

Congreso Iberoamericano de Educación

METAS 2021

Un congreso para que pensemos entre todos la educación que queremos
Buenos Aires, República Argentina. 13, 14 y 15 de septiembre de 2010

COMPETENCIAS BÁSICAS

El pensamiento físico-matemático como un objeto de estudio de la didáctica de la física

Pablo Alejandro Aragón; Carolina Marín Santamaría¹

¹ Grupo de Investigación Enseñanza de La Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. lcfisica@gmail.com; carolalaloca_masa@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La didáctica de las ciencias desde hace algún par de décadas ha empezado a ser considerada como una disciplina autónoma, en gran medida debido a que se ha fundamentado desde argumentos teóricos independientes, con sus propios métodos y objetos de investigación consolidados a partir de la epistemología, la historia de las ciencias y la psicología de la educación[1]. De la misma forma lo ha hecho la Didáctica de la Física, en la medida en que investigaciones recientes la han caracterizado como una disciplina autónoma que cuenta con sus propios objetos de estudio, al igual que unas metodologías de investigación, y un marco conceptual que la fundamenta en proceso de construcción [2].

Se presentan en este trabajo algunos resultados parciales de investigaciones que señalan a la didáctica de las ciencias y de la Física como disciplinas autónomas, así mismo se establece y caracteriza al Pensamiento Físico-Matemático y su relación con la enseñanza de la Física y con la Didáctica de la Física.

2. LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS COMO DISCIPLINA AUTÓNOMA

A lo largo de la historia se ha acostumbrado a enmarcar la didáctica de las ciencias como una rama que se deriva de varias disciplinas, tales como la didáctica general, las ciencias naturales, la pedagogía o la psicología educativa. Esta concepción no contempla realmente el desarrollo epistemológico que ha tenido la didáctica de las ciencias así como la especificidad conceptual que implica describirla, que sin duda se ha formado a partir de los desarrollos epistemológicos y psicológicos de estas disciplinas del saber, sin decir que sean estas mismas las que la definen[2]. La didáctica de las ciencias se retroalimenta y considera los conocimientos desarrollados en la psicología y la ciencia cognitiva, debido a que en la educación los desarrollos en cuanto a la cognición y el aprendizaje son ampliamente valorados, entre otros; dejando entrever que la didáctica de las ciencias tampoco es una derivación de la psicología[1].

Algunos factores que evidencian el carácter autónomo de la didáctica de las ciencias son:

- El incremento de artículos de corte investigativo en torno a la caracterización de la didáctica de las ciencias como una disciplina independiente y científica, y la aceptación por parte de los campos profesionales en los que se enmarcan.
- Aumento de la producción bibliográfica, como manuales, diccionarios y publicaciones en torno al desarrollo investigativo del campo[3].
- La consolidación de programas de postgrado en Didáctica de las Ciencias, reconociendo esta como un área de saber específico[4].
- Incremento de profesionales dedicados a la investigación en didáctica de las ciencias, consolidando un cuerpo específico de investigadores que poseen medios de difusión propios[1].

3. LA DIDÁCTICA DE LA FÍSICA

La Didáctica de la Física se considera como una disciplina autónoma que realiza sus estudios en torno a los contenidos que tienen que ver estrictamente con Física y se enriquece de otras disciplinas, tomando los desarrollos en epistemología e historia de la física, teorías del aprendizaje desde la neurología, psicología cognitiva y la sociología en los ámbitos educativos, enfocándose netamente en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Desde un punto de vista epistemológico se considera que la didáctica de la física no constituye una rama de la didáctica general, de la didáctica de las ciencias y de ninguna forma de la pedagogía [2]. Es así que centraremos nuestra

atención en uno de los objetos de estudio de la Didáctica de la Física que es el Pensamiento Físico-Matemático.

4. EL PENSAMIENTO FÍSICO-MATEMÁTICO (PFM)

El que una persona consiga construir un concepto, una idea, o una explicación pertinente² sobre alguna fenomenología física, depende significativamente del nivel de desarrollo de su pensamiento, caso contrario a si consideramos que el hecho de enseñar física forma automáticamente en nuestros estudiantes dicho pensamiento, por lo general el aprendizaje de algún concepto involucra que de antemano el estudiante haya desarrollado algunas habilidades que le permitan: comparar, describir, analizar, sintetizar, abstraer, modelar, etc. A este conjunto de habilidades le hemos denominado Pensamiento Físico-Matemático (PFM)[2], de manera que el nivel de aprendizaje de la Física está directamente relacionado con el nivel de desarrollo dicho pensamiento[5].

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL PENSAMIENTO FÍSICO-MATEMÁTICO

El Pensamiento Físico-Matemático es en sí mismo la representación visible de la muy conocida pero poco comprendida, relación entre la Física y las Matemáticas, que ubica a la matemática como el lenguaje ó la herramienta que permite caracterizar los distintos fenómenos físicos por medio del uso de algoritmos, lo cual ha llevado a pensar que el aprendizaje de la física se reduce al desarrollo y la aplicación de dichos algoritmos, sin embargo esta imagen de las matemáticas como un lenguaje puede constituir en un error si no es vista desde los fundamentos que caracterizan al lenguaje como una estrategia que permita la construcción, la interpretación, la abstracción y la consolidación de significados para el docente y para el estudiante sobre los fenómenos Físicos.

De esta forma el desarrollo del Pensamiento Físico-Matemático involucra que el estudiante sea capaz de matematizar, que no debe entenderse simplemente como el aplicar algoritmos para resolver ejercicios de lápiz y papel.

Este concepto de matematizar involucra a la par el desarrollo de los distintos tipos de Pensamiento Matemático[6] que se clasifican en pensamiento: numérico, espacial, métrico, probabilístico y aleatorio, y el pensamiento analítico o variacional. Es así que el desarrollo del Pensamiento Físico-Matemático se fundamenta en el desarrollo y la existencia de los cinco tipos de Pensamiento Matemático.

A continuación se muestra la forma como se caracteriza el pensamiento matemático y su relación con el aprendizaje de la Física por medio de un ejemplo.

- Pensamiento Numérico: está caracterizado por la comprensión del uso y de los significados de los números, de los distintos sistemas de numeración, así como del sentido y significado de las diversas operaciones entre ellos. Así por ejemplo, la necesidad de representar elementos físicos (funciones, vectores, operadores...) por medio de números reales (o complejos) involucra que los estudiantes dominen las operaciones establecidas y permitidas para dichos conjuntos a la vez que den sentido a las cantidades físicas que se están representando[7].
- Pensamiento Espacial: entendido como un conjunto de procesos que permiten establecer y dar uso a las representaciones mentales de los distintos objetos

² La pertinencia en este contexto se refiere al mayor grado de apropiación de un concepto de manera que no genere conflictos en el pensamiento de la persona, y que esta pueda dar cuenta de esta en la realidad.

en el espacio, las relaciones entre ellos y sus transformaciones. Este tipo de pensamiento involucra el estudio de los sistemas geométricos que en particular guardan una relación directa con algunos conceptos fundamentales de la física, a manera de ejemplo se menciona la obra (*Philosophiæ Naturalis principia Mathematica*) escrita por Isaac Newton en 1687, en donde Newton realiza un tratamiento geométrico riguroso de los distintos sistemas mecánicos.

- Pensamiento Métrico: hace referencia al dominio que tienen las personas de las magnitudes y las cantidades en general, así como de su medición y su equivalencia en los distintos sistemas métricos. En el estudio de la Física se hace necesario el desarrollo de este pensamiento, ya que por lo general las magnitudes físicas se expresan de manera distinta según el país y según las necesidades de la persona, así como permite entender la comparación como un modo de observación.
- Pensamiento Aleatorio: está asociado a la toma de decisiones en situaciones en que no se tiene certeza ontológica de su evolución, debido a causas como la falta de información confiable. Es básicamente una de las formas de acercarnos a conocer el mundo subatómico, en donde el sujeto observador establece los criterios de medición y observación de sistemas que escapan a nuestras sensaciones directas.
- Pensamiento Variacional: tiene que ver con la manera en que se reconoce, se percibe e interpreta la variación y el cambio en diferentes contextos, así como con la manera en que se modela, sintetiza y representa. Habilidad fundamental en la construcción de la Física, por permitirnos sistematizar la información que ofrece la experiencia cotidiana y de laboratorio.

Otra forma de ilustrar la relación entre los tipos de pensamiento matemático y los conceptos físicos, es por medio de la primera ley de Newton. El motivo por el cual se escogió esta ley en particular es debido a que los estudiantes³ suelen pensar que es una ley cualitativa y no tiene nada que ver con las matemáticas. Sin embargo, un análisis más elaborado muestra que profundizar en la comprensión de la ley de inercia, involucra el desarrollo de algunos de los pensamientos matemáticos mencionados.

Sabiendo que la primera ley de Newton anuncia que:

“Todo cuerpo permanece en reposo o en movimiento uniforme a menos que sobre él actué una fuerza”[8]

Cuando dice: todo cuerpo, lleva a pensar en la forma que tiene tal cuerpo, así como su ubicación en el espacio (**pensamiento espacial**), del mismo modo que se debe representar dicho cuerpo como puntual para comprender más fácilmente los efectos de las fuerzas que actúan sobre él, lo cual es una representación que obliga al pensamiento a hacer una abstracción. Cuando se dice; permanece en reposo, lleva a establecer las condiciones bajo las cuales el cuerpo está en reposo, así como obliga a definir el movimiento, dado que para un observador el cuerpo puede estar en reposo (una persona que viaja a la misma velocidad y en la misma dirección del cuerpo, vería que ni el cuerpo ni él se mueven, por lo que asegura que el cuerpo está en reposo), pero para otra persona que no viaja a la misma velocidad del objeto, sino menor, vería que el cuerpo se aleja. Podemos entonces preguntarnos ¿el cuerpo está en reposo ó

³ Ejercicio hecho con estudiantes de cuatro semestres consecutivos de los seminarios de didáctica de la física pertenecientes al Proyecto Curricular de Licenciatura en Física en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

se mueve?, la única manera de resolver esta pregunta es estableciendo un sistema de referencia (**pensamiento métrico y espacial**).

De esa forma la respuesta sería: está en reposo si se mira desde el sistema de referencia del primer observador, y se mueve si se hace desde el sistema de referencia del segundo observador, clásicamente los movimientos percibidos por los dos observadores están relacionados por medio de las transformaciones Galileanas y si hacemos consideraciones modernas (velocidades relativas comparables a la de la luz) estos movimientos se relacionan por medio de las transformaciones de Lorentz, esto implica una matematización del sistema físico al cual nos estamos refiriendo (**pensamiento variacional**). Continuando con la ley... *a menos que sobre él actúe una fuerza...* lleva a caracterizar la fuerza como una acción que produce cambios en el estado de movimiento de un cuerpo y cuya representación más apropiada para el caso es la vectorial (**pensamiento numérico, métrico, espacial, variacional**).

El hecho de tener que hacer abstracciones, establecer y caracterizar un sistema de referencia, definir fuerza y analizar los estados de movimiento, implica que la primera ley de Newton no puede ser considerada como una ley que no tiene nada que ver con las matemáticas y por tanto al utilizar “matematizaciones, o recurrir al uso de habilidades enmarcadas en los distintos tipos de pensamiento matemático” para resolver o para sintetizar un problema físico, ya no se hablaría de un conocimiento físico, sino de un conocimiento Físico-Matemático.

4.2 EL PFM COMO UN OBJETO DE ESTUDIO DE LA DIDÁCTICA DE LA FÍSICA

Se ha caracterizado en las secciones anteriores el Pensamiento Físico-Matemático como un conjunto de habilidades que se deben desarrollar en nuestros estudiantes para que estos puedan formarse imágenes sobre alguna fenomenología física. Se ha considerado además que la Didáctica de la Física debe ser vista más allá de la aplicación metodológica de las distintas corrientes pedagógicas, y debe asumirse entonces como una disciplina autónoma que cuenta con sus propios objetos de estudio y sus propias metodologías de investigación, en donde esta visión de la Didáctica de la Física la ubica como la encargada de “investigar sobre los saberes y sobre los procesos mentales del docente y los estudiantes de Física, así como los elementos de apoyo y las particularidades del espacio académico de la Física con el fin de aprovechar esta rama del conocimiento para procurar el desarrollo de las personas y los grupos sociales”[2].

Esta visión de didáctica de la física también involucra un aspecto muy importante que tiene que ver con la visión que tiene el docente de física sobre la finalidad de enseñar Física, que por lo general es que: “el estudiante que estudia Física aprenda Física”, esta visión centra su atención en el desarrollo de la Física misma, en donde el concepto o la teoría se convierten en la meta a conseguir, muy distinto a asumir como un objetivo de la enseñanza de la Física que los estudiantes desarrollen su pensamiento científico por medio de la Física, donde el concepto o la teoría no son la meta a conseguir sino una herramienta de trabajo por medio de la cual el docente de física pretende que el estudiante desarrolle su pensamiento, en este caso hablamos particularmente de el Pensamiento Físico-Matemático.

5. CONCLUSIONES

Establecer a la didáctica de la física como una disciplina autónoma involucra un cambio radical en lo que se refiere a tres aspectos:

- El docente de Física: debe asumirse como un investigador que investiga sobre: su ejercicio como docente, el desarrollo de su pensamiento, estrategias para la formación de habilidades de pensamiento de sus estudiantes por medio de los conceptos de la física, desde donde estos sean capaces de adelantar sus propias investigaciones en pro de su crecimiento como personas y como integrantes de una sociedad.
- El uso de los conceptos y teorías de la Física: deben ser considerados como una herramienta de trabajo dentro y fuera del aula desde donde formar habilidades de pensamiento en los estudiantes y no como la meta a conseguir.
- El desarrollo del Pensamiento Físico-Matemático: corresponde a uno de los objetos de estudio de la didáctica física, a partir del cual el estudiante construye y da significados a los diferentes fenómenos físicos por medio de la matematización de un sistema que a su vez requiere del desarrollo de los cinco tipos de Pensamiento Matemático.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] Adúriz, A. Izquierdo, M., *Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 1,3:130-140.

[2] Vizcaíno, D. Castiblanco, O. *¿Qué es Didáctica de la Física?*. Memorias "X Conferencia Interamericana de Educación en Física". Universidad de Antioquia. Medellín. 2009.

[3] Gil. D., *New trends in science education*. International Journal of Science Education, 1996, pp. 889-901.

[4] Gil, D. Carrascosa, J. Martínez, S., *Una disciplina emergente y un campo específico de investigación*. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.), "Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias", Alcoy: Marfil, (2000), pp. 11-34.

[5] Castiblanco, O. Vizcaíno, D., *La didáctica de la Física desde la formación de imágenes en el pensamiento*, Journal of Science Education. vol 10. Special Issue. Universidad Antonio Nariño. Memorias "International Congress of Science Education" Cartagena, 2009, pp. 75

[6] Ministerio de Educación Nacional. *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*, 2006.

[7] Zapata, G. Quintero, M. Quintero, R. Rojas, R. Moreno, F. Silva, G. Villegas, A. Arrubla, M. *Pensamiento numérico y sistemas numéricos: interpretación e implementación de los estándares básicos de matemáticas*. Medellín: Digital Express Ltda. pp. 17.

[8] Marion J. *Dinámica clásica de las partículas y sistemas*. 2nd edición, Editorial Reverté, Barcelona, 2003, pp. 52.