

# Mecánica Clásica, una puerta para la enseñanza de la astronomía en la educación básica y media



W. A. Rojas C.<sup>1</sup> y A. J. Bustamante R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Católica de Colombia.

<sup>2</sup>Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico.

E-mail: warojasc@unal.edu.co

(Recibido el 13 de Enero de 2013; aceptado el 25 de Mayo de 2013)

## Resumen

Se plantea la necesidad de la enseñanza de la astronomía de posición en la educación básica y media en Colombia con elementos de la mecánica clásica dentro del Aprendizaje de la Ciencias por Investigación Dirigida propuesto por Gil [2]. Además se examina el requisito de formar Licenciados en Física que sean capaces de implementar tal modelo en el aula que permita acercar sus alumnos a las técnicas modernas de construcción del conocimiento científico. Consideramos algunas posibles situaciones de carácter astronómico que se pueden implementar en el aula con elementos de la mecánica.

**Palabras clave:** Enseñanza, Astronomía, Mecánica.

## Abstract

This raises the need for the teaching of astronomy of position in primary and secondary education in Colombia with elements of classical mechanics into the Learning Sciences Research Directed by Gil proposed [2]. It also examines the requirement of forming Physics graduates who are able to implement such a model in the classroom that allows students to bring modern techniques of construction of scientific knowledge. We consider some possible situations astronomical character that can be implemented in the classroom with mechanical elements.

**Keywords:** Teaching, Astronomy, Mechanics.

**PACS:** 01.30.Ib, 01.40.Fk, 01.40.J

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Este estudio tiene como propósito establecer la relación existente entre la mecánica clásica y la enseñanza de la astronomía en la educación básica y media. Es pertinente que los programas de Licenciatura en Física de las Universidades en Colombia doten a los futuros maestros de herramientas didácticas y conocimientos disciplinares para que se encuentren en la capacidad de desarrollar estrategias de enseñanza de la Teoría Newtoniana como base de la Astronomía de posición que posibilite el desarrollo de habilidades de pensamiento científico en los estudiantes de los cursos de Ciencias Naturales que se enseñan en las instituciones educativas de nuestro país.

Este trabajo se encuentra enmarcado en el campo de la astronomía de posición y de los elementos que toma de la mecánica clásica. Tal mecánica, fue formulada por Newton y corresponde a una teoría de carácter vectorial, que estudia el movimiento de los cuerpos y las partículas en el espacio Euclídeo tridimensional, con una variable temporal absoluta vista desde un marco de referencia inercial. En donde las velocidades de las partículas son pequeñas comparadas con la velocidad de la luz y cuyas dimensiones de los sistemas estudiados son mayores que la constante de Planck.

A continuación se desarrollaran tres apartados a saber: en el primero se establece la relación entre la Mecánica, la Astronomía y la Didáctica. En el segundo se presentará una breve visión histórica de la astronomía y la mecánica, y la importancia de la historia en la enseñanza. Para el tercer y último apartado se hace un análisis de unas posibles situaciones astronómicas para educación básica y media en el marco del aprendizaje por investigación dirigida.

## II. MECÁNICA, ASTRONOMÍA Y DIDÁCTICA

La relación existente entre la Astronomía y la mecánica clásica es muy estrecha, dado que muchos de los avances en Mecánica se debieron a los aportes de la Astronomía. A continuación se citan dos ejemplos que evidencian esta relación: el primero se remonta a Eratóstenes, quien por observación de la diferencia de las sombras, que se proyectaban en el piso, por dos varas verticales ubicadas en dos ciudades distintas Siena y Alejandría, al medio día del solsticio de verano, fue capaz de medir el radio de la tierra, esta observación le permitió establecer la redondez del planeta.

El segundo ejemplo, corresponde al caso de Tycho Brahe, quien realizó una sistemática observación de los

cielos, recolectando datos que posteriormente fueron usados por Kepler para explicar el movimiento planetario y formular sus leyes:

- Los planetas se mueven en orbitas elípticas con el sol en uno de sus focos.
- El radio vector barre áreas iguales en tiempos iguales.
- El cuadrado del periodo orbital de un planeta es proporcional al cubo del semieje mayor de la órbita elíptica

$$T^2 \propto a^3. \quad (1)$$

En los ejemplos anteriores se evidencia que la Astronomía desde inicio de los tiempos se ha constituido en una parte esencial de la Mecánica clásica y de allí su relevancia en la enseñanza de esta área de la física. Es importante que en el proceso de enseñanza, este tipo de relaciones sean claras y dominadas por los futuros docentes para que les permita tener herramientas didácticas que posibiliten emplear conceptos tales como: órbita, movimiento planetario, atracción gravitacional; que se constituyen en pilares conceptuales para la explicación de fenómenos naturales tales como la sucesión del día y la noche, que a pesar de ser un evento cotidiano, su comprensión es determinante para el desarrollo de las actividades humanas. Así pues, este tipo de eventos son un escenario que posibilita ubicar al estudiante en el contexto de la apreciación del medio ambiente y su importancia para la vida sobre el planeta.

Otros eventos tales como las mareas, el origen de las estaciones, las fases de la luna, la duración del año terrestre o que la tierra hace parte del sistema solar y este a su vez de la vía láctea o finalmente que forma posee el universo, pueden ser explicados en términos mecánicos.

Los maestros que se desempeñan en la educación primaria y secundaria, muchas veces se enfrentan a serios dilemas didácticos a la hora de explicar ciertos fenómenos naturales. Por ejemplo, ¿cómo mostrarle a un niño de preescolar que la tierra es redonda si sus sentidos le indican que es plana?, o bien ¿que la tierra debido a su forma redonda posee dos hemisferios norte y sur?, he indicarle bajo este concepto de redondez que las direcciones arriba o abajo no son absolutas. Más aún que la sucesión de los días y las noches no son eventos independientes sino que poseen una sola explicación [3].

Es allí donde los maestros deben hacer gala de su pericia didáctica y dominio de la Astronomía para guiar a los estudiantes en la construcción de su conocimiento, para que logren explicar de forma acertada los fenómenos que observan a su alrededor.

Un problema muy común en la enseñanza de la Astronomía y en general de la ciencias es la enorme brecha existente entre cómo se genera el conocimiento científico y como se enseña [1]. Por tal razón, el método de enseñanza no se debe reducir a un solo acto de transmitir conocimiento, sino que se deben buscar formas alternativas y más eficaces, es por esto que esta propuesta se encuentra encaminada en la línea del aprendizaje de la ciencias por investigación dirigida, ya que esta tendencia pedagógica

permite colocar al estudiante en un papel de investigador y acercarlo a las formas en que se produce el conocimiento científico en la actualidad.

Finalmente, el conocimiento disciplinar en este caso de la Astronomía y la formación en pedagogía y didáctica, de los Licenciados en Física debe permitir que los futuros maestros estén en capacidad de generar estrategias, metodologías, recursos didácticos, para que en su quehacer pedagógico logren realizar la transposición didáctica del conocimiento con lo cual los estudiantes se apropien de saberes científicos, para el desarrollo de habilidades de pensamiento que no solo serán útiles en su vida escolar sino en el ámbito cotidiano [5].

### III. LA ASTRONOMÍA Y LA MECÁNICA: UNA VISIÓN HISTÓRICA

El conocimiento científico surge de la construcción de comunidades académicas situadas en un contexto determinado y en condiciones especiales que hacen que los constructos teóricos se consoliden. La historia de las ciencias, cobra relevancia ya que dota a los maestros de herramientas didácticas para la enseñanza de su área de conocimiento en particular. Además, permite comprender como ha surgido y evolucionado el cuerpo teórico de la Astronomía, posibilita el reconocimiento de la naturaleza cambiante de la ciencia, que las leyes, teorías, modelos, conceptos, no surgen por descubrimiento ni por azar, sino que obedecen a un desarrollo académico que está mediado por situaciones propias de las relaciones humanas y de la sociedad en general.

Tanto el saber disciplinar como la historia de la Astronomía, son de gran importancia para la formación de futuros maestros, pues aportan elementos significativos para el desarrollo del espíritu investigador; también la historia de las ciencias se constituye en un elemento primordial para evitar la deformación teórica y el reduccionismo conceptual.

La Astronomía ha estado presente en la historia de la humanidad desde tiempos remotos, determinar los periodos de caza o de agricultura se rigen por observaciones astronómicas, además del factor mítico o religioso que siempre ha rondado a la sociedad. Pero gracias a la curiosidad humana ya en la edad antigua se pudo explicar algunos eventos naturales científicamente.

Históricamente los conceptos cambian, evolucionan, se transforman, el conocimiento científico está sujeto a los cambios sociales, económicos, políticos y religiosos. Dentro de ese marco se construye el conocimiento científico, en el cual las teorías van cambiando o siendo reemplazadas por otras de mayor campo explicativo.

Un ejemplo clásico fue el paso del modelo geocéntrico al modelo heliocéntrico del universo, en estos se abordan elementos de la mecánica que son aplicados al movimiento de las estrellas y los planetas en los cielos [6].

A continuación, se hará un breve recorrido por la historia de la Astronomía y su relación con la Mecánica.

El modelo geocéntrico que fue propuesto por Eudoxo y mejorado por Ptolomeo, quien en su obra principal el *Almagesto*, explica el movimiento retrogrado de los planetas mediante el concepto de los epiciclos, la sucesión de los equinoccios, además de encontrarse un catálogo de estrellas y un detallado método para calcular las posiciones de los planetas.

Ya en la edad media, Copérnico propone su modelo heliocéntrico más por convicciones religiosas que científicas, en donde es el sol el centro del universo y no la tierra. Idea que le permitió a Kepler explicar el movimiento planetario y formular sus leyes. El italiano Galileo Galilei fue un entusiasta del modelo heliocéntrico, construyó su propio telescopio con el que realizó las primeras observaciones del sistema de lunas de Júpiter, los cráteres de la luna, las manchas solares y las fases de Venus.

Dentro de este marco, Newton fue capaz de explicar la gravedad, por qué el fenómeno de la caída de un objeto al piso o el movimiento de la luna alrededor de la tierra son eventos que tienen la misma explicación y así formular sus tres leyes:

- La ley de la inercia: Todo cuerpo está en reposo o en movimiento con velocidad constante a menos que una fuerza externa actúe sobre él.
- $F = ma$ . (2)
- A toda acción hay una reacción de igual magnitud pero con sentido contrario.

Además su famosa ley

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (3)$$

Tiempo después Cavendish en un genial experimento fue capaz de medir G, la constante de gravitación universal.

En la enseñanza de la Astronomía es importante ver el marco histórico en el cual ésta se desarrolló en época de la colonia, la independencia y la República de Colombia. El nacimiento de la astronomía en Colombia se da en el marco de la expedición botánica. El Observatorio Astronómico Nacional (OAN) se terminó de construir en 1803, siendo el primero en América y cuyo director fue José Celestino Mutis. Posteriormente, asumió su dirección Francisco José de Caldas, quien realizó muchas observaciones astronómicas que permitieron hacer trabajos cartográficos por triangulación topográfica y la determinación de latitudes.

El sabio Caldas, fue el primero en Colombia en observar los satélites jovianos en 1798. En 1827, el OAN entrega el atlas de la Gran Colombia que muestra una detallada descripción hidrográfica del país para la época. Pero fue el Ingeniero Agustín Codazzi el encargado de levantar un mapa general y detallado del país y de sus provincias con sus respectivas latitudes y longitudes. Integró la misión corográfica que permitió caracterizar la riqueza geográfica, botánica del país y se le encomendó el estudio de un posible canal interoceánico y dictaminó que el mejor camino era en Panamá. Posteriormente, es Julio Garavito Armero es quien asume la dirección del OAN y que se hizo famoso por sus

trabajos sobre el cálculo de probabilidades, óptica y movimiento de la luna [6].

Finalmente, como una consecuencia de los aportes de la Mecánica y de la Astronomía se hacen más avances que buscan esclarecer la naturaleza y origen del universo. Con la formulación de la Teoría General de la Relatividad (TGR), la mecánica de Newton pasa hacer un caso especial de la TGR. Esta nueva teoría permite abrir un nuevo campo de estudio acerca del origen, naturaleza y destino del universo. En la sociedad de la información y la comunicación, los futuros Licenciados en Física, además de manejar este contexto histórico, estarán en la capacidad de idear estrategias didácticas para abordar temáticas que hoy son parte de un debate abierto en la comunidad científica, ¿Qué había antes del Big Bang? ¿Cuál es el futuro del universo? ¿Cuál es la naturaleza de la energía y materia oscura?

#### IV. INVESTIGACIÓN DIRIGIDA: UN CAMINO PARA EL APRENDIZAJE DE LA ASTRONOMÍA

La Astronomía captura la atención de los estudiantes en todas sus edades y niveles de formación, el reto de los futuros licenciados se encuentra en poder potenciar las habilidades de pensamiento de sus estudiantes a partir de la enseñanza de esta ciencia, teniendo en cuenta las herramientas didácticas y el constructo teórico de las otras áreas del conocimiento con las cuales se interrelaciona. Es pertinente que los programas de Licenciatura, generen espacios al interior de sus clases para que se diseñen y se pongan a prueba modelos que permitan cambiar las clases de corte tradicional, contando con los avances científicos, el acceso a la información, el conocimiento pedagógico y didáctico producido en las facultades de educación. Por tal razón, a continuación se expone un ejemplo para la enseñanza de la astronomía en la educación media y básica que se constituye en una pauta para la formación de Licenciados en Física.

Comúnmente, los estudiantes nos dan las respuestas acertadas a preguntas como: ¿Cuál es la forma de la tierra? o ¿por qué se dan los días y las noches? pero generalmente estas respuestas son elaboradas en el marco de la repetición, pues así se lo "enseñó" o dijo su profesor en un acto de transmisión de conocimiento [3].

Cuando le preguntamos a un estudiante las razones por las cuales se da la sucesión de los días y las noches no es sorprendente que nos respondan "que en la noche el sol se va a algún lugar a descansar" o "que se hace de noche por que el sol gira, se mete entre algo y después se hace de día". ¿Por qué suceden estos errores conceptuales? Una razón puede estar relacionada con la forma en que se enseña la Astronomía, pues muchos docentes no reflexionan sobre su modelo de enseñanza, sobre las herramientas que pueden emplear para explicar las nociones o conceptos, en este caso de rotación y se olvidan de las ideas previas que posee el estudiante sobre dicho fenómeno [1, 2, 3, 4, 5].

Esta propuesta está encaminada en el aprendizaje de las ciencias por un proceso de investigación dirigida. Pues como ya se mencionaba antes hay una enorme distancia entre cómo se produce el conocimiento científico y como este se enseña [1, 2].

La investigación dirigida es un modelo de enseñanza de las ciencias en el cual el maestro, quien formado en un área específica del conocimiento, en este caso la Mecánica, Astronomía y Didáctica de las Ciencias, con sus estudiantes comienzan a desarrollar pequeñas investigaciones con el fin de solucionar situaciones problema planteadas en el aula de clase, a cerca de fenómenos cotidianos de carácter astronómico. Gil, propone una serie de pasos que han de seguirse dentro este modelo pedagógico y que a continuación se ejemplifican [1, 2]:

- Establecer una situación problema que genere curiosidad en los estudiantes y que brinden una concepción previa de la tarea. En nuestro caso ¿cómo se genera la sucesión de los días y las noches?
- Los estudiantes se forman en pequeños grupos donde estudian cualitativamente la situación problema; que junto con la ayuda bibliográfica delimitan el problema y sus posibles soluciones. ¿El sol en la noche se va a otro lugar?, ¿el sol se esconde en algún sitio y después se hace de día? ¿El día y la noche son un efecto de la rotación de la tierra sobre su propio eje?
- Los problemas son tratados en los grupos bajo la orientación del maestro en donde se hace una formulación de hipótesis con las ideas previas, esquemas de posibles soluciones, análisis de resultados y comparación con otros grupos. ¿El día y la noche son fenómenos independientes uno del otro? El contraste de resultados con otros grupos generan un conflicto cognitivo, lo que llevará a reformular su problema y reformular sus afirmaciones previas.
- El nuevo conocimiento construido es asimilado y aplicado a nuevas situaciones. ¿Qué relación hay entre la rotación de la tierra sobre su propio eje y la translación alrededor del sol? Este tipo de preguntas permite establecer una relación existente entre el fenómeno de día y noche con las actividades diarias de nuestra sociedad, de la industria o de los animales.

Este modelo pedagógico requiere que el maestro sea experto en dos campos: la Astronomía, la Mecánica, así mismo como del aprendizaje de las Ciencias por investigación dirigida. De esta forma se abrirá la posibilidad para que el estudiante se acerque a los aspectos metodológicos, a la producción del conocimiento científico y la relación ciencia-tecnología-sociedad, además se potenciarán las habilidades de pensamiento, las actitudes positivas hacia las ciencias y el trabajo en equipo.

La anterior situación descrita, es válida en el contexto de la educación preescolar y primaria, pero de igual forma se puede emplear el modelo de investigación dirigida para estudiantes de educación media, por ejemplo, a partir de la situación problema, Andrea, Juan y Paula que viven en las siguientes ciudades: Bogotá, Nueva York y Buenos Aires, al observar la trayectoria del sol durante un día, ¿coincidirán en sus apreciaciones?, si además se considera a

Laura, que vive en París, observará el sol?, sus apreciaciones serán similares a las tres primeras personas?

El docente continuará acompañando el modelo de aprendizaje por investigación dirigida, y estará en la capacidad de dominar saberes propios de la Mecánica y la Astronomía como: latitud, huso horario, inclinación de la Tierra respecto a la eclíptica, rotación, translación, distancia, entre otros, de acuerdo con la dinámica que se presente, además, se podrán construir instrumentos de medición como astrolabios y sextantes, manejo de la brújula, toma de datos, construcción de tablas y figuras que permitan describir el fenómeno. Cabe anotar que la situación permite realizar interrelaciones con otras áreas del conocimiento como la geografía, el lenguaje, las matemáticas, la geometría; en los trabajos por grupos se potenciará el trabajo en equipo. En grado undécimo, se pueden generar situaciones que permitan llevar al concepto de movimiento elíptico, periodicidad, interacción entre dos cuerpos, concepto de campo; finalmente razones y proporciones que les permitan formular la ley de gravitación universal.

Consecutivamente, se mencionan los siguientes aspectos a desarrollar por los estudiantes cuando se enseñe Astronomía con el modelo de aprendizaje por investigación dirigida:

- Al inicio de las sesiones de trabajo con los estudiantes es pertinente indagar sobre sus ideas previas para partir de este conocimiento y detectar los posibles errores conceptuales.
- El proceso de enseñanza de la Astronomía empleando elementos de la Mecánica debe posibilitar que los estudiantes se apropien tanto de conocimientos propios de estas ciencias, como de habilidades de pensamiento científico e investigativo.
- El docente debe evaluar que el tipo de situación problema planteada, se encuentre de acuerdo con el desarrollo cognitivo del estudiante.
- La construcción de instrumentos de medición, el empleo de simulaciones en computador, videos, visitas a museos y planetarios, exposiciones móviles y demás materiales son de gran utilidad para explicar y comprender eventos astronómicos.

## V. CONCLUSIONES

Del presente trabajo se llegan a las siguientes conclusiones:

- La estrecha relación Mecánica-Astronomía ofrece un amplio campo para la enseñanza de las ciencias y su relación con otras áreas del conocimiento.
- La historia de la Astronomía ofrece herramientas didácticas que permiten ser empleadas en el aula.
- El modelo de aprendizaje por investigación dirigida ofrece una posibilidad en la educación básica y media en donde los estudiantes construyan conocimiento en el campo de la astronomía y desarrollen habilidades de pensamiento científico.

A.J. Bustamante R. y W. A. Rojas C.

Un posible campo de acción es extender el modelo de aprendizaje a la educación universitaria. Es deseable que los futuros Licenciados en Física propongan estrategias didácticas alternativas para la enseñanza de la astronomía.

## REFERENCIAS

[1] Campanario, J. M. *et al.*, *¿Cómo enseñar ciencias?*, *Enseñanza de las Ciencias* **15**, 179-192 (1999).

[2] Gil, D., *Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico*, *Investigación en la escuela* **23**, 17-32 (1994).

[3] Olivella, P. Didáctica de la astronomía. Recuperado de: <http://liada.net/universo.liada.net/Memorias/7%20-%20Patricia.pdf> (Consultado enero de 2013).

[4] Solves, J., *La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química*, *Enseñanza de las Ciencias* **14**, 103-112 (1996).

[5] Chevallard, Y., *Transposición didáctica. Del saber sabido al saber enseñado*. Disponible en: <http://www.e-historia.cl/cursosudla/EDU414/recursosdeapoyo/La%20Trasposicion%20Did%C3%A1ctica%20-%20Del%20Saber%20Sabido%20al%20Saber%20Ense%C3%B1ado%20-%20Yves%20Chevallard.pdf> (Consultado el 10 de enero de 2013).

[6] Astronomía Universidad de Antioquia. Realidades y desafíos. Formación profesional básica en astronomía en Latinoamérica. 2 Congreso Colombiano de Astronomía, Bogotá 3 al 6 de agosto (2010). Disponible en: [http://www.observatorio.unal.edu.co/eventos/pasados/cocoa/presentaciones/J\\_Zuluaga.pdf](http://www.observatorio.unal.edu.co/eventos/pasados/cocoa/presentaciones/J_Zuluaga.pdf) (Consultado el 10 de enero de 2013).