

# MOVIMIENTO PLANETARIO E HISTORIA DE LA CIENCIA

TORRES, Y. I<sup>1</sup>., ARÉVALO, J. R<sup>1</sup>Y GONZÁLEZ, M. H<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Enseñanza de las Ciencias y la Astronomía. tjarevaloch@gmail.com. jotorres.fis@gmail.com , <sup>2</sup>Grupo de Instrumentación Científica & Didáctica. mhgonzalm@gmail.com.  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.

Algunos autores indican que los paradigmas tradicionales se muestran incapaces de lograr una apropiación de los conceptos, requiriéndose replantear el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias puesto que se evidencian algunas visiones deformadas del conocimiento científico y de la ciencia.

Se presenta el análisis de una experiencia pedagógica desarrollada desde la perspectiva de incorporar elementos del enfoque contemporáneo de la historia de la ciencia en la enseñanza y el aprendizaje de la física. En el desarrollo de la experiencia, se estudiaron problemas y modelos explicativos sobre el movimiento planetario, ubicándolos en el contexto en el que se produjeron y destacando elementos relativos a la naturaleza de la ciencia. La experiencia se adelantó con estudiantes de primer semestre del Proyecto Curricular de Licenciatura en Física de la Universidad Distrital en el año 2010. La experiencia contribuye en la caracterización de visiones alternativas de la naturaleza de la ciencia y el conocimiento científico.

Palabras claves: Historia de la ciencia, naturaleza de la ciencia, conocimiento científico

Some authors suggest that traditional paradigms are incapable of achieving an appropriation of concepts, requiring rethinking the teaching and learning of science as demonstrated through some distorted view of scientific knowledge and science. We present the analysis of educational experience developed from the perspective of incorporating elements of contemporary approach to history of science in teaching and learning of physics. In the development of experience, we studied problems and explanatory models of planetary motion, placing them in the context in which they were produced and highlighting elements of the nature of science. The experience was ahead with students in the first half of the Curriculum Project Degree in Physics from the University Distrital in 2010. The experience contributed to the characterization of alternative visions of the nature of science and scientific knowledge.

**Keywords:** History of science, nature of science, scientific knowledge

## INTRODUCCION

Realizar el estudio del fenómeno movimiento planetario desde la perspectiva de incorporar elementos del enfoque contemporáneo de la historia de la ciencia, en procura de transformar la idea de naturaleza de la ciencia existente, exige: a) esclarecer cuales son los elementos de la historia de la ciencia que se pretenden involucrar, b) investigar cuál es la imagen de naturaleza de la ciencia predominante en el grupo y c) establecer los aportes de la historia de la ciencia en la construcción de nociones de naturaleza de la ciencia acordes a la visión contemporánea. De este modo, consideramos que abordar la enseñanza y el aprendizaje de los fenómenos naturales desde la historia de la ciencia puede favorecer: a) la construcción de problemas que originan y suscitan las teorías aceptadas por las comunidades científicas; b) los aciertos y desaciertos de las ciencias; c) los cambios y dificultades del conocimiento en su desarrollo; d) el estudio y comprensión, de parte de los y las estudiantes, de todos los elementos constitutivos de la ciencia (física), y e) la transformación, entre los futuros docentes, tanto de la imagen que actualmente, comparten, sobre la naturaleza de la ciencia, como sus diseños metodológicos de enseñanza.

En la fundamentación de la actividad desarrollada convergen las aportaciones de la historia de la ciencia con los hallazgos de la didáctica de la física. Para el caso que se desarrolló aquí, se construyeron cuatro categorías de análisis, con el objeto de analizar el fenómeno a la luz de estas categorías.

## PROBLEMA

En la actividad docente confluyen diversas ideas acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, las cuales son influenciadas por concepciones referentes a la naturaleza de la ciencia y el conocimiento científico. Estas concepciones, definen el proceso de construcción de conocimiento tanto del saber físico como del saber pedagógico y se fundamentan en los siguientes aspectos acerca de la forma habitual de la enseñanza de la física: a) Se enseña de acuerdo al modelo de transmisión de conocimientos, b) Las acciones de aula se fundamentan en la epistemología aristotélico-empirista, que se puede sintetizar en los siguientes elementos: La experiencia es la única fuente de conocimiento, la observación y las teorías son procesos di-

ferentes, la lógica de la ciencia física se reduce a la comprobación de teorías, el uso que se hace de la historia de la ciencia suele limitarse al empleo esporádico de biografías o a la mención de algunas anécdotas. De manera general los currículos de ciencia se centran en el desarrollo de contenidos. Se rigen por la lógica interna de la ciencia; olvidándose de aspectos referidos a la naturaleza de la ciencia, tales como: las influencias externas y cómo estas han influido en su construcción; los métodos usados para su validación: la naturaleza de la comunidad científica; los vínculos con los sistemas tecnológicos y viceversa; los aportes de esta a la cultura y viceversa. (Acevedo, Vázquez, Martín, Otros, 2005[1]; Mattheus, 1994[2]) De esta manera la actividad científica queda reducida a libros de texto y a catálogos de aspectos puntuales en donde lo que cuenta es la ley establecida, el descubrimiento efectivo y no las ideas que guiaron hacia los descubrimientos

Desde esta perspectiva, es pertinente investigar, acerca de las potencialidades del uso de la historia de la ciencia en la formación de licenciado en física, por cuanto se estudia una alternativa para el mejoramiento del proceso de enseñanza aprendizaje de la física fundada a partir del problema de superar el modelo tradicional, y que se aborda desde las actuales tendencias y alternativas de innovación en la enseñanza de las ciencias y desde la incorporación de la historia de las ciencias.

## ANTECEDENTES

La experiencia aquí presentada hace parte de un estudio más amplio orientado a analizar las potencialidades didácticas de la historia de la ciencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, al estudio de concepciones y nociones sobre imagen y naturaleza de la ciencia de algunos maestros de Bogotá (J. Arévalo, Y. Torres, J. Ortiz D, G. Lopez. 2006)[3] y al estudio de las estrategias metodológicas utilizadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física en el Proyecto Curricular de Licenciatura en Física de la Universidad Distrital.

Para realizar el desarrollo y análisis de la experiencia se tomaron como referente cuatro categorías (J. Granés, (2001)[4]: Carácter del fenómeno y del problema; modelos explicativos; el contexto externo; papel de la Observación. En el cuadro uno se presenta la descripción y caracterización de cada una de las categorías desde las perspectivas tradicional y contemporánea de la historia de la ciencia. Se presentan aquí, los resultados referidos al análisis de las categorías uno y dos.

## METODOLOGIA

La experiencia tiene como elementos iniciales las concepciones de los y las estudiantes, sobre la naturaleza de la ciencia e historia de la ciencia. Dichos resultados mostraron, particularmente, falencias en la fundamentación en Historia de la física, lo mismo que un profundo desconocimiento de las diversas perspectivas sobre la naturaleza de la ciencia (particularmente de la física) y sus posibilidades, en torno a las prácticas de aula (J. Arévalo, Y. Torres. (2010)[5]

La experiencia se adelantó, durante un trimestre, con una intensidad de 2 horas semanales, y se desarrolló en la línea de investigación cualitativa, particularizado en estudio de caso.

La actividad se centró en el análisis en profundidad de un grupo de 5 estudiantes participantes del curso. Se desarrolló en dos etapas: 1) una de exploración, en la que se realiza la explicitación de las concepciones de los estudiantes y la construcción de problemas e interrogantes alrededor del fenómeno de estudio, y 2) una de implementación en la que se realiza el estudio del fenómeno desde la perspectiva ya mencionada, acudiendo a revisiones bibliográficas y discusiones, se realiza también una salida de campo y elaboración de modelos didácticos.

### 1. Etapa de exploración

Basados en la idea de Bachelard [6]: “Todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”; en esta etapa se busca identificar y explorar las ideas previas de los estudiantes, así como favorecer la construcción e identificación de problemas alrededor del suceso: movimiento planetario. Para esto se tienen en cuenta tres aspectos: a) la motivación como uno de los factores de aprendizaje, b) la importancia de asociar explícitamente la construcción de conocimiento a problemas, y c) la inclusión de conflictos cognitivos entendidos como un trabajo de profundización en el que unas ideas (tomadas como hipótesis) son sustituidas por otras (igualmente validas a las anteriores).

### 2. Etapa de implementación

Se aborda el estudio del fenómeno, buscando no solo esclarecer sus alcances e implicaciones en el contexto de la enseñanza y aprendizaje de la física, sino procurando también reinterpretar sus contenidos, apelando a las categorías elaboradas desde la historia de la ciencia. Se realizan actividades de observación, entendiendo la observación no como un acto en el cual el sujeto es impresionado por la realidad externa; sino como un proceso cargado de teorías o preteorías o de conceptos y preconceptos, que le permite al sujeto, en interacción mutua con su entorno, construir, no solo problemas e interrogantes; sino también al mismo entorno o fenómeno.

#### Actividad 1:

Se realiza una indagación sobre las ideas propias de los estudiantes. Aquí, se trata de evidenciar que, algunas de las ideas de los estudiantes (consideradas algunas veces como incorrectas) se corresponden con algunas propuestas científicas, en determinado período histórico. Para esto, los estudiantes presentan un escrito en el que, además de mostrar su visión sobre el movimiento planetario, construyen preguntas y problemas a cerca de él.

Categoría (Utilizada para el análisis)	Características de la categoría desde la perspectiva tradicional de la historia de la ciencia	Características de la categoría desde la perspectiva contemporánea de la historia de la ciencia
El carácter del fenómeno y problema en la ciencia	No se construyen ni fenómenos, ni problemas, estos parecen existir, sin rupturas, ni cambios. Se consideran una aproximación real, mas, del la razón humana a la naturaleza. No depende de las comunidades científicas, ni de los intereses sociales de cada época. Tiene carácter universal.	El fenómeno y el problema poseen un carácter construido. Son subjetivos y esta mediado por los intereses socio-culturales de la época. Aborda situaciones que originan interrogantes comúnmente aceptados en un momento histórico. No tienen carácter universal y son construidos en acuerdo por las comunidades científica. T. Khun. (2007) [7].
Modelos explicativos	Centrados en la narración de hechos externos al sujeto. Es cuantitativo, aislado, ahistóricos. Considera verdadero un único modelo: Lineal, continuo y validado por el método experimental. Se presenta como acabado y único en los libros de texto.	Parte de la consideración del carácter construido del fenómeno y el problema. Articulan los diferentes modelos sus rupturas y controversias. No hay un único modelo explicativo válido. Los resultados de la experiencia están ligados al sujeto.
El contexto externo	Este, no influye en la construcción de los problemas, ni de las explicaciones, más bien al contrario este es influenciado, unidireccionalmente, por las ciencias	Factor relevante en la escogencia de los problemas y construcción del modelo conocimiento.
La Observación	Es directa e independiente del sujeto que observa, de sus teorías, conceptos y preconcepos.	El sujeto observa desde la teoría que posee. La observación construye los fenómenos y problemas a estudiar y en cierta medida la realidad.

Noción de ciencia	Es única, lineal, continua, determinista-predictiva, realista. La verdad es única y universal: la verdad científica. Desconoce la validez de otros saberes. La soporta e instituye el método experimental o científico. Es ascendente o positiva, no considera los "errores" como para del proceso de construcción sino como un obstáculo en su ascenso.	No es lineal, ni continua, ni universal. No es absoluta, sino relativa. El sujeto interviene en la construcción de los fenómenos y problemas. Es indeterminista-no predictiva. La realidad y los fenómenos de la naturaleza son un resultado de la experiencia humana. Solbes, J. Y Traver, M. (2001) [8].
-------------------	--	--

Actividad 2:

Se realiza el estudio de textos relacionados, desde la perspectiva de identificar los problemas que suscitaron los diferentes modelos explicativos elaborados por la ciencia en diferentes momentos. Se estudian obras como: Sobre las revoluciones (de los orbes celestes). N. Copérnico. El mundo o el tratado de la luz. R. Descartes. El mensaje y el mensajero sideral, Galileo. El sistema del mundo. I. Newton., Isaac Newton. Obra y Contexto. J. Granes.

En este aparte también se busca que el estudiante elabore un escrito o documento, en el cual muestre los problemas y modelos explicativos identificados durante la lectura. Escrito que, se presupone, elaborado desde la perspectiva de indagar desde de las categorías de análisis propuestas.

INTERPRETACION DE RESULTADOS

Se presentan algunos de los resultados obtenidos en el desarrollo de la experiencia, destacando los registros sucedidos con mayor frecuencia y relevancia para el grupo.

Acerca de la Actividad 1

Se logra un documento escrito en el cual se registran las preguntas que mayoritariamente se repiten sobre los sucesos celestes. De las cuales se resaltan:  
 -Porqué se mueven la tierra y la luna?  
 -Cómo se mueve el sol?  
 -Porqué la luna me sigue?  
 -Cómo se mueven los planetas?  
 -Cómo se sabe que el universo se está expandiendo?  
 -Quién fue el primero en estudiar el movimiento de la tierra?  
 -Afecta el movimiento de la tierra el clima?  
 -Cómo observaría el movimiento del sol si estuviera en el polo norte?.

Las preguntas evidencian, la dificultad que existe entre los y las participantes para la elaboración de problemas y de preguntas, pues no hay planteamientos de hipótesis de trabajo, se constata que los problemas y las preguntas, carecen de un marco

o modelo explicativo. Estas se presentan, como fragmentos de conceptos, ecuaciones, leyes que responden a preguntas predeterminadas. Lo cual puede mostrar que los estudiantes comparten una idea de ciencia, consistente en un conjunto de resultados científicos, carentes de problemas y de preguntas. En el conjunto de ideas y de concepciones elaboradas por los estudiantes acerca del movimiento planetario, se resaltan las siguientes:

-“El universo se originó a partir del big-bang, una gran explosión de materia así, que se originó cuando el espacio y el tiempo se crearon, seguido los planetas se mueven en torno al sol por la gravedad que existe entre ellos.”

-“Los planetas se mueven en el espacio como si estuvieran en torbellinos, como cuando una piedra cae en el agua y genera una onda”

El primer fragmento parece mostrar que el estudiante, reproduce lo que lee o lo que ha escuchado, pues se hace uso de conceptos “intuitivos”, que no se han abordado, es decir sobre los que no hay un desarrollo conceptual. Por los términos usados, las ideas previas de los estudiantes, parecen, basarse en lo escuchado en clases o leído en algún texto. Además, de una u otra manera las respuestas se repiten.

El segundo aspecto, referido, muestra como hay correspondencia con las ideas del movimiento de los cuerpos por torbellinos dada por Descartes, lo que muestra como algunas ideas previas de los estudiantes se relacionan con ideas dadas por la ciencia. Ahora, a pesar de ser esta una oportunidad para que el estudiante emita hipótesis, no se reflejan ni en el escrito ni en las discusiones. Se está preparado para aprender conceptos, ecuaciones, leyes que contestan a preguntas predeterminadas, y no para cuestionar. Aspecto este que muestra, que la idea de ciencia que prevalece en el grupo es una idea de ciencia acabada, constituida solo por aciertos científicos, progresiva y sin “errores”. Es decir, una ciencia apromática y ahistórica. Visión que no se corresponde con los planteamientos actuales de naturaleza de la ciencia.

### Acerca de la Actividad 2

Se realiza el estudio y análisis del fenómeno movimiento planetario bajo la luz de las categorías definidas, explicitando sus rasgos comunes más sobresalientes, se analizan principalmente los problemas y modelos explicativos, construidos alrededor del fenómeno.

Algunos problemas identificados por los (las) estudiantes, en torno del Movimiento Planetario.

Se presentan algunos de los problemas identificados por los estudiantes, a través de las lecturas y las discusiones realizadas: -“formación del sol y de los planetas a través de las trayectorias y movimientos circulares”

-Qué movimiento hemos de suponer para dar cuenta del movimiento de los planetas?

-Porque se mueve un planeta siguiendo la trayectoria observada?

-La velocidad de un planeta dependía de la distancia con respecto al sol?

-Cuál es la forma de las orbitas?

-Cuál es la relación entre el período de revolución de un planeta y el radio de la órbita?

-Número, magnitud y movimientos de las orbes celestes.

-Hooke, planteo el problema a Newton: Cómo encontrar la trayectoria de un móvil que se mueve bajo la acción de una fuerza de atracción que varía con el inverso del cuadrado de la distancia hacia un centro?.

-Halley, en agosto de 1684 visita a Newton y le plantea un problema que ha estado discutiendo con Hooke y con Wren: Cuál es la trayectoria de un planeta que es atraído hacia el sol con una fuerza que varía con el inverso del cuadrado de la distancia?

En un primer momento se observa que a pesar de las lecturas y las discusiones realizadas, el estudiante no logra identificar los problemas particulares que suscitan el estudio. En principio, hay desconocimiento acerca de lo que es un problema.

En un segundo momento, se logra identificar los diferentes y múltiples problemas que originan el estudio del fenómeno. Evidenciando que: existen problemas que se mantenían sin solución tras largos periodos de tiempo, que los problemas son fuente de explicación, y que resulta más fácil comprender una explicación cuando se conocen los problemas que lo originaron.

Algunos modelos explicativos identificados

Se presentan parte de los escritos realizados por los estudiantes:

### Modelo explicativo 1:

“Teoría de los torbellinos o de los vórtices, (Modelo creado por Descartes 1569-1650) No existe el vacío todo el espacio se encuentra lleno de una sustancia sutil: éter, que se mueve en torbellinos alrededor del sol y de las demás estrellas y el mundo se divide en cielos propios para cada estrella. Alrededor del sol, flotando en el éter y arrastrados por su torbellino giran los planetas. El mundo se extiende indefinidamente y lo que lo unifica es el tejido del éter”.

### Modelo explicativo 2:

“Las leyes de Kepler, Los planetas se mueven en orbitas elípticas con el sol en uno de sus focos, da respuesta a la pregunta formulada por Kepler acerca de cuál era la forma de las orbitas...” También se observa que las leyes no fueron inventadas por Kepler de una sola vez, la primera y segunda fueron publicadas en 1609, la tercera, la de la relación entre la primera

y la segunda ley, fue publicada en 1618. Se rompe con el círculo en la constitución del cielo, mostrando los datos una trayectoria elíptica.

### Modelo explicativo 3:

“Ley de gravitación universal. Es otra de las explicaciones construidas para tratar de entender el movimiento de los planeta, estudia matemáticamente el movimiento de los cuerpos celestes a partir de principios básicos, refuta la idea cartesiana de los torbellinos de éter de Descartes, para explicar el movimiento de los planetas en torno al sol, y uno de sus ejes orientadores es el sistema de las tres leyes de Kepler”

Emerge una nueva concepción del mundo, la unidad del universo ya no depende de una conformación geométrica de cuerpos o de un tejido sustancial que conecta los cuerpos y les comunica movimiento sino de un principio mucho más matemático y geométrico, la ley de gravitación universal.

Es posible interpretar de este fragmento, diciendo que los estudiantes logran reconocer las explicaciones previas y pueden relacionar los diferentes modelos explicativos y reconstruir el modelo explicativo de Newton.

### 4.Resultados y conclusiones

Con el desarrollo de la actividad se observa que estudiar el movimiento planetario, desde una perspectiva contemporánea de la historia (siguiendo, en la medida de lo posible, la construcción de los problemas y explicaciones) fundamenta la comprensión de los conceptos y teorías involucradas en las explicaciones.

Los aspectos que se resaltaron al finalizar la actividad, fueron:

a)Es importante tener en cuenta el papel de la duda y la invención, como factor creativo y constructor de rupturas epistemológicas, ontológicas, conceptuales, etc. y, no solamente, lo que supone tratamiento riguroso y controlado

b)Realizar actividades en las que se evidencien los “errores” de las ciencias, permite conocer los distintos caminos por donde

transitaron en su construcción. Muestra, además, el carácter humano de esta actividad. Muestra que los conocimientos no se construyen, con la aparente facilidad, con la que se pretende, que los estudiantes los adquieran.

c)Existe una cierta semejanza entre las explicaciones de los estudiantes y las concepciones históricas que han sido desplazadas por conocimientos hoy aceptados por las comunidades científicas.

d)El análisis histórico, muestra que el desplazamiento de un modelo explicativo por otro o los cambios conceptuales y metodológicos sucedidos en el devenir de las ciencias o de cualquier saber, no se suceden, de modo, fácil y rápido; por lo tanto es procedente pensar que, lo mismo, ocurrirá con los cambios en las concepciones y estructuras cognitivas de los y las estudiantes.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. A. Acevedo y col, Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias,2(2),121-124 (2005).
- [2] M. Matthews., Revista de Enseñanza de las ciencias., 12(2),255-277 (1994)
- [3] J. Arevalo, Y. Torres, J. Ortiz, G. Lopez. Revista Científica y tecnológica Instituto Técnico Central ET. p. (2006).
- [4] J. Granes. Gramática de una controversia científica. Santa Fe de Bogotá. Unibiblos. (2001). pp. 2-25; 97-143
- [5] J. Arevalo, Y. Torres., en VIII Taller Internacional “La enseñanza de la física y la química” y I Taller “Enseñanza de las Ciencias Naturales”, ISBN 978-959-18-0575-1, (Matanzas ,Cuba 2010).
- [6] G. Bachelard. La formación del espíritu científico. México. Siglo XXI editores, pp. 8-9, 17-26 (1984)
- [7] T. Khun, La estructura de las revoluciones científicas, México. Ed. fondo de cultura económico. pp. 29,50,57-58,281,284. (2007)
- [8] J. Solbes. y M. Traver. Revista Enseñanza de las ciencias.19 (1), pp. 151-161 (2001)