntas de razonamiento, que eviten la repetición memorística, fomenten el aprendizaje significativo y desarrollen diversidad de habilidades para aprender.

Otro aspecto que debe contemplar el docente es organizar la presentación de la información en clase, estableciendo conexiones entre los diversos elementos que se van introduciendo, haciendo ver al estudiante cual es el norte que se persigue en cada uno de los bloques de contenido que se imparten.

Atendiendo a estas consideraciones, la presente investigación plantea la construcción de los conceptos de carga, fuerza y campo eléctrico, en términos de los elementos mostrados en el Gráfico 1, en el cual se pueden evidenciar 5 elementos constituyentes de la estrategia didáctica propuesta, los cuales se describen como aspectos que van ocurriendo paralelamente a lo largo del desarrollo de la instrucción orientada al cambio conceptual y a la promoción de habilidades para aprender. Esta afirmación obedece a las siguientes consideraciones:

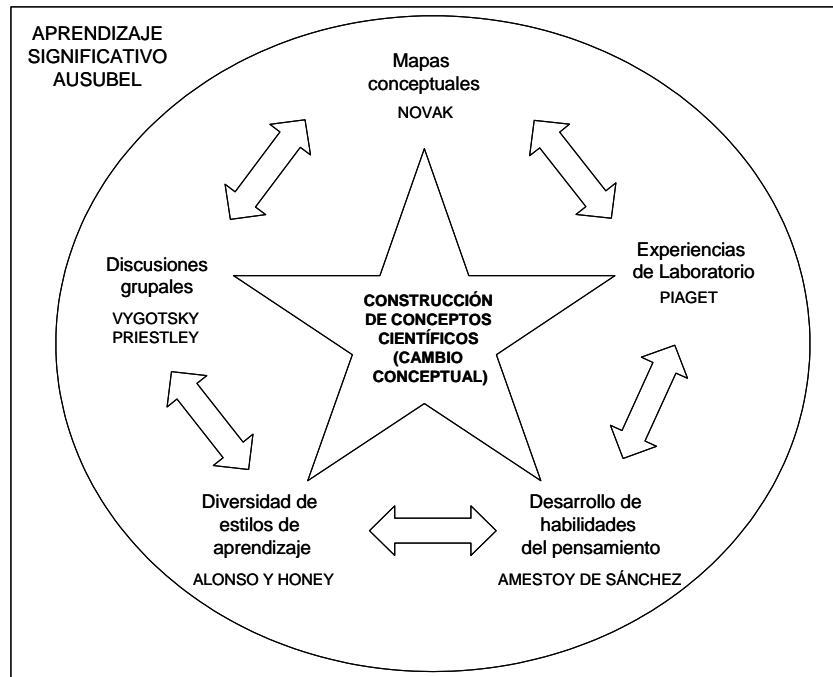


Gráfico 1. Elementos de la estrategia didáctica propuesta

1. Utilización de mapas conceptuales

Si se toman en cuenta, los aspectos del modelo original del cambio conceptual de Posner y otros (1982), asociados con la inteligibilidad, la plausibilidad y la fructibilidad de la nueva información presentada al estudiante, se requiere el uso de estrategias heurísticas, tales como los mapas conceptuales, que permitan conocer los significados que previamente el estudiante atribuye a los conceptos bajo estudio.

En segundo lugar, la elaboración de mapas conceptuales (Novak y Gowin, 1988) permite a través de discusiones en clase, generar un ambiente de participación, promover el desarrollo de las habilidades del pensamiento (Amestoy de Sánchez, 2004), y propiciar nuevos significados atribuibles al objeto de estudio, a partir del consenso logrado al final de la discusión. De esta manera, se le estaría dando al cambio conceptual la visión asociada a un cambio de significados que sean cada vez más próximos a la concepción científica (Moreira y Greca, 2003)

Esta afirmación tiene su base en la concepción del cambio conceptual, como un proceso de construcción y diferenciación de significados, que conllevan a la formación de estructuras mentales amplias y complejas, de manera que se facilite la transformación de concepciones cotidianas en

verdaderos conceptos científicos. Este proceso se lleva a cabo de manera gradual y en ningún caso pretende sustituir las concepciones previas por otras, sino utilizarlas para generar ideas más cercanas a las planteadas por la ciencia.

En tercer lugar, los mapas conceptuales empleados como técnica de aprendizaje, está vinculado al desarrollo de otros procesos cognitivos, como es el caso del lenguaje oral y escrito (Banyard y otros, 1995), pues elevan el nivel del mismo, lo que repercuten en mejores formas de comunicación. Este hecho se promueve al solicitarle al estudiante la explicitación de su mapa conceptual y la aprobación o no de las ideas expuestas por sus compañeros. Así se estaría fomentando aún más el proceso de evaluación, y la formación del espíritu crítico del estudiante (Priestley, 2004), y en consecuencia, lográndose el cambio conceptual (Posner y otros, 1982) en términos de cambios en los significados (Moreira y Greca, 2003).

2. Utilización de actividades experimentales

Este aspecto es de vital importancia para la enseñanza de las ciencias experimentales, tal como la física, y su uso se basa en el hecho de que la construcción de esquemas se efectúa a partir de las interacciones con el entorno. Diversos autores han realizado propuestas para el desarrollo de las actividades experimentales, fundamentadas en la mecánica psicológica sobre cómo el alumno conceptualiza desde los datos empíricos, que solventan en cierta manera el principal problema que se detecta en el trabajo de laboratorio: su desarrollo mecánico y ausente de conceptualización (Arrieta y Marín, 2002; Andrés, 2004; Arrieta y Cova, 2006; Reigosa, 2006).

Sin embargo, a la hora de la realización de este tipo de tarea hay que tener cuidado con las condiciones instrumentales e incluso ambientales requeridas para su implementación, pues si se considera por ejemplo, experimentos donde se evidencia la transferencia de carga por frotamiento, y existe cualquier factor que lo impida (por ejemplo, humedad ambiental), puede resultar contradictorio para el aprendiz el que no ocurra lo esperado y lejos de modificar sus significados tendiendo a la concepción científica, se puede reforzar un obstáculo epistemológico que pueda existir previamente, o peor aún generarlo.

3. Empleo de discusiones grupales

El trabajo en grupo promueve el aprendizaje cooperativo, con el cual se quiere mediar en el desarrollo psicosocial del individuo (Vygotsky, 1983), a través del establecimiento de sentimientos de pertinencia con la tarea, aumentando en consecuencia su sentido de responsabilidad. Asimismo, conlleva al mejoramiento de la productividad de los participantes y el uso correcto de su lenguaje, pues el estudiante debe tratar de hacer lo más comprensible que pueda su discurso en el intercambio de ideas con sus pares.

4. Promoción del desarrollo de las habilidades del pensamiento

Independientemente de cómo se dé el aprendizaje, existen algunos procesos que el sujeto realiza en su intento por aprender, y que son comunes en muchas perspectivas; así pues, el

aprendizaje está ligado a la forma en que el alumno desarrolla sus procesos cognitivos. Para Amestoy de Sánchez (2004), existen nueve fases que efectúa el aprendiz para formar algún conocimiento, estas son: observación, comparación, relación, clasificación, ordenamiento, clasificación jerárquica, análisis, síntesis, evaluación.

Esta autora considera que la observación es necesaria para percibir el problema planteado, lo que permite posteriormente la abstracción de las características de lo observado, presentadas en el proceso de descripción del objeto o situación.

En la medida que se identifican tales características, se podrá establecer la comparación de ese objeto o situación con otro, generándose un proceso de relación de ideas, semejanzas o diferencias entre ellos, las cuales estarán sometidas a un proceso de clasificación, que agrupará los elementos comunes o diferentes en diversas clases o categorías. Para ello, es necesario establecer un criterio de ordenamiento, el cual dará paso al establecimiento de relaciones entre categorías y subcategorías de clases.

Los aspectos señalados, permiten emplear los conceptos de una jerarquía para interpretar, predecir y explicar los fenómenos del entorno. Esto evidencia algún tipo de estructura cognitiva en el estudiante, y a través de ella, se puede explicar los significados que va atribuyendo a los conceptos bajo estudio. Una vez establecida la jerarquización de ideas o conceptos, se requiere del análisis y de la síntesis como fases previas a la emisión de un juicio de valor por parte del sujeto; en el caso particular del presente estudio, conllevan a la formulación de la posible respuesta al problema planteados y a la construcción del significado científico de los conceptos de carga, fuerza y campo eléctrico.

Evidentemente, el tipo de problema determinará su respuesta. En este sentido, hay que promover el uso de problemas cualitativos en las actividades de aula, pues tienden a desarrollar la capacidad de abstracción en el alumno, lo cual resulta fundamental para solucionar cualquier tipo de problema en física, y en particular en electricidad. Asimismo, los resultados de los problemas cuantitativos deben ser analizados a profundidad para derivar el significado físico de la cantidad numérica encontrada, es decir, evaluar la respuesta para que emerjan los significados.

5. Promoción de diversidad de estilos de aprendizaje

Puesto que se incluyen en la estrategia la utilización de mapas conceptuales para generar discusiones y las experiencias de laboratorio para corroborar significados derivados de la discusión, las actividades que se sugieren son variadas y por tanto requieren del estudiante la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de tarea. Para ello, dentro de cada grupo se sugiere la existencia de miembros con diversos estilos de aprendizaje (Alonso y otros, 2003), para mejorar el desempeño global del equipo.

Por esto, el estudiante debe ser rotado en sus roles de trabajo dentro del equipo para facilitar el desarrollo de otros estilos de aprendizaje que no sea el predominante en él, capacitándolo así en el desempeño de actividades que inicialmente le resulten difíciles de realizar.

Metodología de trabajo en aula

Partiendo de los aspectos teóricos que fundamentan la propuesta (Nava, Arrieta y Flores, 2009), se estableció una metodología de trabajo en el aula, la cual se describe en las siguientes etapas:

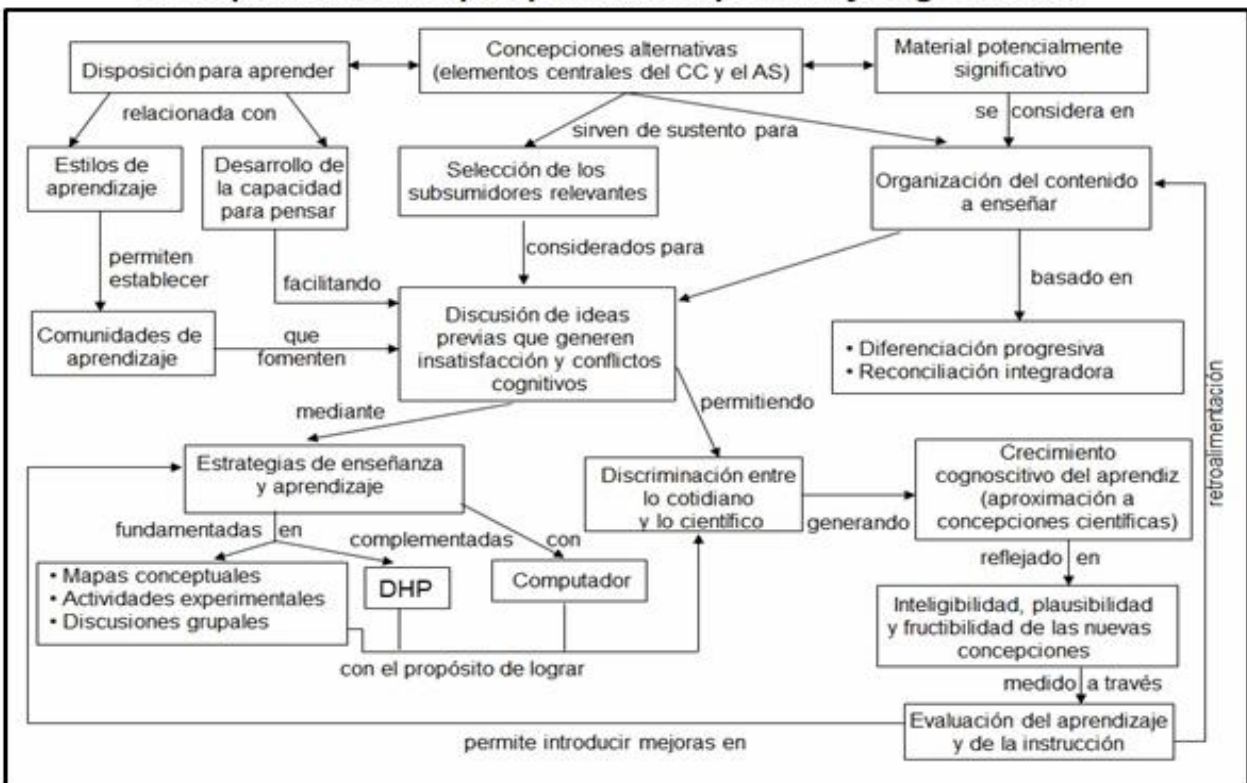
1. Aplicación de un cuestionario para determinar los estilos de aprendizaje.
2. Aplicación de un cuestionario para indagar conocimientos previos sobre los conceptos de carga, fuerza y campo eléctrico.
3. Clasificación de los estudiantes por estilo según el baremo de Alonso, Domingo y Honey (2003), en términos de la puntuación y valoración obtenida.
4. Conformación de los equipos de trabajo considerando diversidad de estilos.
5. Clase expositiva de docente para explicar la construcción del mapa conceptual y mostrar sus ventajas como técnica de aprendizaje para construir significados.
6. Realización de un ejemplo, por parte del docente, sobre la construcción de un mapa conceptual de un aspecto de un tópico de física conocido por los estudiantes
7. Realización por parte de cada estudiante, de un mapa conceptual sobre un tópico conocido por él y sugerido por el docente.
8. Discusión de los mapas conceptuales realizados y elaboración de un mapa consensuado, considerando los conceptos más generales y las palabras enlace más adecuadas.
9. Clase expositiva sobre las fases de los procesos del pensamiento, la importancia de desarrollar habilidades en esta área, las pautas generales para las discusiones y las evaluaciones.
10. Realización de un ejercicio, conjuntamente estudiantes y docente, donde se evidencien las fases de los procesos buscados, con el objeto de explicar a los estudiantes la manera de expresar sus respuestas en el cuestionario de desarrollo de habilidades del pensamiento (DHP), aclarando el propósito del mismo.
11. Entrega de las lecturas relacionadas con el concepto a tratar (carga, fuerza o campo eléctrico) a todos los equipos de trabajo.
12. Asignación de una lectura diferente sobre el mismo tópico a cada grupo, sugiriendo la elaboración de un mapa conceptual, el cual será abordado en la siguiente sesión de clase.
13. Asignación de actividades experimentales, vinculadas con el concepto a tratar.
14. Exposición y discusión del mapa conceptual grupal y de las actividades experimentales.
15. Exposición por parte del docente sobre las ideas científicas abordadas y la integración del contenido tratado en las discusiones, mediante la exposición de un mapa conceptual.

16. Presentación con ayuda del computador (simulaciones, videos, internet) experiencias alusivas al concepto bajo estudio, que refuercen la teoría anteriormente discutida.
17. Una vez culminada la discusión del primer concepto, el docente presenta otras situaciones problemáticas, cuya solución será discutida con los estudiantes.

De manera similar se continúa con los otros conceptos bajo estudio.

Todos los aspectos de la estrategia y la metodología de aula propuesta anteriormente, constituyen los elementos organizadores de una instrucción orientada al cambio conceptual, desde la perspectiva del aprendizaje significativo, considerando las teorías que sostienen su aplicabilidad e interrelación. El modelo propuesto se resume en la figura 1.

Figura 1. Elementos organizadores de la instrucción orientada al cambio conceptual desde la perspectiva de aprendizaje significativo



Los elementos de la instrucción para la superación de ideas previas erróneas que conduzca a un aprendizaje significativo, se centran en los aspectos de este último como son: disposición para aprender, concepciones alternativas y material potencialmente significativo.

Con relación a la disposición para aprender, se destaca el papel relevante de los estilos de aprendizaje predominante en el aprendiz, así como la utilización de sus habilidades para manejar los procesos básicos del pensamiento. Las concepciones alternativas o ideas previas constituyen no solo el elemento central del aprendizaje significativo sino también del cambio conceptual buscado. Por otro lado, el material potencialmente significativo alude a los procesos de reconciliación integradora

y diferenciación progresiva de la información que se presente en la instrucción y su respectiva relación con el conocimiento previo del sujeto.

Dentro de los elementos de la instrucción también se destaca el establecimiento de comunidades de aprendizaje y de discusiones grupales orientadas a la generación de conflictos cognitivos, que permitan reemplazar el conocimiento cotidiano erróneo por el científico o al menos la discriminación entre ambos. Asimismo, se contempla el uso de herramientas heurísticas, tales como elaboración de mapas conceptuales o situaciones problemáticas directamente relacionadas con fenómenos físicos presentes en la cotidianidad. Este tipo de actividades promueven nuevas formas de razonamiento y el desarrollo de otras competencias que hagan a los estudiantes más hábiles a la hora de pensar y manifestar sus respuestas.

Una forma de ayuda al estudiante para comprender tales aspectos científicos sería recurrir al campo de la epistemología de las ciencias y retomar los momentos históricos que dieron origen a ese conocimiento y los supuestos de los cuales se valieron los investigadores de la época para llegar a cristalizar tales teorías, puesto que al igual que los estudiantes, partieron de la percepción del mundo circundante para generar su interpretación de los mismos, y en consecuencia la formulación de leyes y principios válidos para describir su comportamiento.

Desde esta perspectiva, cabe señalar que los docentes dan poca importancia a la evolución histórica del conocimiento y en la mayoría de los casos hacen un uso indiscriminado de un operativismo puro (predominio de un formulismo matemático), dejando a un lado los significados inherentes a las cantidades físicas involucradas en el desarrollo de esas operaciones, y lo más importante, no existe una evaluación de los resultados obtenidos luego de aplicar tal formalismo.

Así pues, se debe insistir con los estudiantes en no matematizar la física, y hacer énfasis en el fenómeno físico, de tal manera que puedan comprender y explicar mejor el entorno que los rodea.

Metodología de la investigación

Población y muestra

El tipo de investigación que se plantea corresponde al nivel explicativo, pues busca caracterizar un fenómeno con el fin de establecer su estructura o comportamiento y determinar el grado de relación existente entre sus elementos para establecer posteriormente, constructos teóricos que expliquen tal relación.

Por otra parte, el presente estudio se dice cuasiexperimental, pues persigue la manipulación deliberada de la *variable independiente* (propuesta didáctica basada en el desarrollo de las habilidades del pensamiento y el cambio conceptual), para ver su efecto sobre la *variable dependiente* (construcción de conceptos científicos).

En este diseño, los sujetos conforman grupos intactos: uno experimental (GE), al cual se le aplicó un estímulo (la propuesta didáctica diseñada); y otro de control (GC), que sirvió como punto de referencia para conocer las variaciones que se generaron como consecuencia del estímulo aplicado, el cual fue sometido a un proceso de instrucción habitual, caracterizado por una enseñanza expositiva, con poca participación del estudiante, manejada con recursos como tiza y pizarrón, y evaluación mediante pruebas de rendimiento únicamente.

En ambos grupos se aplicó un pretest y un postest, para garantizar mayor confiabilidad y validez en los resultados del experimento. Con el primero se indagó sobre el nivel de conocimientos previos del estudiante con relación a la temática abordada (fenómenos electrostáticos), mientras que con ambos, se indagó sobre la efectividad de la estrategia con relación a los fines esperados (construcción de conceptos científicos).

La población en el presente estudio estuvo constituida por 60 estudiantes que conformaban dos secciones de la cátedra Física II, perteneciente al cuarto semestre del pensum de estudios de las carreras de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Facultad de Ingeniería de LUZ, núcleo Maracaibo.

La muestra en este caso correspondió a 24 sujetos, como resultado de la aplicación de la fórmula de Schiffer, señalada por Sierra Bravo (1997), para un total de 60 sujetos y un error estimado del 5%. Así pues, el grupo control estuvo conformado por 24 sujetos y el experimental por 25 sujetos, ambos con características comunes en los sujetos objeto de estudio en cuanto a sexo, edad y promedio académico.

Para determinar los conocimientos previos de los estudiantes (grupo experimental y control), se diseñó y aplicó un cuestionario pre-test, con 29 ítems, con preguntas tanto abiertas como cerradas, sobre los conceptos de electrostática.

En cuanto al baremo asociado a este instrumento, se evidencia en el cuadro 1, y su codificación fue realizada en términos de puntuaciones en la escala de 0 a 20 puntos, haciendo una transformación a partir de la codificación inicial de 0 como ítem no respondido, 1 como ítem respondido incorrectamente y 2 el ítem respondido correctamente. Con base a esta codificación, se realizó la transformación de los promedios por indicadores, dimensiones y variable, respectivamente a la escala indicada en el baremo del Cuadro 1.

Cuadro 1. Baremo para los cuestionarios Pretest y Postest

Valoración para el dominio conceptual	Rango (puntos)
Excelente	(18,01- 20,00)
Bueno	(14,01 – 18,00)
Regular	(6,01 – 14,00)
Malo	(2,01 – 6,00)
Ausente	(0,00-2,00)

Fuente. Las autoras

Luego de la aplicación del modelo instruccional, se aplicó a ambos grupos un cuestionario de 29 ítems (para determinar las concepciones científicas del estudiante), con la finalidad de determinar su incidencia en la variable construcción de los conceptos científicos bajo estudio, representado por el rendimiento académico del estudiante y señalado en las tablas como el dominio conceptual alcanzado por los grupos.

Para el procesamiento de la información, se utilizaron los estadísticos descriptivos de frecuencia y porcentaje, para describir el comportamiento de los grupos experimental y control. En cuanto al rendimiento académico, asociado con el pretest y postest de ambos grupos se aplicó el estadístico t de Student a través de una prueba de comparación de medias para muestras independientes inicialmente, y el de muestras relacionadas posteriormente. El primero de ellos, a nivel del pretest, permitió establecer el grado de homogeneidad de los grupos, y a nivel del postest permitió comparar el grado de construcción del concepto científico logrado en ambos grupos, es decir, permitió probar la hipótesis de investigación, la cual refiere: *“La aplicación de una estrategia didáctica, orientada al cambio conceptual favorece la construcción de conceptos científicos relacionados con los fenómenos electrostáticos”*.

Igualmente, la comparación de medias para muestras relacionadas, permitió establecer el nivel de avance de cada uno de los grupos individualmente.

En cuanto a la validez de contenido de los instrumentos, quedó determinada por la opinión de varios expertos en el área objeto de estudio, quienes evaluaron la pertinencia, coherencia y consistencia de los mismos, con relación a los objetivos de la investigación, las variables, las dimensiones y los indicadores, haciendo algunas observaciones al respecto.

Como recomendación de algunos expertos, se aplicó una prueba piloto de los cuestionarios pretest y postest, para establecer la pertinencia de los enunciados de los ítemes, así como para conocer el tiempo requerido para la realización de la tarea solicitada, y las dificultades que pudieran suscitarse en la interpretación de las preguntas, obteniéndose coeficientes de confiabilidad de consistencia interna de 0,75 y 0,71 para los referidos instrumentos, los cuales se encuentran dentro de los rangos aceptables para pruebas de rendimiento (Ruíz, 2002).

Análisis de resultados

a) Resultados obtenidos del pretest y postest

Se manejaron los estadísticos atendiendo a tres dimensiones fundamentales, asociados con los conceptos científicos que se esperaban construir. Estos son: carga eléctrica, fuerza eléctrica y campo eléctrico. Todos ellos permitieron medir la variable dominio conceptual, asociada al grado de construcción del concepto científico.

En el cuadro 2, se muestra el resultado descriptivo de los dos grupos en el pretest y el postest, para la variable nivel de conocimiento sobre los conceptos de carga, fuerza y campo eléctrico, asociada directamente con la construcción del concepto respectivo.

Al analizar dicho cuadro, se observa que tanto en el GE como en el GC, la mayoría de los sujetos presenta un dominio conceptual sobre los fenómenos electrostáticos ubicados en un nivel regular del baremo, en el pretest, hecho que se evidencia en los porcentajes de 60% y 87,5% correspondientes a los grupos experimental y control, respectivamente. Asimismo, se destaca que no existen sujetos en las escalas de excelente, malo y ausente. Este comportamiento sugiere la homogeneidad de ambos grupos.

Cuadro 2. Distribución frecuencial y porcentual de la variable dominio conceptual asociada al grado de construcción del concepto para ambos grupos

Dominio Conceptual	Grupo Experimental		Grupo Control		Grupo Experimental		Grupo Control	
	Pretest				Postest			
	F	%	F	%	F	%	F	%
Excelente	--	--	--	--	--	--	--	--
Bueno	10	40	3	12,5	14	56	4	16,6
Regular	15	60	21	87,5	11	44	19	79,2
Malo	--	--	--	--	--	--	1	4,2
Ausente	--	--	--	--	--	--	--	--
Total	25	100	24	100	25	100	24	100

Fuente: Las autoras

En líneas generales, tanto los sujetos del GE como los del GC presentan nociones previas sobre los conceptos de carga, fuerza y campo eléctrico, relacionadas con los fenómenos electrostáticos, ubicadas en un nivel de dominio conceptual, principalmente regular, representada por el 73,75% del total de los sujetos en estudio, donde sus puntuaciones oscilan entre 6,01 y 14,00 puntos, de acuerdo con el baremo establecido. Asimismo, el 26,25% de los sujetos presentan un buen dominio conceptual, con puntuaciones desde 14,01 hasta 18,00 puntos.

Con relación al postest, se refleja que el grado de construcción de los conceptos relacionados con los fenómenos electrostáticos, dado por el nivel de dominio conceptual, es superior en el grupo experimental. Este hecho se evidencia en un 56% de sujetos del GE (14 en número) que alcanzaron el nivel bueno, contrastado con un 16,6% (4 sujetos) del GC. Adicionalmente, se muestra como solo 11 sujetos del GE (44%), que conforman la minoría se ubicaron en el nivel regular, en oposición a la mayoría del GC (19 sujetos), dado por un 79,2% que se registraron dentro de la misma escala, aunado al sujeto de este último grupo ubicado en el nivel malo, que representa el 4,2% del total.

De lo anteriormente expuesto puede inferirse que la estrategia diseñada e implementada en el GE, resultó más efectiva que la enseñanza habitual recibida por el GC.

Con el propósito de determinar si la hipótesis de investigación es aceptada, y una vez analizada la distribución frecuencial y porcentual de la variable, tanto en el pretest como en el postest, se aplicó la prueba t de medias para grupos independientes en el pretest por variable, cuyo resultado se muestra en el cuadro 3. Se puede observar que las medias de ambos grupos no distan mucho entre sí, lo que indica que los grupos son homogéneos en cuanto a sus niveles de conocimiento sobre los fenómenos electrostáticos al inicio de la asignatura, tal como se evidenció en el análisis descriptivo realizado. Esta afirmación se ve reforzada al analizar el valor de p de 0,161 (mayor que 0,05), asociado a una t de 1,425, lo que indica que no existen diferencias significativas entre ambos grupos para el criterio establecido para un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 3. Diferencia de Medias para grupos independientes en el pretest por variable

Grupo	N	Media	Desviación típica	Diferencia de media	t	Grados de libertad	Significancia bilateral (Valor p)
Experim.	25	13,1156	2,8892	1,0035	1,425	47	0,161
Control	24	12,1121	1,9251				

Fuente: Las autoras

Por tanto, se infiere que ambos grupos presentan comportamientos similares a la entrada, tanto en dimensiones como en la variable, tal como se indicó inicialmente en la descripción porcentual y frecuencial de los mismos.

Un análisis similar se efectuó para el caso del postest, resultando los parámetros indicados en el cuadro 4. En este caso se observa como la media del GE está por encima de la del GC indicando, tal como se dijo anteriormente, que el dominio conceptual de los estudiantes sometidos a la estrategia, supera el de los sujetos que experimentaron una enseñanza habitual o tradicional. Asimismo, una p de 0,001 (menor que 0,05) asociada a una t de 3,470, indica que existen diferencias altamente significativas en el dominio conceptual de ambos grupos, a favor del GE.

Cuadro 4. Diferencia de Medias para grupos independientes en el postest por variable

Grupo	N	Media	Desviación típica	Diferencia de media	t	Grados de libertad	Significancia bilateral (Valor p)
Experim.	25	14,0332	2,5984	2,4599	3,470	47	0,001
Control	24	11,5733	2,3510				

Fuente: Las autoras

Lo anteriormente expuesto conlleva a la comprobación de la hipótesis propuesta en la presente investigación.

Adicionalmente, para indagar sobre la evolución de los dos grupos, se aplicó la prueba de comparación de grupos relacionadas o pareada. Esto permite explicar el comportamiento de cada grupo aisladamente, y comparar su nivel de conocimiento final con respecto a su nivel inicial. Así, para el grupo control, se evidencian los resultados en el cuadro 5 para la variable. Se puede notar que el grupo control presenta una p de 0,216 asociado a una t de 1,271, indicando que no existen diferencias significativas entre el conocimiento sobre fenómenos electrostáticos inicial y el final, y además que el rendimiento inicial se considera un tanto superior al final, situación preocupante.

Cuadro 5. Comparación pareada por variable grupo control (pretest – postest)

Variable	N	Media de las diferencias	Desviación típica	t	Grados de libertad	Significancia bilateral (Valor p)
Nivel de conocimientos en electrostática	24	0,5387	2,0767	1,271	23	0,216

Fuente: las autoras

Con relación al GE, en el cuadro 6, se evidencian progresos en los mismos indicadores que se mencionaron para el grupo control, pero a diferencia de éste, en el GE las diferencias fueron altamente significativas entre los dominios conceptuales reflejados a la entrada y la salida, a favor del postest, reflejado en una $p = 0,007 (< 0,05)$ asociado a una $t = -2,978$, es decir, que el GE realizó progresos notorios en sus concepciones. Este hecho conlleva a pensar que se logró alguna reestructuración en los significados que inicialmente le atribuían a los conceptos de electrostática, logrando en estos términos en cambio conceptual buscado.

Cuadro 6. Comparación pareada por variable grupo experimental (pretest – postest)

Variable	N	Media de las diferencias	Desviación típica	t	Grados de libertad	Significancia bilateral (Valor p)
Nivel de conocimientos en electrostática	25	-0,9176	1,5408	-2,978	25	0,007

Fuente: Las autoras

Conclusiones

Todo intento por mejorar la calidad y pertinencia de los aprendizajes, representa la principal tarea de todo docente. En este sentido, no solo se debe tener en cuenta los objetivos instruccionales a alcanzar, sino también las formas más adecuadas de enseñanza, que conlleven al desarrollo de habilidades en la realización de cualquier actividad que le competa al estudiante realizar, en términos de lograr un aprendizaje efectivo de los contenidos programáticos, permitiendo formarse como profesionales exitosos a la hora de resolver problemas y tomar decisiones, con capacidad crítica y reflexiva, adaptándose rápidamente a los cambios de la sociedad.

Desde esta óptica, la presente investigación, propone la aplicación de la estrategia didáctica en la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos de carga, fuerza y campo eléctrico. El hecho de que se estudien los conceptos antes mencionados, obedece a la dificultad para aprender que ofrecen, situación que es señalada en virtud de la experiencia docente de las autoras.

En cuanto la implementación de la propuesta, se encontró gran receptividad a la misma por parte de los estudiantes, y de los docentes de la cátedra. Sin embargo, deben tomarse precauciones con el control del tiempo, para poder realizar todas las actividades programadas.

Con relación a la validación de la estrategia, sustentada por la prueba de hipótesis realizada, muestra que el grado de construcción del concepto científico logrado, dado por el nivel de dominio conceptual alcanzado, es superior en el grupo experimental, al compararse con el del grupo control. Se logró construir conceptos con significados, que pueden dar cuenta, de manera científica, de los fenómenos del entorno, demostrando que las concepciones iniciales del estudiante necesitaban una reestructuración. De ello se infiere que la estrategia implementada resultó más efectiva que la enseñanza habitual, basada en el uso de clases netamente expositivas donde la participación del estudiante es nimia.

Como consecuencia de la afirmación anterior, se logró ampliar los esquemas conceptuales y modelos mentales de los estudiantes, pues sus concepciones iniciales fueron modificadas, generando significados más próximos al conocimiento científico. Así, se logró el cambio conceptual buscado en la mayoría de los sujetos. Sin embargo, es importante señalar que aún existen concepciones alternativas (Limón y Carretero, 1996; Tamayo, 2002) en algunos estudiantes, que muy a pesar de la instrucción recibida, aún continúan siendo resistentes al cambio, tal como lo afirman autores como Furió y Guisasola (1993; 1999), Martín y Solbes (2001), Carrascosa (2005) y Pozo (1999), entre otros.

Por otra parte, los resultados encontrados que hablan a favor de la estrategia, permiten afirmar que se logró la transferencia de conocimientos a nuevos contextos y situaciones; se incrementó la participación de los estudiantes en las clases; se concientizó al estudiante sobre sus potencialidades y limitaciones para aprender, al indagar sobre su estilo de aprendizaje predominante, y las bondades que éste le ofrece al momento de obtener algún conocimiento; se diversificó el criterio de evaluación de los aprendizajes, mediante el uso de mapas conceptuales; se logró fomentar el trabajo cooperativo en el aula propiciando diversidad de estilos para aprender.

Referencias

- Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (2003). *Los estilos de aprendizaje: procedimientos de diagnóstico y mejora*. Ediciones Mensajero, Bilbao.
- Amestoy de Sánchez, M. (2004). *Desarrollo de habilidades del pensamiento: Procesos Básicos del pensamiento*. Editorial Trillas, México.
- Andrés, M. (2004). *Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y cognitivas: caso carrera de profesorado de física*. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos. España.
- Arrieta, X. y Cova Á. (2006). Fichas de actividades basadas en el aprendizaje. Caso: Formación de imágenes con lentes. *Memorias de la IX Conferencia Iberoamericana de Educación para la Física*. San José, Costa Rica.
- Arrieta, X. y Delgado, M. (2006). Tecnologías de la información en la enseñanza de la física de educación básica. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*. Año 3, N° 1, pp. 63-76.
- Arrieta, X. y Marín, N. (2002). Del experimento al concepto. *Encuentro Educativo*. 9(2), pp. 125-146.
- Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas. México.

- Banyard, P; Cassells, A; Green, P; Hartland, N; Hayes, N y Reddy, P. (1995). *Introducción a los procesos cognitivos*. (1ª edición). Editorial Ariel. Barcelona, España.
- Carrascosa, J. (2005). 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(2), pp. 183-208.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1993). ¿Puede ayudar la historia de la ciencia a entender por qué los estudiantes no comprenden los conceptos de carga y potencial eléctrico? *Revista Española de Física*. 7(3), pp. 46-50.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 441-452.
- Limón, M y Carretero, M. (1996). *Las ideas previas de los alumnos: ¿qué aporta este enfoque a la enseñanza de las ciencias?*, en M. Carretero (Comp). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*, Aique, Buenos Aires, Argentina, pp. 19-45.
- Martín, J. y Solbes, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en Física. *Investigación didáctica*, 19(3), pp. 393-403.
- Meleán, R., Arrieta, X. y Escalona, M. (2010). Esquemas previos sobre dinámica bajo la teoría de los campos conceptuales. Consideraciones para el cambio. *Encuentro Educativo*. Vol. 17(2), pp. 269-291.
- Meleán, R., Arrieta, X. y Escalona, M. (2010). Esquemas previos sobre dinámica bajo la teoría de los campos conceptuales. Consideraciones para el cambio. *Encuentro Educativo*. Vol.17(2), pp. 269-291.
- Moreira, M. y Greca, I. (2003). Cambio conceptual: Análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciencia y Educación*. [Revista en línea], 9(2), pp. 301-315. Disponible en www.if.ufrgs.br/~moreira/cambioconceptual.pdf. Consulta: 8/01/2010.
- Nava, M; Arrieta, X y Flores, M. (2008). Ideas previas sobre carga, fuerza y campo eléctrico en estudiantes universitarios. *Revista Telos*. 10(2), pp. 308-323.
- Nava, M; Arrieta, X y Flores, M. (2009). Referentes teóricos de una instrucción orientada a la construcción de conceptos científicos en física. *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*. 24(4), pp. 77-90.
- Novak, J. y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a Aprender*. Barcelona, Martínez Roca.
- Poggioli, L. (2005). *Estrategias de resolución de problemas*. Libro 5. Serie Enseñando a aprender. (Segunda edición). Fundación Polar, Venezuela.
- Posner, G; Strike, K; Hewson, P y Gertzog, W. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), pp. 211-227.
- Pozo, J. (1999). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. (6ª edición). Ediciones Morata, S.L. Madrid, España.
- Priestley, M (2004). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. (1ª edición). Editorial Trillas. México, D.F.
- Reigosa, C. (2006). Una experiencia de investigación acción acerca de la redacción de informes de laboratorio por alumnos de física y química de primero de bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), pp. 325-336.

- Ruíz, C. (2002). *Instrumentos de investigación educativa. Procedimiento para su diseño y validación*. (2ª edición). Editado por CIDEG. Barquisimeto, Venezuela.
- Sierra Bravo, R (1997). *Técnicas de Investigación social. Teoría y ejercicios*. 11ma edición. España. Paraninfo.
- Tamayo, O. (2002). De las concepciones alternativas al cambio conceptual en la enseñanza y aprendizaje. [Documento en línea]. Consultado el 15 de enero de 2010 en: docencia.udea.edu.co/educacion/gecem/ConferenciaOscarTamayo.pdf
- Vygotsky, L. (1983). *Pensamiento y lenguaje*. En: Compilación de obras (Vol. 2). Moscú, Ediciones de la Academia de Ciencias Pedagógicas.

Las Autoras:

Marianela Nava: Bachiller en Ciencias (1986). Ingeniera Electricista (1993). Magíster Scientiarum en Ciencias Aplicadas, Área Física (2001), Postgrado de la Facultad de Ingeniería. Doctora en Ciencias de la Educación (2006), Postgrado de la Universidad Rafael Bellosó Chacín. Profesora contratada en el Colegio Universitario Dr. Rafael Bellosó Chacín (1994-1995). Profesora Titular a Dedicación Exclusiva de la Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Física (Desde 1994 hasta la actualidad). Jefe (E) de la Cátedra Física II del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería (desde 2006 hasta la actualidad). Jefe (E) de la Cátedra Física III del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería (desde 2010 hasta la actualidad). Jefe (E) del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería (desde 2006 hasta la actualidad). Coordinadora de la maestría en Ciencias Aplicadas, Área Física del Posgrado de Ingeniería de LUZ (desde 2010 hasta la actualidad). Autora y coautora de artículos publicados en revistas nacionales. Investigadora activa, con proyectos inscritos en el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) (2008 al 2012). Colaboradora en la línea Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Naturales del Doctorado en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades y Educación (desde 2006 hasta la actualidad) y en la línea Estrategias Instruccionales de la Facultad de Ingeniería de LUZ. Investigadora acreditada al PPI, nivel candidato, (2008). Acreditada al PEII, Nivel A, (2011)

Xiomara Arrieta: Profesora Titular a Dedicación Exclusiva de la Universidad del Zulia, Facultad de Humanidades y Educación, Departamento de Matemática y Física. Técnico Químico (1977), Licenciada en Educación, mención Cs. Matemáticas (1984). Magíster Scientiarum en Matemática Aplicada, Facultad de Ingeniería (1990). Magíster Scientiarum en Ciencias Aplicadas, área Física, Facultad de Ingeniería (1992). Doctora en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades y Educación (2003). Jefa de Laboratorio de Física, Directora del Centro de Estudios Matemáticos y Físicos (1999-2001), Jefa del Dpto. de Matemática y Física (2003-2004). Asesora y Coordinadora del despacho de la Secretaría de LUZ (2004-2008). Coordinadora de procesos administrativos del Vicerrectorado Académico de LUZ (2008 hasta la actualidad). Autora y coautora de artículos publicados en revistas nacionales e internacionales. Investigadora activa en la línea Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Naturales, con proyectos inscritos en el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES). Investigadora acreditada al PPI, nivel I, (2004) y al PPI, nivel II, (2006). Acreditada al PEII, Nivel B, (2011).

María Flores: Bachiller en Ciencias (1986). Ingeniera Electricista (1994). Magíster Artium en Ciencias Aplicadas, Área Física, mención: Docencia en Educación Superior (2000). Postgrado de la Facultad de Ingeniería. Doctora en Ciencias de la Educación (2006), Postgrado de la Universidad Rafael Bellosó Chacín. Profesora contratada en el I.U.P. Santiago Mariño (1995-1997). Directora de

las escuelas de Eléctrica y Electrónica del I.U.P. Santiago Mariño (1996-1997). Profesora Asociada a Dedicación Exclusiva de la Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Física (Desde 1996 hasta la actualidad). Jefe de la Cátedra Física I del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería (2002-2003) y (2007- 2008). Autora y coautora de artículos publicados en revistas nacionales. Investigadora activa, con proyecto inscrito en el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012). Colaboradora en la línea Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Naturales del Doctorado en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades (desde 2006 hasta la actualidad) y en la línea Estrategias Instruccionales de la Facultad de Ingeniería de LUZ. Investigadora acreditada al PPI, nivel Candidato (2008). Acreditada al PEII, Nivel A, (2011).