

Trabajo de Fin de Máster en Profesorado de Educación Obligatoria y  
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas

# **La dramatización como recurso en la enseñanza de la Física en Bachillerato. ¿Somos o no el centro del universo?**

Jaime Martínez González

Universidad de Granada

Junio de 2017



Tutora: Alicia Fernández Oliveras

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales*

Modalidad de innovación educativa o materiales didácticos



Universidad de Granada

Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundario  
Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de  
Idiomas, especialidad en Física y Química

Curso académico 2016/17

# **La dramatización como recurso en la enseñanza de la Física en Bachillerato. ¿Somos o no el centro del universo?**

El Alumno:

*Fdo. Jaime Martínez González*

VºBº Directora:

*Fdo. Alicia Fernández Oliveras*

# Resumen

El trabajo de fin de master que se presenta se enmarca en la modalidad de innovación y elaboración de materiales curriculares. Se realiza una propuesta de dramatización como instrumento en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Esta dramatización se propone en un cambio de paradigma de la historia de la ciencia, el paso del Geocentrismo al Heliocentrismo. Para que los estudiantes puedan crear esta dramatización hemos diseñado una serie de actividades buscando el aprendizaje basado en tareas, donde la tarea es la producción de una obra teatral con los científicos que apoyaban uno u otro modelo. Estas actividades que se proponen para alcanzar los conocimientos necesarios, estarán basadas en prácticas y observaciones experimentales, pero además incluiremos una última con un enfoque lúdico. El objetivo principal es inducir al alumnado a un aprendizaje significativo en ciencias, mientras que al mismo tiempo se trabajan todas las competencias, y se cambia la opinión sobre las clases de ciencias, distanciándose de las tradicionales.

## Palabras clave:

Enseñanza de las ciencias, dramatización, aprendizaje basado en tareas, recursos didácticos, aprendizaje lúdico

# Abstract

The work presented in this Master's thesis belongs to the modality of innovation and elaboration of instructional materials. We have carried out a proposal of dramatization as an instrument in the teaching-learning process of science. This dramatization is proposed in a paradigm shift of science's history, the change of the Geocentric model to the Heliocentric model. The students will be able to create this drama situation, we have designed a group of activities that aim to produce task-based learning, where the task is the theatrical production with the scientists who supported one or another model. These activities, which are proposed to achieve the required knowledge, will be based on experiments and experimental observations, as well as this we will include a last one, a ludic point of view. The main objective is to induce meaningful learning in science, while simultaneously improving all the competences, and also changing the opinion about science lessons, get away from traditional lessons.

## Keywords:

Science education, dramatization, task-based learning, educational resources, playful learning.

# Índice

1. Introducción .....	1
2. Marco Teórico.....	2
2.1. Teoría del aprendizaje .....	2
2.2. Historia de la ciencia .....	3
2.3. Dramatización.....	4
2.4. Aprendizaje lúdico y práctico.....	6
3. Objetivos.....	7
4. Propuesta didáctica .....	7
4.1 Contenidos.....	8
4.2 Programación de la tarea. Elementos curriculares.....	10
4.3 Actividades y secuenciación.....	15
a) Actividad 1. “Observaciones en la antigüedad” .....	15
b) Actividad 2. “¡No somos el centro!” .....	18
c) Actividad 3. “Galileo y Newton” .....	20
d) Actividad 4. “¿Quién dijo qué?”.....	22
4.4 Dramatización del cambio de paradigma .....	24
5. Evaluación de la propuesta .....	27
6. Conclusiones y perspectivas .....	30
7. Bibliografía .....	32
ANEXOS.....	35

## 1. Introducción

Es una realidad en los últimos años que el número de estudiantes existentes en cursos avanzados de Secundaria y/o Bachillerato en ciencias experimentales se está reduciendo o estancando, como refleja Solbes et al. (2007). La tendencia gira hacia las ciencias sociales y de la salud, quedando clases, por ejemplo, de Física de 2º de Bachillerato con solo <<algunos valientes>>.

No olvidemos que estas ciencias se diseñan para preparar a los estudiantes hacia el futuro de la sociedad, donde sin ninguna duda, la ciencia tiene y tendrá un papel fundamental en su desarrollo. Y es que la ciencia y la tecnología están avanzando mucho más rápido que su forma de enseñarla. Es por ello, por lo que en este trabajo se propone incluir en la actividad docente nuevas actividades, que fomenten la motivación por la ciencia y con las que los estudiantes aprendan ciencia de manera diferente.

Siguiendo esta línea en nuestro trabajo proponemos la introducción de la dramatización y del juego dramático como herramientas de enseñanza-aprendizaje. Es decir, la idea es que los estudiantes creen sus propias situaciones dramáticas a través de actividades más o menos lúdicas que le sirvan de guía. En este trabajo proponemos la aplicación de esta propuesta en una situación clave en la historia de la ciencia que en su momento supusieron un cambio de paradigma. La primera situación que desarrollaremos es el paso del Geocentrismo al Heliocentrismo, para estudiantes de 1º de Bachillerato.

A través de esta herramienta pretendemos que los estudiantes no conciban la ciencia como muchos lo hacían hasta ahora, considerándola un conjunto de leyes y fórmulas sin ninguna conexión. Queremos que entiendan el contexto histórico y el por qué de los pensamientos antiguos. En nuestro caso por qué lo normal era pensar que el mundo giraba alrededor de la Tierra o por qué la materia no podía estar constituida por átomos. Es decir queremos humanizar la ciencia, darle un enfoque social que es fundamental para su comprensión, y desde este enfoque social y humano que los estudiantes vayan comprendiendo cómo surgieron los nuevos modelos y la complejidad que esta aparición supone.

Por otro lado, es incuestionable que en esta sociedad de la información y la comunicación, las personas cada vez tenemos menos capacidad para relacionarnos sin tener como mediador la tecnología. Estamos creando una sociedad de individuos y no de colectivos. Aunque es cierto que las nuevas herramientas digitales pueden ayudarnos en muchas cosas, pueden generarnos carencias en otras. Por ello es necesario que desde nuestra actividad docente fomentemos la educación emocional y relaciones interpersonales. El drama es una buena herramienta para ello, pues supone trabajo de creatividad, de interacción social y además trabajamos una de las cuestiones más complicadas y de la que más carencias tienen nuestros estudiantes, que es expresar y comunicar en público. Todo ello integrando el aprendizaje científico que se nos exige por Ley en el currículum.

Además de todo lo anterior, existe otra realidad en nuestro país, más concretamente en nuestra región. Y es que las competencias a nivel científico están por debajo de la media de los países de la OCDE tal y como refleja el último informe PISA. Es en este contexto, nuestro objetivo principal es; *desarrollar actividades innovadoras que supongan un cambio de tendencia y una mejora de las competencias científicas que debe desarrollar el alumnado.*

Como se ha indicado, el trabajo se centrará en la realización de dos tareas, una por cada curso. Estas tareas estarán formadas por actividades de un perfil más práctico, como son experimentos y/o simulaciones y juegos desarrollados para cada tarea específica. Pero ¿por qué prácticas y juegos?

La experimentación es una muy buena forma de abordar la enseñanza de la ciencia, porque posibilita comprobar la validez de las teorías aceptadas en la física actual, tal como se expone en el trabajo de Carrascosa et al. (2016). Por otro lado, Torres (2002) señala que el juego contribuye al desarrollo intelectual porque implica una acción mental continua. Por medio de esto, el niño aprende a concentrarse en la que está haciendo, observar, interpretar lo que está pasando y reaccionar en consecuencia. En base a estas consideraciones, no podemos considerar el juego únicamente como una actividad de ocio, sino como un instrumento útil a nivel educativo

## **2. Marco Teórico**

En la actualidad una de las mayores preocupaciones de los docentes es la de creación de actividades de enseñanza-aprendizaje que fomenten el interés de los estudiantes. Atendiendo al objetivo principal de este trabajo, que se ha definido en el apartado anterior. Por ello realizamos una revisión teórica de los aspectos más relevantes necesarios para realizar una propuesta de innovación bien fundamentada.

### **2.1. Teoría del aprendizaje**

Nuestra máxima aspiración a través de este trabajo es que se fomenten la comprensión de la ciencia, mediante una serie de actividades (en nuestro caso dramatizaciones) que proporcionen al alumnado un aprendizaje significativo. La experiencia humana no solo implica pensamiento, sino también afectividad, y únicamente cuando se considera en conjunto se capacita al individuo para enriquecer el significado de su experiencia. Es fundamental basar nuestra propuesta a partir de las teorías del aprendizaje, que nos ofrecen una explicación sistemática, coherente y unitaria del ¿cómo se aprende?, ¿Cuáles son los límites del aprendizaje?, ¿Por qué se olvida lo aprendido?

Desde un punto de vista del desarrollo cognitivo, es fundamental conocer las características de nuestro alumnado a la hora de desarrollar nuestras actividades. Según Piaget (1985 citado en Woolfolk, 1993) el desarrollo cognitivo del individuo se divide en 4 etapas. Nuestros estudiantes, que tendrán una edad comprendida entre 15-18 años se encuentran en la etapa de *operaciones formales*, en esta etapa el alumnado es capaz de pensar de forma hipotética y deductiva, su pensamiento se vuelve más científico y puede resolver problemas abstractos de forma lógica. Lo que es fundamental para el desarrollo de nuestra actividad, ya que se les

propone convertirse en científicos en un contexto determinado con un problema abstracto concreto.

Por un lado fundamentamos nuestra actividad teórica desde un enfoque constructivista, tal y como defendía Piaget. Los individuos construyen su propia comprensión, por lo que el aprendizaje es un proceso constructivista. En cualquier nivel de desarrollo cognitivo, los estudiantes deben incorporar información a sus esquemas, para ello necesitan actuar sobre la información, adaptarla, manipularla y trabajar de forma concreta sobre ella. Además podemos casar esta perspectiva con el enfoque sociocultural de Vygotsky (1979, citado en Woolfolk, 1993), que justifica el aprendizaje y desarrollo cognitivo a través de una interacción cultural y social. La comunicación con los demás hace que los estudiantes utilicen, pongan a prueba y, en ocasiones, modifiquen sus habilidades de pensamiento. Este enfoque es el principio del aprendizaje dialógico, que es base del aprendizaje significativo que buscamos.

Por otro lado, un aprendizaje es significativo cuando los contenidos son relacionados de un modo no arbitrario y sustancial con lo que el estudiante ya sabe. Señala Ausubel et al. (1983) que por relación sustancial y no arbitraria se debe entender que las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del estudiante, como una imagen, un símbolo, un concepto o una proposición (subsunoers).

Con esto pretendemos huir de un aprendizaje mecánico, que a nuestro juicio es el que se emplea hoy en muchos casos. Este aprendizaje mecánico se produce cuando no existen subsunoers adecuados, de tal forma que la nueva información es almacenada de manera arbitraria, sin interactuar con conocimientos pre-existentes.

## 2.2. Historia de la ciencia

Es habitual en la enseñanza de las ciencias, el uso de la Historia de la Ciencia como algo anecdótico, que relaja la cantidad de información a la que son sometidos los estudiantes, pero no facilita el proceso enseñanza-aprendizaje. Actualmente se prioriza en el muy respetable aprendizaje basado en problemas (ABP) olvidando los contextos del desarrollo de la ciencia, así como las dificultades que tuvieron científicos o influencias de la sociedad de la época.

Según Dana (1990); Fernández (2000); Solomon et al. (1992); algunas de las principales aportaciones de la Historia de la Ciencia en la enseñanza de las ciencias son:

- Fomentar las actitudes positivas de los estudiantes hacia la ciencia.
- Comprender mejor la materia científica.
- Poner en relieve la historicidad y la dimensión humana de la ciencia.
- Atenuar el dogmatismo con que se presenta la ciencia.
- Mostrar la relación ciencia-tecnología-sociedad.
- Comprender la naturaleza, método y evolución de la ciencia.

Precisamente todos estos puntos son algunos de los aspectos que queremos mejorar a través de nuestra dramatización. Nuestro objetivo es que los estudiantes comprendan el por qué de los modelos históricos, por qué era normal que en siglo XV se pensase que la Tierra era el centro del Universo y no el Sol, o que posteriormente se diferenciase el Sistema Solar del concepto de Universo actual. Otro ejemplo es como ha ido evolucionando el modelo atómico

frente a las nuevas evidencias y desarrollos tecnológicos. Todo esto se relacionará con los modelos hoy en día aceptados a través de la correspondiente discusión entre científicos.

La importancia de la HC, es que le aporta a nuestra misión (enseñar ciencia) el nivel humano que le corresponde. La ciencia comúnmente se presenta como un bloque acabado e inalterable (véase en Fernández; 2000). Es fácil por tanto comprender que el enfoque histórico conlleva el poner de manifiesto la dimensión humana de la ciencia, mostrando que detrás de ella están las personas que la hicieron y la relación que hay entre ellos, como Isaak Newton dijo: “Si pude ver más lejos, es porque gigantes me alzaron sobre sus espaldas”.

Por otro lado Solbes y Vilchez (1989) ponen de manifiesto algunos de los problemas que existen en la educación debido a la mala enseñanza de la HC. Entre ellos hay puntos de especial relevancia como el que señalan sobre el pensamiento crítico. A través de la enseñanza de la HC se fomenta el pensamiento crítico, el inconformismo natural de la ciencia, no por ello relegando una teoría o modelo, sino limitando su uso a un determinado número de situaciones. Mediante una enseñanza y aprendizaje mecanicista es mucho más complicado transmitir esta idea, ya que únicamente presentamos una serie de leyes y sus aplicaciones correctas.

Tampoco se suele relacionar la influencia de la ciencia sobre la sociedad, y mucho menos la influencia de la sociedad sobre la ciencia. Es indudable que la ciencia tiene un papel en la sociedad determinante, no hay más que ver el desarrollo tecnológico que se ha producido en los últimos años, como respuesta al avance de la nanotecnología o nanoelectrónica. Esto también es trasladable a otros momentos de la historia que supusieron grandes avances y cambios de paradigma científico. Pero no hay que olvidar el proceso inverso, la sociedad también interfiere en la producción científica, por ejemplo cuando en la edad media se estudiaba medicina o el interior del cuerpo humano se hacía a través de animales como el cerdo, pero nunca se estudiaba los órganos humanos por motivos religiosos, de esta forma la ciencia se desarrollaba de otra manera, pero convivía con la sociedad de la época, respetando los pensamientos y creencias.

### **2.3. Dramatización**

En la sociedad actual de la información y la comunicación, el avance de una cultura individualista queda reflejado desde la infancia en juegos que no requieren compañeros para su desarrollo o en la adolescencia donde para relacionarse con iguales solo es necesaria una conexión a internet. Como argumenta Navarro (2007), hoy más que nunca, la educación tiene que recuperar la dimensión relacional que todo ser humano posee.

Por ello, se pretende presentar las posibilidades que la dramatización, como medio para el aprendizaje ofrece, puesto que trabaja desde la experiencia de cada miembro del grupo. La dramatización constituye un “arte social”, ya que su base de trabajo es el grupo. (Navarro, 2007).



La práctica dramática favorece las comunicaciones interpersonal e intergrupal, íntimamente relacionadas con el concepto de inteligencia interpersonal. El estudiante cuando actúa a través de la dramatización no reproduce la realidad sin más, sino que la reconstruye a partir de su entendimiento y vivencias, despierta la importancia del cuerpo como instrumento de expresión en el espacio y en el tiempo; permite pensar en grupo sobre situaciones comunes; aumenta la capacidad de observación y escucha. Y todo ello desde la clave de que el aprendizaje se basa en la experiencia. Como afirman Maley y Duff (1982) las técnicas basadas en la dramatización favorecen la comunicación oral así como el aprendizaje del lenguaje, por lo que emplear el drama como medio de enseñanza de ciencia también enriquece otras aéreas y competencias que suelen desarrollarse menos en la actual enseñanza de ciencias.

En relación a la creatividad, entendemos que el niño es sujeto activo partícipe de su proceso creativo, tal como defiende De La Torre (1995). La creatividad constituye un elemento sustancial del desarrollo de la personalidad. El drama es un medio privilegiado que desarrolla la creatividad pues requiere de la elaboración de nuevas situaciones y respuestas utilizando los recursos lingüísticos, corporales, emotivos, musicales, gestuales, etc.

La inclusión del drama en el currículum actual (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a) brilla por su ausencia, pero es cierto que en otros países goza de gran reputación (Navarro, 2009). Es el caso de Inglaterra, donde esta realidad viene acompañada de una presencia institucional de la dramatización en el currículum oficial, el cual sirve de base para los desarrollos curriculares en todos los colegios de Inglaterra. El drama aparece como una herramienta de enseñanza formando parte especial de la asignatura de inglés. Aunque bien es cierto que su uso dentro del aprendizaje de las ciencias sigue siendo limitado. Sin embargo se pueden encontrar textos completos que además están bien relacionados con los contenidos que se pretenden tratar en este trabajo, como son las dos siguientes obras teatrales; “*Kepler. Tragicomedia en cuatro actitos*” de Battaner (2014), catedrático de Astrofísica por la Universidad de Granada), y “*Estáis hechos unos elementos*” de Antonio Marchal (2016), docente titular de química inorgánica de la Universidad de Jaén.

Existe por tanto un espacio vacío en el uso del drama como herramienta de aprendizaje en ciencias como refleja Braund (2015). El drama en las ciencias puede utilizarse como una herramienta útil para afrontar los cambios de paradigmas en la historia de la ciencia. Este autor refleja que las actividades dramáticas en el aula no necesariamente tienen que ser un teatro, con su audiencia y público. El mejor partido que se le puede sacar al drama es el de interpretar la ciencia desde distintos puntos de vista, adquirir roles y debatir desde esos roles, que enriquecerán enormemente el aprendizaje clásico basado en clases teóricas y problemas.

Nuestro objetivo principal es enseñar ciencias, pero además pretendemos que la formación sea lo más completa posible, dando lugar a que el estudiante desarrolle todas las competencias. Por eso creemos que la dramatización es una buena herramienta, el objetivo es que los estudiantes creen sus propios diálogos, pero para ello tienen que comprender bien los contextos históricos y las teorías científicas, organizando y construyendo ellos mismo la información. Por lo que el aprendizaje será significativo en cuanto a ciencia, pero además aportará otra serie de conocimientos y valores de forma transversal. (Navarro, 2009).

#### 2.4. Aprendizaje lúdico y práctico

O'Connor y Seymour (1992) destacan que los seres humanos suelen recordar un 90% de lo que hacen, un 10 % de lo que leen, un 20 % de lo que oyen y un 30% de lo que ven.

Existen varios estudios centrados en el papel del juego en el desarrollo humano, Piaget (1985), en su "Teoría Psicogenética del Juego" recalca el gran mérito del juego en el desarrollo del ser humano, tanto a nivel cognitivo como moral. De esta manera, el juego contribuye a enriquecer su desarrollo intelectual. Es claro que en este aspecto el autor no se refería al aprendizaje dentro de un contexto educativo formal.

Sin embargo, algunos autores como Palacios (2005) defienden que el juego tiene una gran aplicabilidad como medio de aprendizaje también en el contexto educativo formal, ya que requiere esfuerzo mental y/o físico, y además el alumnado lo realiza con agrado y sin percibir una presión externa. También indican el potencial del juego como una herramienta para desarrollar nuevos contenidos o afianzarlos, practicar hábitos o habilidades, construir nuevas actitudes y preparar a los estudiantes para resolver correctamente situaciones.

Otros autores como Concepción (2014) alegan que para que el aprendizaje sea significativo no sirve todo tipo de juego, éste debe cumplir aspectos como un carácter organizado, que facilite la activación de pensamientos rápidos y relacionados con objetivos. Por lo que la posibilidad de utilizar el juego como estrategia de aprendizaje depende de que este incluya aspectos que permitan organizar de manera eficiente el proceso de enseñanza, tales como la participación, el dinamismo, el entrenamiento, la colectividad y la iniciativa (Bautista y López, 2002).

Pero además de incluir actividades basadas en juegos queremos diseñar actividades de un corte práctico, estas prácticas tienen la finalidad de que el estudiante se ponga en el papel del personaje o personajes históricos e intente ver la ciencia tal y como ellos la veían. ¿Por qué esta metodología? Pues bien por el mismo motivo que se presenta al inicio de esta sección, y es que se aprende más haciendo que escuchando o leyendo. Las prácticas son una buena herramienta para fomentar los valores que tiene la ciencia hoy en día. Tal y como afirma Carrascosa (2006) la experimentación, tanto cualitativa como cuantitativa, posee una serie de potencialidades, como desarrollar la curiosidad, suscitar discusiones, permitir elaborar hipótesis y por tanto desarrollar espíritu crítico. Enseña a analizar resultados y expresarlos correctamente, por lo que guía a los estudiantes a realizar ciencia tal y como se concibe en la actualidad, y por tanto que puedan obtener sus propias conclusiones.

### **3. Objetivos**

Es evidente tras todo este preámbulo teórico; primero que existe una falta de interés hacia las ciencias, en especial las ciencias experimentales. Segundo que los estudiantes españoles no poseen un nivel, que en la actualidad y comparación con el resto de países de la OCDE, sea aceptable.

Por todo esto ya comentamos en el primer apartado, que el objetivo principal de este trabajo es la creación de una propuesta didáctica innovadora que pueda combatir este desnivel con respecto al resto de países de la OCDE. Y es por esto por lo que hemos desarrollado el anterior marco teórico que apoyará nuestras acciones y propuestas.

En los siguientes apartados desarrollaremos la propuesta didáctica cuya finalidad es el empleo de la dramatización, a través de actividades, para generar un aprendizaje significativo en nuestros estudiantes. Es preciso establecer los objetivos didácticos y generales que pretendemos que alcancen los estudiantes mediante ese conjunto de actividades, que se desarrollarán en apartados posteriores. Pero en este apartado es preciso señalar los objetivos generales que nos marcamos como docentes con dicha propuesta didáctica, que son:

- Aumentar el interés del alumnado por las asignaturas de ciencias mediante metodologías innovadoras.
- Trabajar las competencias básicas establecidas por la legislación actual.
- Favorecer la creatividad del alumnado.
- Incentivar el trabajo en grupo y valorar el éxito como algo grupal y no individual.
- Promover que el alumnado sea el protagonista del proceso enseñanza-aprendizaje.
- Incentivar el uso de la tecnología y simulaciones como herramienta de investigación
- Desmitificar y humanizar la ciencia.
- Motivar al alumnado y fomentar la actitud favorable hacia la participación de actividades y/o proyectos

### **4. Propuesta didáctica**

Después de todo este preámbulo ya nos encontramos en condiciones de establecer nuestra propuesta didáctica. Esta propuesta tiene dos partes diferenciadas para dos cursos diferentes, pero ambas con el mismo <<espíritu>>. Presentamos por tanto una tarea enfocada a la producción de un teatro por parte de los estudiantes, pero con la que además irán aprendiendo y adquiriendo herramientas por medio de actividades prácticas y un juego.

Esta tarea se alcanzará mediante una serie de actividades que se irán proponiendo con más detalle en los sub-apartados siguientes. Esta tarea está pensada para 1º de Bachillerato y se enfocará en el paso del Geocentrismo al Heliocentrismo.

De forma general y salvo escasas excepciones, si hoy en día realizásemos una encuesta por la calle, donde la pregunta fuese “¿la Tierra gira alrededor del Sol o es el Sol el que gira alrededor de la Tierra?” La respuesta inmediata sería que es el Sol, pero si seguidamente le preguntásemos que cómo lo saben a partir de su experiencia y <<observación diaria>> la respuesta tal vez cambie. Y es que el pensamiento de un Universo en el que todo gira a nuestro alrededor y nosotros permanecemos de forma estática es <<en principio>> lo que nuestros sentidos nos transmiten.

Es por esta razón por la que Aristóteles tomó la opción Geocéntrica como la verdadera, que reforzada por el modelo de Ptolomeo adquirió como propia la Iglesia católica. Pero ellos no tienen la culpa de 20 siglos de este modelo. La ciencia es un proceso vivo y cambiante, en el que la evidencia experimental junto con el buen hacer humano forman nuevos y mejores modelos que explican el comportamiento de nuestra naturaleza.

Habitualmente esta parte de la asignatura se imparte como un modelo erróneo con unos científicos equivocados (Geocentrismo) y un modelo aceptado actualmente y verdadero con unos científicos que son los mejores de la historia (Heliocentrismo). Pero esta realidad se aleja mucho de la historia, y es que hay que entender el por qué del pensamiento geocéntrico y como se cambió de paradigma. Por ello, a través de estas actividades pretendemos alcanzar un aprendizaje significativo de la materia, y no simplemente una memorización de modelos del universo con sus pros y contras y los científicos que lo planteaban.

El objetivo por tanto de la realización de esta tarea, además de proporcionar los contenidos estipulados en la legislación, es trabajar de una forma más completa todas las competencias básicas. Y por último fomentar el espíritu crítico y una humanización de la ciencia, que no se aplica hoy en día en clase.

#### **4.1 Contenidos**

En este sub-apartado vamos a exponer los contenidos a trabajar en la ejecución de la tarea. Como hemos comentado estos contenidos tienen como destino el curso de Física y Química de 1º de Bachillerato. Como referencia de contenidos tendremos los proporcionados de forma genérica por la legislación vigente, en nuestro caso: el *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato* (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a):

##### **Bloque 1. La actividad científica**

- Estrategias necesarias en la actividad científica
- Tecnologías de la información y la comunicación en el trabajo científico

##### **Bloque 6. Cinemática**

- Sistemas de referencia inerciales. Principio de relatividad de Galileo.
- Composición de movimientos rectilíneo uniforme y rectilíneo uniformemente acelerado.

## Bloque 7. Dinámica

- Fuerzas como interacción.
- Dinámica de cuerpos ligados.
- Leyes de Kepler
- Fuerzas centrales
- Ley de Gravitación Universal

A continuación vamos a mostrar los contenidos anteriores junto con los que nosotros como docentes añadimos para que la tarea sea más completa y que tenga un mayor sentido su realización para desarrollar las competencias. Dichos contenidos expresados como resultados de aprendizaje son se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Contenidos de la tarea del paso del Geocentrismo al Heliocentrismo

Saber	Saber hacer	Saber ser
Observaciones astronómicas en antigua Grecia.	Cálculo del radio de la Tierra a través de la sombra de objetos.  Cálculo de la distancia de Sol-Tierra y Tierra-Sol con las mediciones de Grecia	Comprensión y valoración de la validez del Geocentrismo de la época frente a las primeras corrientes de Heliocentrismo.
Modelo Geocéntrico de Ptolomeo.		
Principios del Heliocentrismo en la antigüedad.		
Aportación de Eratóstenes y Aristarco de Samos.		
Modelo Heliocéntrico de Copérnico.	Identificación de los Sistemas de Referencia Inerciales y no Inerciales.	Reflexión sobre la aparición del método científico
Concepto de Sistemas de referencia.	Representación las fuerzas aplicadas en los cuerpos.	
Principio de relatividad de Galileo.	Composición de movimientos de diferente naturaleza	Apreciación de la aparición del modelo Heliocéntrico a partir del concepto de principio de relatividad
Concepto de fuerzas. Dinámica.		
Contexto histórico-científico de Ticho Brahe y Kepler	Empleo de las tecnologías de la información en el trabajo científico	Reflexión sobre la importancia de la formulación matemática de las nuevas leyes de la Física
Concepto de fuerzas centrales		
Leyes de Kepler y su relevancia	Relación de las Leyes de Kepler con la Ley de la Gravitación universal	
Le y de la Gravitación Universal de Newton		

## 4.2 Programación de la tarea. Elementos curriculares

En el sub-apartado anterior hemos realizado una separación de contenidos en conceptuales, procedimentales y actitudinales. A su vez los hemos agrupado en tres grupos, y esto no es casualidad. Nuestra tarea se basa principalmente en la creación de una obra teatral por parte del alumnado. Pero para ello es necesario que dominen estos contenidos y de forma posterior puedan establecer los diálogos, con unas pautas pre-establecidas.

En este apartado vamos a exponer los elementos curriculares trabajados en esta tarea. Es necesario para desarrollar la tarea de forma correcta la realización de 4 actividades, 3 están ligadas a cada uno de los bloques de contenidos señalados y una última que está enfocada a proporcionar herramientas para la creación explícita del diálogo.

### Objetivos de etapa

En primer lugar vamos a exponer los objetivos generales de etapa que trabajaremos a lo largo de la realización de esta tarea, bien en los ejercicios, las actividades o en sí el grueso de la tarea. Estos objetivos de etapa vienen expuestos en la legislación (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a), y son los siguientes:

- Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma.
- Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.
- Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
- Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural. (p. 188)

En la Tabla 2, a continuación vamos a exponer, se relacionan los distintos elementos curriculares de acuerdo con Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015a). Además de incluir los objetivos de área de acuerdo con Junta de Andalucía (2016).

Tabla 2: Elementos curriculares de la tarea

Tarea 1º Bachillerato: “Del Geocentrismo al Heliocentrismo”				
Objetivos de área	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Competencias
<p>1. Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Física y de la Química, que les permita tener una visión global y una formación científica básica para desarrollar posteriormente estudios más específicos.</p>	<p>1. Estrategias necesarias en la actividad científica</p> <p>2. Tecnologías de la información y la comunicación en el trabajo científico</p>	<p>1. Reconocer y utilizar las estrategias básicas de la actividad científica como: plantear problemas, formular hipótesis, proponer modelos, elaborar estrategias de resolución de problemas y diseños</p>	<p>1.1 Aplica habilidades necesarias para la investigación científica, planteando preguntas, identificando problemas, recogiendo datos, diseñando estrategias de resolución de problemas utilizando modelos y leyes.</p> <p>1.2 A partir de un texto científico, extrae e interpreta la información, argumenta con rigor y precisión utilizando la terminología adecuada</p>	<p>CMCT</p> <p>CD</p> <p>CAA</p> <p>CSC</p>
		<p>2. Conocer, utilizar y aplicar las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el estudio de los fenómenos físicos y químicos.</p>	<p>2.1 Emplea aplicaciones virtuales interactivas para simular experimentos físicos de difícil realización en laboratorio</p>	
<p>2. Analizar, comparando hipótesis y teorías contrapuestas, a fin de desarrollar un pensamiento crítico; así como valorar sus aportaciones al desarrollo de estas ciencias</p>	<p>3. Modelo Geocéntrico en la Antigua Grecia**</p>	<p>3. Conocer y explicar la aparición del modelo Geocéntrico en la antigüedad.**</p>	<p>3.1 Emplea aplicaciones virtuales interactivas para simular observaciones astronómicas que refuercen los modelos.**</p> <p>3.2 Conoce los distintos autores que apoyan los distintos modelos, y argumenta con precisión los hechos experimentales que contrastan cada modelo.**</p>	<p>CMCT</p> <p>CLL</p> <p>CD</p> <p>CAA</p> <p>CSC</p> <p>CEC</p> <p>SIE</p>
<p>3. Utilizar destrezas investigadoras, tanto documentales como experimentales, con cierta autonomía, reconociendo el carácter de la Ciencia como proceso cambiante y dinámico.</p>	<p>4. Modelo Heliocéntrico de Copérnico**</p>	<p>4. Explicar y conocer a los autores que proponen las primeras corrientes heliocentristas.**</p> <p>5. Justificar la aparición de un modelo de Heliocéntrico. Explicar las ventajas frente a modelos anteriores**</p>	<p>4.1 A partir de herramientas trigonométricas es capaz de medir el radio de la Tierra a partir de la sombra de objetos. Así como calcular la distancia en el sistema Sol- Tierra-Luna.**</p> <p>4.2 Comprende y justifica la falta de experiencias que apoyaban el modelo Heliocéntrico.**</p> <p>5.1 Conoce y explica la aparición del modelo Heliocéntrico de Copérnico. Es capaz de demostrar de forma cualitativa el movimiento retrogrado de los planetas del Sistema Solar a partir de este modelo. **</p>	

<p>4. Apreciar la dimensión cultural de la Física y la Química para la formación integral de las personas, así como saber valorar sus repercusiones en la sociedad y el medioambiente</p>	<p>5. Dinámica de cuerpos ligados</p> <p>6. Fuerzas como interacción</p> <p>7. leyes de Kepler</p>	<p>6. Justificar la necesidad de que existan fuerzas para que se produzca un movimiento circular.</p> <p>7. Contextualizar las leyes de Kepler en el estudio del movimiento planetario.</p> <p>8. Asociar el movimiento orbital con la actuación de fuerzas centrales y la conservación del momento angular.</p>	<p>6.1. Aplica el concepto de fuerza centrípeta para resolver e interpretar casos de móviles en curvas y en trayectorias circulares.</p> <p>7.1. Comprueba las leyes de Kepler a partir de tablas de datos astronómicos correspondientes al movimiento de algunos planetas.</p> <p>7.2. Describe el movimiento orbital de los planetas del Sistema Solar aplicando las leyes de Kepler y extrae conclusiones acerca del periodo orbital de los mismos.</p> <p>8.1. Aplica la ley de conservación del momento angular al movimiento elíptico de los planetas, relacionando valores del radio orbital y de la velocidad en diferentes puntos de la órbita.</p>	<p>CMCT</p> <p>CLL</p> <p>CD</p> <p>CAA</p> <p>CEC</p> <p>SIE</p>
	<p>8. Sistema de referencia inerciales. Principio de relatividad de Galileo</p>	<p>9. Distinguir entre sistemas de referencia inerciales y no inerciales.</p> <p>10. Resolver situaciones desde un punto de vista dinámico que involucran planos inclinados y /o poleas.</p>	<p>9.1. Analiza el movimiento de un cuerpo en situaciones cotidianas razonando si el sistema de referencia elegido es inercial o no inercial.</p> <p>9.2. Justifica la viabilidad de un experimento que distinga si un sistema de referencia se encuentra en reposo o se mueve con velocidad constante.</p> <p>10.1. Calcula el modulo del momento de una fuerza en casos prácticos sencillos.</p> <p>10.2. Resuelve supuestos en los que aparezcan fuerzas de rozamiento en planos horizontales o inclinados, aplicando las leyes de Newton.</p>	<p>CMCT</p> <p>CLL</p> <p>CAA</p> <p>CSC</p> <p>SIE</p>
	<p>9. Fuerzas centrales</p>	<p>11. Identificar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.</p> <p>12. Representar gráficamente las magnitudes vectoriales que describen el movimiento en un</p>	<p>11.1. Representa todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, obteniendo la resultante, y extrayendo consecuencias sobre su estado de movimiento.</p> <p>12.1. Describe el movimiento de un cuerpo a partir de sus vectores de posición, velocidad y aceleración en un</p>	<p>CMCT</p> <p>CLL</p> <p>CAA</p> <p>CSC</p>



6. Aprender a diferenciar la ciencia de las creencias y de otros tipos de conocimientos.	10. Composición de movimientos rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado	sistema de referencia adecuado.  13. Reconocer las ecuaciones de los movimientos rectilíneo y circular y aplicarlas a situaciones concretas.	sistema de referencia dado.  13.1. Resuelve ejercicios prácticos de cinemática en dos dimensiones (movimiento de un cuerpo en un plano) aplicando las ecuaciones de los movimientos rectilíneo uniforme (M.R.U) y movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A.).	
	11. Ley de la Gravitación universal	14. Determinar y aplicar la ley de Gravitación Universal a la estimación del peso de los cuerpos y a la interacción entre cuerpos celestes teniendo en cuenta su carácter vectorial.	14.1. Expresa la fuerza de la atracción gravitatoria entre dos cuerpos cualesquiera, conocidas las variables de las que depende, estableciendo cómo inciden los cambios en estas sobre aquella. 14.2. Compara el valor de la atracción gravitatoria de la Tierra sobre un cuerpo en su superficie con la acción de cuerpos lejanos sobre el mismo cuerpo. 14.3 Establece una relación matemática entre la Ley de la Gravitación Universal a partir de la 3ª Ley de Kepler. **	CMCT CLL CAA CEC

Es necesario realizar dos aclaraciones con respecto a la tabla anterior. En primer la primera columna es una columna continua ya que todos los contenidos, criterios y estándares contribuyen al desarrollo de estos objetivos. Y en segundo lugar los puntos marcados con doble asterisco (\*\*) son propuestas de creación propia el resto de elementos curriculares se han escrito directamente de acuerdo con la legislación vigente (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015a).

En la Tabla 3, presentamos la estructura principal de la tarea que queremos que los alumnos lleven a cabo, compuesta por una serie de actividades que a su vez comprenden ejercicios más simples.

Tabla 3: Actividades y ejercicios que forman la tarea propuesta

Tarea	Actividades	Ejercicios
<p><i>Dramatización “Del Geocentrismo al Heliocentrismo”.</i> Creación de una obra teatral por parte de los estudiantes en la que se explique el cambio de paradigma de la ciencia a partir de los protagonistas y científicos que lo provocaron.</p>	Observaciones astronómicas en la antigüedad mediante Stellarium. Los primeros modelos cosmológicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar el cielo de la antigua Grecia y las evidencias que apoyaban los primeros modelos</li> </ul>
	Aplicación de la trigonometría para cálculos astronómicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición del radio terrestre por el método de Eratóstenes</li> <li>• Cálculo de la distancia entre la Tierra y el Sol por el método de Aristarco.</li> </ul>
	Estudio del modelo Heliocéntrico de Copérnico. Observación de la tercera ley de Kepler a través de Stellarium.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar las orbitas planetarias y estudiar cualitativamente el movimiento retrógrado de los planetas</li> <li>• Predecir y comprobar la relación entre el radio orbital y el periodo de un astro que gira sobre otro</li> </ul>
	Estudio de las aportaciones de Galileo a las observaciones astronómicas y al modelo Heliocéntrico  Cálculos de movimientos de los astros a través de la ley de la Gravitación Universal de Newton	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar las fases de Venus y explicar las variaciones de tamaño del planeta</li> <li>• Aplicar el principio de relatividad de Galileo al caso terrestre y a casos más simples</li> <li>• Representar las fuerzas a las que se somete un cuerpo y los movimientos que provoca en él</li> <li>• Estudiar el tiro parabólico y extrapolar el principio de inercia al caso de los planetas</li> <li>• Demostrar la Ley de Kepler a través de la Ley de Newton</li> </ul>
	Juego: <i>¿Quién dijo qué?</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Razonar que científico pudo o no pudo pronunciar una cita en función de los conocimientos históricos</li> </ul>
<b>Escenarios</b>	Aula de clase, sala de ordenadores, patio del centro	
<b>Procesos cognitivos</b>	Memorizar, Comprender, Aplicar, Analizar, Evaluar y Crear	

### 4.3 Actividades y secuenciación

En las anteriores secciones hemos expuesto los contenidos a tratar en nuestra propuesta didáctica, así como los elementos curriculares que vamos a desarrollar en ella. También se ha realizado un esbozo global de cómo se compone nuestra tarea a partir de las actividades y los ejercicios que de forma genérica se aplicarán en cada uno. A continuación, en este sub apartado, explicaremos de forma más detallada cómo desarrollaremos cada una de las actividades, aclarando los recursos que son necesarios, los tipos de agrupamiento entre los estudiantes, como se debe desarrollar la práctica para cumplir los objetivos marcados, el número de sesiones, etc.

Además en este apartado relacionaremos cada una de las actividades con las competencias básicas que tenemos que trabajar, exigidas por la legislación vigente (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015b). Siempre con la vista puesta en la producción del teatro por parte de los estudiantes.

#### a) Actividad 1. “Observaciones en la antigüedad”

Cuando se habla de observaciones astronómicas en la antigüedad, automáticamente se suele pensar en la Grecia de Aristóteles, de Platón y Demócrito. Aunque es cierto que los griegos tenían predilección por los cielos estrellados, otras culturas como la egipcia mucho antes, los mayas o los sumerios también hacían sus observaciones y sacaban sus conclusiones más que razonables. Aun sabiendo esto, hemos escogido trabajar con las observaciones y pensamientos de la Grecia antigua, ya que es la que perdurará en el mundo occidental durante más de 20 siglos.

Esta actividad se dividirá en dos partes bien diferenciadas; la primera parte se basará en la simulación de la observación astronómica directa, a través del software Stellarium, mientras que la segunda parte se basará en la aplicación de la trigonometría como herramienta para medir el radio de la Tierra y la distancia entre el Sol y la Tierra.

#### *Desarrollo de la actividad. Recursos y secuenciación*

La actividad debe comenzar en el aula de ordenadores del centro, o bien a través de los ordenadores de portátiles. El trabajo se realizará por parejas, con la idea de que los estudiantes desarrollen la capacidad de trabajar en equipo y de forma cooperativa. ¿Qué se va a aprender en esta primera parte? El objetivo de esta primera parte de observación astronómica es que los estudiantes observen el cielo tal y como lo observaban los griegos, de manera que comprendan el motivo de sus creencias en determinados modelos cosmológicos. En clase ya habremos trabajado la postura geocentrista de estos pensadores. ¿Cómo se va a aprender? La idea como hemos dicho es plantear una serie de situaciones que los griegos observaron en el cielo, de forma que nuestros propios estudiantes puedan contrastarlas, serían las siguientes:

1. Movimiento diario de los cielos de este a oeste.
2. Movimiento anual de los astros mayores.
3. Movimiento retrógrado de los planetas.
4. Cambio de brillo y tamaño de los astros.

### 5. Agrupación de Venus, Mercurio y el Sol.

Esta serie de hechos aunque es cierto que no contradicen la teoría heliocéntrica, refuerza el pensamiento de que todo gira a nuestro alrededor. Además es importante hacer reflexionar a nuestros estudiantes de por qué los griegos tenían este pensamiento, y por qué desde su punto de vista era la postura geocéntrica la más lógica. Para ello en el guión que les entregaremos para que puedan realizar esta actividad realizaremos preguntas pero siempre enfocadas desde el punto de vista de un autor. Esto se realiza con la idea de que reflexionen en pareja sobre las distintas cuestiones que hacen pensar y afirmar el modelo que dichos autores creían oportuno.

La segunda parte de la práctica está enfocada a las primeras corrientes heliocentristas que se produjeron en esta misma época. Para ello vamos a realizar una medición del cálculo de la Tierra tal y como lo hizo Eratóstenes y después mediremos la distancia al Sol y la Luna a través de herramientas trigonométricas. Estas dos actividades se hacen relativamente rápido, pero requieren una explicación previa y coordinación con el departamento de matemáticas. Incluso se podría coordinar para que hicieran esta actividad con ayuda del propio docente de matemáticas. Al igual que la primera parte el trabajo se realizará por parejas. En este caso para la parte de la medición del radio terrestre, necesitamos hacerlo en una hora concreta y con materiales como una cinta de medir, una barra de un metro y, en un espacio donde plano haya una superficie que pueda considerarse plana (por ejemplo la pista deportiva del centro), los estudiantes medirán la sombra en dos puntos y realizarán los cálculos. En cambio, el cálculo que realizó Aristarco se realizará en el aula, también por parejas.

Como hemos venido defendiendo, la idea de estas actividades, es que los estudiantes conozcan el proceso de evolución de la ciencia, más concretamente en lo que se refiere a modelos cosmológicos. Al final de cada una de las sesiones, los estudiantes entregarán por escrito, las reflexiones que vayan sacando. Les propondremos que reflexionen directamente sobre los pensamientos que se tenían y que lo sitúen en el contexto apropiado, no pensamientos antiguos en un contexto actual. Además, en el informe que deberán entregar a final de clase, deben estar contestadas las preguntas que se proponen en los guiones (Anexo), que están directamente enfocadas a los pensamientos de cada uno de los autores. Con esto pretendemos dotar de recursos a los estudiantes de cara a la futura tarea.

#### **Objetivos y competencias**

En el apartado 4.1 hemos mostrado la totalidad de los contenidos que se pretenden trabajar en la tarea y en su proceso. Estos contenidos están expresados como resultados de aprendizaje, donde podemos ver contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Además vemos que están divididos horizontalmente en 3 bloques. El primer bloque representa a los contenidos de esta actividad, de donde pretendemos que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos didácticos:

1. Conocer términos básicos de la observación astronómica y aplicarlos en el contexto adecuado.
2. Describir el modelo geocéntrico de Ptolomeo.
3. Valorar la validez del geocentrismo en determinados contextos.
4. Presentar los argumentos a favor del geocentrismo a partir de sus creadores.

5. Realizar estimaciones sobre las dimensiones de la Tierra y de la distancia Tierra-Sol.
6. Conocer los autores y las primeras corrientes con postura heliocéntrica.
7. Comprender los argumentos que en la época no permitían sustentar la teoría heliocéntrica frente a otras.
8. Reforzar la idea de que la ciencia es un proceso cambiante y modificable.

Además de alcanzar una serie de objetivos didácticos con esta actividad pretendemos trabajar una serie de competencias, como se explica en la normativa vigente (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015b), todas las áreas y materias deben contribuir al desarrollo competencial. El aprendizaje basado en competencias se caracteriza por su transversalidad, proporcionando una formación integral de las personas que, al finalizar la etapa académica, serán capaces de transferir aquellos conocimientos adquiridos, reorganizar sus pensamientos y adquirir nuevos conocimientos. Es por ello por lo que las competencias clave se trabajarán de la siguiente forma, como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4:** Competencias clave trabajadas en la actividad 1

<b>Competencia Clave</b>	<b>Se desarrolla a través de:</b>
CMCT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los distintos modelos cosmológicos y las características que lo definen</li> <li>• Desarrollar una metodología de trabajo basado en la observación y en las preguntas</li> <li>• Calcular magnitudes a través de la geometría que refuercen nuestras hipótesis</li> </ul>
CLL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir un nuevo vocabulario referido al tema a tratar</li> <li>• Discutir y dialogar con el resto de estudiantes sobre los temas de interés para alcanzar un resultado común</li> </ul>
CD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar mediante el software Stellarium las observaciones astronómicas.</li> <li>• Buscar información si precisa sobre los autores y sus posturas</li> </ul>
CAA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar una actitud positiva frente a la contrastación de hechos experimentales, tanto como espíritu crítico y escepticismo científico</li> </ul>
CEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respetar los conocimientos de una cultura antigua, a partir del conocimiento de su contexto y sus manifestaciones culturales.</li> </ul>
CSC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dialogar y poner en común las propuestas con el resto de compañeros.</li> </ul>
SIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar las herramientas necesarias con el software para que puedan realizar sus propios experimentos y comprobaciones astronómicas</li> </ul>

**b) Actividad 2. “¡No somos el centro!”**

En esta actividad pegamos un salto histórico de aproximadamente 17 siglos. ¿Pero por qué tanto, si ya algunos pronosticaron que no éramos el centro? Pues bien, tras la postura geocéntrica de Aristóteles, que reforzado con la teoría de los epiciclos de Ptolomeo que explicaba de forma muy acertada la realidad, era complicado refutar a uno de los mayores pensadores de la época. La Iglesia católica tomó esta explicación como la correcta, ya que era la que mejor se adaptaba a sus creencias.

Sin embargo, fue un clérigo el que revolucionó este pensamiento, exactamente 17 siglos después. Nicolás Copérnico gran estudioso de la época, ideó un modelo en el que situaba esta vez al Sol en el centro, y que además explicaba los movimientos de los planetas de forma mucho más sencilla.

Toda esta historia es la que debemos comenzar contándole a nuestros estudiantes, plantearles un contexto histórico de evolución del modelo cosmológico. Porque además, es justo en este punto donde comienza a producirse un cambio de paradigma, con la publicación post-mortem del libro de Nicolás Copérnico: *De Revolutionibus orbium coelestium*.

***Desarrollo de la actividad. Recursos y secuenciación***

Esta actividad se centra en la aparición y repercusión histórica y científica de Copérnico y de Kepler. Al igual que la práctica anterior se divide en dos partes bien diferenciadas, aunque esta vez se realizarán en una única sesión.

En la primera parte pretendemos que los estudiantes interioricen como el modelo heliocéntrico justifica de manera muy simple el movimiento retrógrado de los planetas, sobretodo los planetas exteriores. En el guión que se les proporcionará (Anexo), se explica cómo hacerlo. La idea inicial será que lo hagan de forma gráfica a mano, aunque se les dará la posibilidad de que lo pueden hacer mediante algún software de dibujo. Esta actividad requiere a nivel de recursos simplemente material de dibujo y, por otro lado, se realizará de forma individual aunque se volverá a entregar por parejas, ya que el resto de la práctica si se realizará por parejas. Además se les proporcionarán cuestiones para que reflexionen sobre la postura de Copérnico y si en el contexto que se encontraba las pruebas de una teoría heliocéntrica podían desplazar a una teoría geocéntrica.

La segunda parte que desarrollaremos en la otra mitad de la sesión es la demostración de la 3ª Ley de Kepler a partir del simulador Stellarium. La idea de demostrar una de las leyes de Kepler es básicamente para que comprendan e interioricen los conceptos que se manejan en esta ley, como puede ser radio orbital o periodo. Por otro lado, trabajamos como Kepler a partir de los datos experimentales del astrónomo Ticho Brahe pudo deducir sus leyes y sus hipótesis. Pero además pretendemos que los estudiantes comprendan la importancia que tuvo en la historia el apoyo de Johannes Kepler al modelo heliocéntrico que propuso Copérnico. Tampoco queremos olvidar otras posibles propuestas y/o alternativas al modelo de Copérnico, como fue el que propuso Brahe, que está explicado de forma muy simple y divertida en uno de los libros de divulgación escritos por Battaner (2014).

**Objetivos y competencias**

Al igual que en el apartado anterior, en la tabla 1, donde se exponen los contenidos a tratar en la tarea como resultados de aprendizaje, vemos que se encuentran entre el segundo bloque y el tercero los contenidos que pretendemos que los estudiantes conozcan tras realizar esta actividad y tras la posterior entrega del informe. Por lo que en función de todo lo anterior, los objetivos didácticos que pretendemos que nuestros estudiantes alcancen serán:

1. Conocer el modelo Heliocéntrico de Copérnico.
2. Explicar el movimiento retrogrado de los planetas externos a partir del modelo de Copérnico.
3. Valorar el contexto histórico y la relación entre Brahe y Kepler.
4. Enunciar las leyes de Kepler y relacionarlas con los nuevos modelos.
5. Relacionar el concepto de fuerza central con la 3ª Ley de Kepler
6. Calcular a través de datos experimentales la distancia de planetas al Sol.

Por otro lado las competencias clave que queremos trabajar en esta actividad y a través de qué medios se indican en la tabla 5

**Tabla 5:** Competencias clave trabajadas en la actividad 2

<b>Competencia Clave</b>	<b>Se desarrolla a través de:</b>
CMCT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer los distintos modelos cosmológicos y las características que lo definen</li> <li>• Representar el modelo heliocéntrico y relacionarlo con las observaciones astronómicas</li> <li>• Matematizar las observaciones experimentales y realizar los cálculos orbitales para demostrar la 3ª Ley de Kepler</li> </ul>
CLL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir un nuevo vocabulario referido al tema a tratar</li> <li>• Discutir y dialogar con el resto de estudiantes sobre los temas de interés para alcanzar un resultado común</li> </ul>
CD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar mediante el software Stellarium las observaciones astronómicas.</li> <li>• Buscar información si precisa sobre los autores y sus posturas</li> </ul>
CAA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar una actitud positiva frente a la contrastación de hechos experimentales, tanto como espíritu crítico y escepticismo científico</li> <li>• Explicar modelos no vistos en el aula, que fuercen al alumnado a comprender y utilizar los conocimientos adquiridos</li> </ul>
CEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valorar la herencia cultural y el contexto histórico en los que se producen los acontecimientos tratados.</li> </ul>
CSC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dialogar y poner en común las propuestas con el resto de compañeros.</li> </ul>
SIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar las herramientas necesaria con el software para que puedan realizar sus propios experimentos y comprobaciones astronómicas</li> </ul>



### c) Actividad 3. “Galileo y Newton”

Continuando con la evolución histórica llegamos a dos de los científicos más importantes de la historia. El primero, Galileo Galilei, fue contemporáneo de Kepler y además compartía sus ideas, de hecho Galileo le escribió cartas a Kepler hablando sobre el nuevo modelo Heliocéntrico de Copérnico. El segundo es Isaak Newton, el padre de la dinámica, que nació un año después de la muerte de Kepler y no necesita presentación, ya que posiblemente sea el físico más brillante (o uno de los más brillantes) de la historia.

Sin duda la aparición de estos dos personajes en sí marca un antes y un después en la historia de la ciencia. Su producción científica es muy amplia y además en muchos campos de la física. Entonces ¿por qué incluirlos en estas actividades enfocadas al teatro?

Sin duda aunque no tienen un papel fundamental en la producción del modelo si lo tienen en su posterior apoyo. Es de sobra conocido el juicio de la Iglesia sobre Galileo al cual prohibió difundir las ideas de Copérnico, tanto en ámbito público como privado. Por otro lado, sabemos que Newton trabajó en el movimiento de los astros (¿Por qué la Luna no cae?), hasta llegar a la producción de su Ley de la Gravitación Universal. Por estos motivos, es importante que los estudiantes conozcan sus posturas y cómo reforzaron el cambio de paradigma

#### ***Desarrollo de la actividad. Recursos y secuenciación***

Es posible que esta actividad sea la que tenga más complejidad, tanto a nivel teórico como experimental de las que se han expuesto hasta el momento. Aun así es posible que sea la más productiva de cara a interrelacionar conceptos, de los bloques de Cinemática y Dinámica (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; 2015a).

Al igual que otra de las actividades anteriores, la primera parte de la práctica haremos uso de Stellarium para observar al igual que observó Galileo las fases de Venus. En este caso la diferencia radica en que dejaremos que los estudiantes puedan ampliar la imagen, ya que fue Galileo el primer astrónomo que utilizó el telescopio para observar los astros. Les propondremos además observar los satélites de Júpiter que también observó Galileo y proporcionaremos algunas cuestiones que es posible se plantease el propio Galileo y que refuerzan en gran medida el modelo heliocéntrico que él defendía.

Por otra parte y aunque en principio no parece tener una gran relación, queremos estudiar los sistemas inerciales y el movimiento. Otra de las creencias que tenían su origen en la antigua Grecia era es que la velocidad de caída de un cuerpo estaba ligado al peso del cuerpo. Para ello realizaremos al igual que Galileo un estudio con un plano inclinado que deberán construir los propios estudiantes (puede ser algo rudimentario). La idea principal es que hagan deslizar en la medida de lo posible objetos con distinta masa por el plano inclinado de forma que el plano inclinado esté a cierta altura y el objeto caiga describiendo un movimiento semiparabólico en su caída.

La idea es relacionar la existencia de una aceleración de la gravedad común, tal como describía la ley de la gravitación de Newton. Pero además, y más importante, el principio de inercia que también es fundamental en el principio de relatividad de Galileo, y es que el objeto en el eje horizontal no se frenará y por tanto todos los objetos deben caer a la misma distancia y es fácilmente calculable.



Para enriquecer aun más la actividad, sería conveniente proporcionar un breve texto de libro de diálogos de Galilei (1994). En este texto hablan de forma sencilla sobre la existencia de ambos modelos dos dialogantes: Simplicio, que es defensor de las ideas Aristotélicas, y Salviati que es la figura en la que se ve representado Galileo. En este libro hay un texto que relaciona el movimiento en planos inclinados con el principio de relatividad, que puede ser muy útil para alcanzar la comprensión de lo que es un sistema de referencia, y además proporcionará herramientas en la futura producción teatral.

Por último, debemos decir que en esta práctica los agrupamientos serán de cuatro estudiantes, ya que tienen una mayor cantidad de trabajo y deben decidir entre todos que ángulos de plano inclinado fabricar y que elementos harán deslizar por él. Este trabajo tendrá una extensión de 2 sesiones de clase; la primera mitad de la primera sesión será para la observación de las fases de Venus y la segunda mitad para trabajar en grupo sobre la construcción y diseñar el plan de trabajo, que realizarán durante la segunda sesión.

### **Objetivos y competencias**

Probablemente esta actividad sea la que tiene los objetivos didácticos más ambiciosos ya que se pretenden interrelacionar muchos conceptos distintos y bloques que normalmente se explican por separado. Atendiendo a los contenidos que se muestran en el sub-apartado 4.1, los objetivos didácticos marcados son los siguientes:

1. Enumerar algunas de las aportaciones más relevantes de Galileo al campo de la astronomía.
2. Emplear las tecnologías de la comunicación y la información (TIC) en el trabajo científico.
3. Conocer el Principio de Relatividad de Galileo y aplicarlo al caso de la Tierra.
4. Identificar los sistemas de referencia inercial y no inercial.
5. Percibir la importancia de la aparición del método científico.
6. Comparar los modelos ptolomaico y copernicano a partir de los nuevos conocimientos.
7. Caracterizar el concepto de fuerza como magnitud clave en el movimiento de los cuerpos
8. Representar las fuerzas que actúan sobre un determinado objeto.
9. Describir el movimiento de los cuerpos como composición de más de un tipo de movimiento.
10. Relacionar la aparición de la Ley de la Gravitación Universal con el sistema heliocéntrico.
11. demostrar la 3ª Ley de Kepler a partir de la Ley de la Gravitación Universal.

El siguiente paso, al igual que las actividades anteriores, es relacionar esta actividad con el desarrollo de competencias clave exigido por la legislación vigente. Siguiendo el mismo formato que en las actividades anteriores, y en relación con los elementos curriculares que desarrollamos en el sub-apartado 4.2, las competencias a desarrollar con esta actividad son las recogidas en la Tabla 6.

Tabla 6: Competencias clave trabajadas en la actividad 3

Competencia Clave	Se desarrolla a través de:
CMCT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer el principio de relatividad y saber aplicarlo al caso terrestre</li> <li>• Relacionar las fuerzas que actúan sobre los cuerpos, así como el movimiento que provocan estas fuerzas</li> <li>• Relacionar matemáticamente leyes de la física con distinto origen</li> </ul>
CLL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir un nuevo vocabulario y conceptos referido al tema a tratar</li> <li>• Discutir y dialogar con el resto de estudiantes sobre los temas de interés para alcanzar un resultado común</li> </ul>
CD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar mediante el software Stellarium las observaciones astronómicas.</li> <li>• Buscar información si precisa sobre los autores y sus posturas</li> </ul>
CAA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar sus propias experiencias y que a través del método científico generen nuevos experimentos, para contrastar hipótesis</li> </ul>
CSC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar en grupo, idear un plan de trabajo entre cuatro estudiantes y posteriormente alcanzar un acuerdo en las conclusiones. Que posteriormente deberán entregar</li> </ul>
SIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover libertad a la hora de realizar el experimento del plano inclinado</li> <li>• Permitir que realicen actividades voluntarias sin darles ninguna guía.</li> </ul>

#### d) Actividad 4. “¿Quién dijo qué?”

Una vez realizada las distintas actividades en las que hemos englobado los contenidos que pretendemos que los estudiantes integren en la dramatización, ya podríamos darles libertad para que pudiesen crear la obra. Sin embargo, puede resultar una tarea bastante compleja debido a la juventud de los estudiantes, su posible falta de costumbre para utilizar su creatividad de este modo, el gran número de personajes que pueden incluir en esta dramatización (Aristóteles, astrónomos griegos, Brahe, Kepler, Galileo, Newton, etc.) y la postura que defendía cada uno de ellos (geocentrismo/heliocentrismo).

Es por esta razón, por la que pretendemos realizar en una última sesión esta actividad. Consiste básicamente en un juego, con inspiración en el famoso juego << ¿Quién es quién?>>, donde los jugadores deberán adivinar que persona qué persona es a partir de una serie de preguntas que el resto de jugadores realiza. Sin embargo tiene una serie de modificaciones, ya que el personaje pronunciará una frase y el resto de alumnos deberán adivinar que personaje es.

Pero, ¿por qué después de tantas actividades <<serias>>, un juego? Muchas veces se suele pensar que jugar es una actividad únicamente para niños, mientras que los adolescentes y adultos están muy lejos de esta práctica (Rodríguez, 2007). Sin embargo, Huizinga (1949) afirma que los seres humanos aprendemos con mayor facilidad en situaciones de disfrute y

alegría, que son las características propias del juego. De aquí deriva la idea de que el juego sea un magnífico potenciador del aprendizaje, que debe adaptarse a los niveles educativos más avanzados.

También Huizinga (1949) considera que el juego suele ser algo que se hace de manera voluntaria y desinteresada. Esto es justo lo que pretendemos con esta actividad. En este caso queremos que de forma divertida los estudiantes razonen, contextualizando históricamente a cada uno de los autores, de forma que puedan pensar como pensaron ellos, y además proporcionándole frases y situaciones que se pueden incluir en su dramatización.

#### ***Desarrollo del juego. Explicación, recursos y agrupamientos.***

El desarrollo del juego es muy simple, pretendemos que los estudiantes se den cuenta de todo lo que han ido aprendiendo y que aumente su motivación de cara a la producción dramática, a la vez que dotamos de algunos ejemplos. El moderador, en este caso el docente tendrá una serie de tarjetas con frases o citas. Y los estudiantes por equipos deben dialogar y decidir entre todos los miembros del equipo quien o quienes han podido decir esa cita, en función de los conocimientos que ya poseen.

Se dará un límite de tiempo, de entre 1-2 minutos para que puedan pensar y discutir las distintas posibilidades. Es importante, razonar por qué la frase la pudo decir uno u otro científico, ya que esto decidirá si el equipo en cuestión obtiene el punto o no.

Las frases que se deben ir proponiendo deben ser algunas cerradas, que sea de un científico concreto, y otras abiertas que las puedan decir varios. De forma que cada grupo solo puede proponer un autor y una explicación, pero si otro equipo propone un autor con una explicación válida, también obtendrá puntuación.

Aubert (2009) defiende que las prácticas educativas de orientación dialógica, están ofreciendo excelentes resultados. Además defiende que una de las claves para que se produzca aprendizaje dialógico entre el alumnado es el *Diálogo igualitario*, donde las aportaciones se dan por validas en función de los argumentos que se proponen y no de las relaciones jerárquicas que hay entre los integrantes, como podría ser el caso de un argumento dado por un estudiante y uno dado por un docente. Además este tipo de aprendizaje dialógico y participativo es una gran herramienta para atender a la diversidad en los ritmos de aprendizaje, y si algún estudiante ha tenido más problemas en la comprensión de los contenidos, sus compañeros a través del diálogo podrán subsanar esta deficiencia.

Por último, a nivel de recursos solo es necesario que los estudiantes se agrupen y todos puedan oírse y observarse mientras exponen sus argumentos. Y por otro lado, son necesarias las tarjetas que tendrá el moderador (en este caso docente) donde se encontrarán las citas y las posibles respuestas. A modo de ejemplo, algunas de las tarjetas podrían ser de la forma mostrada en la figura 1.



**Figura1:** Ejemplos de tarjetas para la actividad ¿Quién dijo qué?

#### 4.4 Dramatización del cambio de paradigma

Nuestra motivación principal a la hora de realizar este trabajo, es la producción de una pequeña obra teatral, o en su defecto alguna dramatización improvisada. Tal vez este trabajo se enmarca en parte en la modalidad de innovación, porque aparente el mundo de la cultura y el arte (como el teatro) no suele combinar bien con las ciencias, o eso piensa una parte considerable de la población.

De hecho, según Sánchez-Guadix (2009) esto comienza directamente con muchas editoriales de libros que no se molestan en incluir una competencia cultural y artística, o incluso en el peor de los casos, como se comenta en un libro: “todas las competencias citadas anteriormente, excepto la cultural y artística, tienen su presencia en el currículo de esta materia...” (Sánchez-Guadix, 2009, p.466). Tal vez la culpa sea de ambas partes, por un lado la gente dedicada a la cultura no considera la ciencia como tal (aunque sin duda se equivocan), pero por otro lado en las asignaturas de ciencias a veces olvidamos ese enfoque más cultural, que podríamos incluir desde un punto de vista epistemológico o desde la historia de la ciencia.

El uso del teatro es un recurso que puede paliar esta deficiencia cultural, alcanzar un enriquecimiento alto en todas las competencias clave y además generar un aprendizaje de ciencias en el alumnado. Apunta Nicolás-Román (2011) que los proyectos de teatros en ciencias son aún algo bastante inéditos, talleres como los de *Oxford Trust Science Drama Workshops* o compañías como *Floating Point* llevan desde los años noventa haciendo un uso combinado de la representación teatral y la actividad científica con magníficos resultados.

#### ***Desarrollo de la tarea. Indicaciones y competencias***

Durante el proceso de realizar las distintas actividades diseñadas, los estudiantes han ido adquiriendo los conocimientos y competencias necesarias para elaborar, en la medida de sus posibilidades una representación teatral. Sin embargo, es necesario darle unas indicaciones

para que la obra sea lo más rica posible tanto para ellos como para el público ante el que la representen, que podrán ser el resto del instituto o determinados cursos. El teatro debe cumplir los siguientes puntos:

1. Debe incluir en el mismo acto las ambas posturas a tratar. Es decir, debe haber a la vez personajes con un perfil heliocentrista y geocentrista. Aunque no tenga sentido histórico deben estar recogidos los personajes trabajados en las actividades.
2. La historia debe tener un hilo conductor, que aporte a la historia un significado. Por ejemplo para que compartan mesa Aristóteles con Galileo, puede ser el sueño de algún estudiante agobiado en exámenes o tal vez que en el futuro se crea una máquina del tiempo y se unen a todas estas celebridades.
3. Es fundamental, que cada personaje respete su contexto histórico y el pensamiento del tiempo en el que vivió (ninguno podrá consultar internet, ya que no entendería ni el concepto).
4. Todos deben exponer sus ideas respecto al modelo que estimen válido. Así como debe crearse un debate entre las distintas posturas. Se pueden exponer resultados realizados en las prácticas, como el recurso del plano inclinado en el caso de Galileo.
5. Además de científicos se deben incluir personajes ficticios con distintos pensamientos (distintas épocas), que aun teniendo menos conocimiento de ciencias tendrán una mentalidad influenciada por su contexto, por ejemplo el personaje de Simplicio de la obra de Galileo (1994).
6. No se pretende proporcionar grandes explicaciones por parte de un determinado personaje, si no la construcción de un conocimiento entre todos ellos.

Estos son los puntos que debe incluir la producción teatral. Son puntos exigentes y la obra requiere de muchos personajes, es por ello que es importante orientarlos en el aula y dar al menos 4 sesiones para que construyan la pieza y luego puedan ensayarla. La representación no debe ser muy larga, 20-25 es suficiente, no consiste en dar una clase pero sí que se entiendan ambas posturas y por qué unos pensaban una cosa y no otra.

A nivel de recursos, decorado y vestuario, se les insistirá en que lo diseñen ellos. No debe ser una exigencia muy alta, pero si deben elegir una vestimenta que sea la adecuada a la época (aunque puede ser una túnica hecha con una sabana), para esta tarea podríamos colaborar con los departamentos de plástica e historia, que podrían diseñar el decorado y las vestimentas respectivamente, y evaluarlos ellos mismos. El uso de otros tipos de recursos como un salón de actos dependerá del centro y el contexto en el que se encuentre. Aunque siempre se puede hacer una representación en el gimnasio del centro o, si tampoco lo hay, en algún aula con el resto del alumnado.

En este apartado no vamos a exponer los objetivos didácticos, porque la idea es, que todos esos objetivos didácticos que habrán ido alcanzando los estudiantes a lo largo de las distintas actividades diseñadas, los refuercen aun más si cabe. Pero trabajados a partir de una metodología distinta, donde el estudiante es el auténtico protagonista del proceso enseñanza-aprendizaje. El desarrollo de esta tarea es un trabajo completamente cooperativo, y lo hemos diseñado con esa idea, ya que como defiende Pujolàs (2008), el aprendizaje cooperativo no

sólo es un recurso muy eficaz para enseñar a los estudiantes y atender a la diversidad, es un contenido escolar que los estudiantes deben aprender a lo largo de su escolaridad. Pero para que los estudiantes aprendan a trabajar en equipo es muy importante que lo hagan de forma estable y no periódica. Es por eso por lo que en todas las actividades pretendemos que se trabaje en equipo aunque ello suponga quitar algún punto de una determinada práctica.

Por último, vamos a exponer como la producción y ejecución de esta tarea va a desarrollar las competencias clave descritas por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015b). Por otro lado es destacable la reflexión sobre la aportación sobre las competencias que realiza Nicolás-Román (2011). Tendremos por tanto para nuestro caso concreto lo recogido en la Tabla 7.

**Tabla 7:** Competencias clave trabajadas en la dramatización

<b>Competencia Clave</b>	<b>Se desarrolla a través de:</b>
CMCT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar los distintos modelos cosmológicos y las características que lo definen</li> <li>• Valorar la aparición de los distintos modelos según el contexto</li> <li>• Representar los distintos modelos y explicarlos de manera gráfica</li> </ul>
CLL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un texto escrito en base a los contextos de cada personaje</li> <li>• Discutir y dialogar con el resto de estudiantes sobre como producir, que elementos introducir y cuando introducirlos</li> <li>• Hablar en voz alta y frente a un público, expresando un mensaje complejo y con sentido.</li> <li>• Organizar el discurso, construir narraciones y argumentaciones, usar estructuras y funciones comunicativas.</li> </ul>
CD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar información si precisa sobre los autores, su forma de vestir y/ actuar</li> </ul>
CAA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear un producto a partir de sus propias herramientas o las que puedan encontrar en libros o internet</li> <li>• Adquirir confianza en su propia capacidad para aprender</li> </ul>
CEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respetar los conocimientos de una cultura antigua, a partir del conocimiento de su contexto y sus manifestaciones culturales.</li> </ul>
CSC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dialogar y poner en común las propuestas con el resto de compañeros.</li> <li>• Trabajar de manera efectiva y respetuosa con el grupo</li> </ul>
SIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionarles libertad creativa (con condiciones) a la hora de crear la actuación</li> <li>• Utilizar las habilidades interpersonales y de resolución de problemas para influenciar y guiar a los demás hacia un objetivo común.</li> </ul>

## 5. Evaluación de la propuesta

La evaluación de esta propuesta y la posterior calificación de esta tarea puede ser compleja debido al volumen de material que se genera. En nuestro caso vamos a plantear una evaluación en la que cada actividad adquirirá una ponderación del 20% de la calificación y el teatro que se evaluará de forma conjunta adquirirá un 40% de la calificación. Además con la legislación vigente es necesario calificar las competencias clave; para ello diseñamos una herramienta que relacionará los criterios de evaluación con las competencias, a partir de cómo se encuentran en la Tabla 2.

Para evaluar cada una de las tres actividades vamos a pedir un informe escrito a mano por cada grupo de trabajo; en las actividades 1 y 2 será por parejas y en la actividad 3 será por grupo. Por lo tanto, el informe y de forma conjunta, el trabajo en el aula serán nuestros medios de evaluación. Y el instrumento que emplearemos para evaluar dichos medios será una rúbrica que se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8:** Instrumento de evaluación para las actividades

<b>Tarea 1. Rúbrica para el informe de prácticas</b>				
<b>Aspectos a evaluar</b>	<b>Insuficiente</b>	<b>Puede Mejorar</b>	<b>Satisfactorio</b>	<b>Excelente</b>
<b>Entrega y apariencia</b>	Entrega la práctica en la con más de 3 días de retraso	Entrega la práctica en la con 3 días de retraso	Entrega la práctica en la con 1 día de retraso	Entrega la práctica en la fecha establecida
	La presentación está muy poco cuidada y es deficiente	La presentación es deficiente con lo que se pide	La presentación no es del todo clara	La presentación es clara y cuidada
<b>Elementos del informes</b>	Faltan más de 2 elementos en el informe	Faltan 2 elementos en el informe	Falta un elemento en el informe	Están todos los elementos que se les pide
	Los contenidos de los elementos se corresponden pocas veces	Los contenidos de los elementos se corresponden a veces	Los contenidos de los elementos no se corresponden siempre	Los contenidos de los elementos se corresponden
<b>Resultados y cuestiones</b>	No analiza lógicamente los resultados obtenidos	Analiza lógicamente algunos resultados obtenidos	Analiza lógicamente la mayoría de los resultados obtenidos	Analiza lógicamente los resultados obtenidos
	Responde incorrectamente las preguntas	Responde correctamente 1 pregunta	Responde correctamente 2 preguntas	Responde correctamente las preguntas

Tabla 8: Instrumento de evaluación para las actividades

<b>Rúbrica para el informe de prácticas</b>				
<b>Aspectos a evaluar</b>	<b>Insuficiente</b>	<b>Puede Mejorar</b>	<b>Satisfactorio</b>	<b>Excelente</b>
<b>Actitud en el aula</b>	No colabora en el desarrollo de la práctica	Colabora poco con el compañero	Se reparten el trabajo pero no trabajan juntos	Trabajan juntos como un equipo
	No siguen las instrucciones del docente	Siguen las instrucciones del docente a veces	Siguen las instrucciones del docente habitual	Siguen las instrucciones del docente
<b>Contenidos específicos de la actividad</b>	No identifica ni valora el contexto en los que se desarrollan los modelos	No valora el contexto en los que se desarrollan los modelos	Valora el contexto en los que se desarrollan, pero confunde algunos	Identifica y valora todos los contextos
	No comprende ni reproduce la postura de los distintos científicos	Comprende ni reproduce la postura de los distintos científicos	comprende y reproduce algunas posturas de los distintos científicos	Comprende y reproduce la postura de los distintos científicos siempre

A partir de este instrumento obtendremos una puntuación objetiva para cada grupo de estudiantes que es expresable en escala decimal. Y luego es relacionable de forma directa con las competencias. Esta relación directa entre cada actividad y las competencias la hemos explicado en el apartado 4.3, donde se explica a partir de la relación de criterios, estándares y objetivos didácticos específicos como se desarrollarán las competencias.

La evaluación del teatro es más complicada que la de las actividades, ya que se debe ir haciendo de forma conjunta a través de las sesiones dedicadas a su producción y ensayo, y por supuesto se debe evaluar también en la actuación definitiva. Además no olvidemos que desde el principio nuestro objetivo era la producción teatral, y es por ello, por lo que el peso en la calificación de esta tarea es del 40% del total.

Por último, esta producción teatral la vamos a evaluar directamente sobre las competencias a través de la siguiente rúbrica (Tabla 9). Tras esta evaluación podemos calificar directamente las competencias y con un promedio la actividad.



**Tabla 9:** Instrumento de evaluación para las dramatización

<b>Evaluación de las competencias clave en la dramatización</b>		
<b>Competencia Clave</b>	<b>Objetivo a evaluar a evaluar</b>	<b>Valoración (1-5)</b>
CMCT	Explica los distintos modelos cosmológicos y las características que lo definen	
	Valora la aparición de los distintos modelos según el contexto	
	Representa los distintos modelos y explicarlos de manera gráfica	
CLL	Desarrolla un texto escrito en base a los contextos de cada personaje	
	Discute y dialoga con el resto de estudiantes sobre como producir, que elementos introducir y cuando introducirlos	
	Habla en voz alta y frente a un público, expresando un mensaje complejo y con sentido.	
	Organiza el discurso, construir narraciones y argumentaciones, usar estructuras y funciones comunicativas.	
CD	Busca información si precisa sobre los autores, su forma de vestir y/ actuar	
CAA	Crea un producto a partir de sus propias herramientas o las que puedan encontrar en libros o internet	
	Confía en su propia capacidad y trabaja de forma autónoma	
CSC	Dialoga y pone en común las propuestas con el resto de compañeros.	
	Trabaja de manera efectiva y respetuosa con el grupo	
CEC	Respeto los conocimientos de una cultura antigua, a partir del conocimiento de su contexto y sus manifestaciones culturales	
	Realiza un diseño de vestimenta y decorado inspirado en culturas antiguas	
SIE	Presenta libertad creativa (con condiciones) a la hora de crear la actuación	
	Utiliza las habilidades interpersonales y de resolución de problemas para influenciar y guiar a los demás hacia un objetivo común.	

## 6. Conclusiones y perspectivas

La motivación inicial de este trabajo fue la de realizar una propuesta innovadora, ya que aunque existen algunas obras teatrales con inspiración científica (muy pocas), como son las obras de Battaner (2014) y Marchal (2015), es cierto que no suelen estar enfocadas a representaciones en el aula o en centros a niveles concretos. Es por eso que realizar una obra teatral como instrumento para enseñar ciencias es algo innovador y que no se suele hacer.

Mi primera opción cuando pensé en utilizar la dramatización como recurso didáctico en la enseñanza de ciencias, era que los estudiantes tuviesen un texto sobre el que trabajar, y que al tener que representarlo, interiorizaran los conceptos. Pero también caí en la cuenta que lo único que se trabaja ahí era los procesos cognitivos correspondientes a la memorización y la comprensión. Esta metodología también está comenzando a usarse en lugares como Inglaterra donde la dramatización tiene un papel importante en el currículo. De hecho Costa y Mariani (2007) han elaborado un drama científico llamado *Sunny Walks*, Este material está diseñado para que los estudiantes aprendan sobre el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono. Las autoras además incluyen un plan de actuación que incluye también el diseño del decorado e indicaciones de tipo dramático. Al final yo opté por la opción de que los estudiantes creasen su propia actuación, siempre respetando algunas condiciones

La creación de esta actividad teatral comprende procesos cognitivos de más alto nivel como son analizar o crear, por lo que el aprendizaje adquirido será mucho más profundo de esta manera. Sin embargo, los estudiantes no tienen los conocimientos ni las capacidades para desarrollar esta tarea desde cero, y es por lo que diseñé las cuatro actividades descritas en este trabajo. Estas actividades están guiadas hacia la producción teatral, pero por si solas forman una buena herramienta para promover aprendizaje significativo, a partir de actividades prácticas y lúdicas, por lo que se podría trabajar esto en algunos momentos.

Por otro lado, esta tarea me habría gustado llevarla a cabo en mi centro de prácticas, pero no fue posible debido a diversos motivos, es por lo que únicamente se queda en propuesta. Aunque mientras reflexionaba sobre la idea, caí en la cuenta de que este trabajo es una buena herramienta para trabajar de manera transversal en las asignaturas de matemáticas, donde puede trabajar los aspectos más geométricos, como las mediciones de Eratóstenes y Aristarco. También se puede trabajar una parte en la asignatura de Filosofía, ya que hay un bloque de filosofía de la ciencia, donde se pueden promover lecturas como los Diálogos sobre los dos máximos sistemas de Galilei (1994). La asignatura de Lengua para desarrollar la forma de representar un teatro y los elementos que este tiene a la hora de su construcción, la asignatura de Historia que puede colaborar conjuntamente con el departamento de Plástica en la creación del decorado así como las vestimentas de los personajes acorde con el contexto histórico. Y por supuesto la asignatura de Física y Química que es el tema principal a tratar. De esta forma las sesiones se podrían diversificar y la tarea pasaría a convertirse en un proyecto entre varios departamentos, donde seguro que se obtendrían fantásticos resultados.

Además quería indicar que esta propuesta es trasladable a muchos aspectos del temario de ciencias, como pueden ser la aparición de los modelos atómicos, temas sobre medio ambiente, la aparición de los fenómenos electrostáticos y magnéticos, las leyes de los gases o la

aparición de la física moderna. Todos estos temas son perfectamente adaptables a esta propuesta, donde lo único que habría que cambiar sería las tres actividades iniciales. Ya que el juego es una opción magnífica para conocer y argumentar la ciencia desde distintos puntos de vista y desde distintos contextos.

Por último, aunque en esta propuesta está enfocada a una dramatización, con su texto o su guión con los distintos personajes. También puede ser una actividad realmente interesante el uso de la improvisación, que no es más que otra modalidad de dramatización y que por otro lado desarrolla competencias similares, pero además requiere un buen dominio de las ideas y los contenidos. Esta idea de dramatización improvisada puede ser una buena opción en casos en lo que se disponga de un tiempo inferior del necesario para una representación, como puede ser en cursos de 2º de Bachillerato donde los estudiantes y docentes suelen centrarse en dar todo el temario con vistas a su futuro universitario

## 7. Bibliografía

- Aubert, A. García, C., & Racionero, S. (2009). El aprendizaje dialógico. *Cultura y Educación*, 21 (2), 129-139.
- Ausubel, D. Novak, J. & Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo* (2º Ed.). México: Trillas
- Bailey, S. & Watson, R. (1998). Establishing basic ecological understanding in younger pupils: a pilot evaluation of a strategy based on drama/role play. *International Journal of Science Education*, 20 (2), 139-152.
- Battaner, E. (2014). *Kepler. Tragicomedia en cuatro actitos*. Granada. Editorial Universidad de Granada
- Bautista-Vallejo, J. & Raquel-López, N. (2002). El juego didáctico como estrategia de atención a la diversidad. *Ágora Digital*. 4, 134-141
- Braund, M. (2015). Drama and learning science: an empty space?. *British Educational Research Journal*, 41 (1), 102-121.
- Cachapuz, A.F., (2006). Arte y Ciencia: ¿qué papel juegan en la educación en ciencias? *Revista Eureka de Enseñanza, Divulgación y ciencia*, 4 (2), 287-294.
- Carrascosa, J. et al. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física.*, 23(2), 157-181.
- Concepción, J. (2004). *Estrategia didáctica lúdica para estimular el desarrollo de la competencia comunicativa en idioma Inglés de estudiantes de especialidad biomédicas*. (Tesis doctoral en ciencias pedagógicas). Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Villa Clara. Cuba.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). La medida del radio terrestre por Eratóstenes. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/83223/3/eratostenes.pdf>
- Costa, F y M. Mariani (2007). Drama and CLIL. En Marsh, D. et al. (eds). *Diverse Contexts-Converging Goals: CLIL in Europe*. Frankfurt; Peter Lang, 299-308.
- Dana, T. (1990). The history and philosophy of science: What does it mean for science classrooms? *The Australian Science Teachers Journal*, 36(1), 1-26.
- De la Torre, S. (1995). *Creatividad aplicada: recursos para una formación creativa*. Madrid, Escuela Española.
- Fernández-González, M. (2000). Fundamentos históricos. En F. J. Perales y Cañal. *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, (pp. 65-83) Ed. Marfil.

- Galilei, G. (1994). *Diálogo sobre los sistemas del mundo ptolemaico y copernicano* (Ed. de Antonio Beltrán). Madrid. Alianza Editorial.
- Huizinga, J. (1949). *Homo ludens: a study of the play-element in culture*. Boston: Beacon Press.
- Maley, A. & Duff, A. (1992). *Drama techniques in language learning*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Marchal, A. (2016). *Estáis hechos unos elementos*. Jaén. Servicio de publicaciones e intercambio de la Universidad de Jaén .
- Meléndez-Sánchez, J. (2015). Como midió Aristarco la Luna y el Sol. *Documento Curso de humanidades "Las ideas de la ciencia"*. Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de <http://multiblog.educacion.navarra.es/lcordonm/files/2013/12/Aristarco.pdf>
- Navarro-Solano, M. R. (2007). Drama, creatividad y aprendizaje vivencial: algunas aportaciones del drama a la educación emocional. *Cuestiones pedagógicas* (Universidad de Sevilla), 18, 161-172.
- Navarro-Solano, R. (2009). Drama y educación en Inglaterra: una mirada a través de algunos de sus protagonistas. *Revista Creatividad y Sociedad*, 14, 1-21
- Nicolás-Román, S. (2011). El teatro como recurso didáctico en la metodología CLIL: un enfoque competencial. *Encuentro*, 20, 102-108
- Odegaard, M., (2003). Dramatic Science. A critical review of Drama in Science Education. *Studies in Science Education*, 39 , 75-102.
- O'Connor, J. & Seymour, J. (1992). *Introducción a la programación neurolingüística*. México: Ed. Urano.
- Palacino-Rodríguez, F. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de la Ciencias Naturales: un enfoque lúdico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 6 (2), 275-298.
- Palacion-Rojas, N. (2005). La ciencia al alcance de todos: educación científica a través del juego y la diversión. *Revista Magisterio, Educación y Pedagogía*, 16, 74-77.
- Piaget, J. (1985). *Seis studios y comunicación*. México: Origen/Planeta.
- Pujolàs, P. (2008). El aprendizaje cooperativo como recurso y como contenido. *Aula de innovación educativa*, 170, 37-41.
- Rodríguez, F. P. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 275-298.

- Sánchez-Guadix (2009). Es posible desarrollar la competencia artística y cultural desde la química. *Revista Eureka enseñanza y divulgación científica* 9 (3), 466-476.
- Solbes, J. y Vilchez, A. (1989). Interacciones ciencia/técnica/sociedad: un instrumentos de cambio actitudinal. *Enseñanza de las ciencias* 7 (1), 14-20
- Solbes, J., Monserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117
- Solomon, J.; Duveen, J. y Scot, L. (1992). Teaching about the Nature of Science through History: Action Research in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 409-422.
- Torres, C. M. (2002). El Juego: estrategia importante. *Educere*, 19, 289-296
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Buenos Aires: Grijalbo
- Woolfolk, A. (1993). *Psicología Educativa*. México: Pearson Education.

### **Normativa**

- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015a). Real decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3 de enero de 2015, 169-546. Madrid.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015b). Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 29 de enero de 2015, 6986-7003. Madrid.
- Junta de Andalucía (2016). Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 29 de julio de 2016, Núm. 145, 220-544.

## ANEXOS

# *Observaciones astronómicas en la antigüedad*

## Resumen

En esta práctica estudiaremos el cielo tal y como los antiguos griegos lo hacían. Intentaremos comprender su modelo cosmológico a través de dichas observaciones. Pero además comprenderemos como se podían obtener resultados sorprendentes únicamente empleando las matemáticas

### 1. Introducción

Los orígenes de la astronomía se remontan a tiempos muy antiguos. Se considera que las primeras relaciones del hombre con los astros son de carácter idolátrico, ritual, mágico, propiciatorio; dando lugar a la invención de una riquísima mitología que intentaba explicar los distintos fenómenos. Aunque generalmente en la bibliografía se suele hablar de primeros astrónomos a partir de los griegos, es bien conocido que otros pueblos como el babilonio o el pueblo egipcio hacían predicciones astronómicas más que considerables para la época. Aun sabiendo esto, partiremos del conocimiento griego ya que fue el que perduró durante más tiempo en el mundo occidental, y por tanto el más influyente.

A lo largo de la historia la ciencia, y en nuestro caso la astronomía, se ha construido con la colaboración de multitud de pensadores. Fue fundamental el papel de los grandes geómetras griegos (Euclides, Tales, Pitágoras, etc.) que a través del lenguaje matemático explicaban multitud de sucesos. Este desarrollo matemático, junto con las observaciones astronómicas desembocó en los primeros modelos astronómicos. Modelos que situaban a la Tierra en el centro del Universo, y donde todo giraba alrededor de la Tierra. Sin embargo había una serie de estrellas <<errantes>> que se movía de forma diferente, son los que hoy en día conocemos como planetas. Los principales hechos que podían observar los griegos eran:

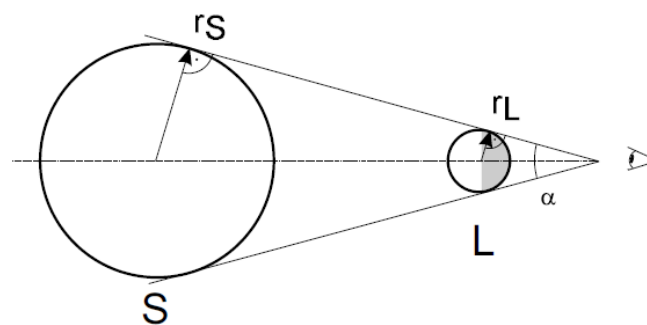
6. Movimiento diario de los cielos de este a oeste. Este movimiento se establece a partir del registro del movimiento del Sol en el cielo diurno y del movimiento de las estrellas y la Luna en el cielo nocturno.
7. Movimiento anual de los astros mayores. Los griegos se percataron de que el Sol y los planetas tenían un segundo movimiento a lo largo de la franja de los cielos.
8. Movimiento retrógrado de los planetas. Los astrónomos griegos habían advertido que las órbitas de los planetas no conservaban la misma dirección.
9. Cambio de brillo y tamaño de los astros. Especialmente los planetas Venus y Marte.
10. Agrupación de Venus, Mercurio y el Sol. Establecieron que estos tres astros formaban una agrupación cercana

De todas estas observaciones que hacían los griegos, junto con el conocimiento de geometría Ptolomeo diseñó un modelo geocéntrico con epiciclos que daría un fundamento más sólido a las ideas geocentristas de Aristóteles. Era tal la influencia de Aristóteles que este modelo lo tomó la Iglesia católica y perduraría hasta la aparición del Renacimiento en Europa.

Sin embargo, si por algo son conocidos los griegos es por su asombrosa audacia y conocimiento profundo de las matemáticas, esto nos lleva a la aparición de modelos que aunque no perduraron en el tiempo ya se desarrollaron en la época. Eratóstenes (284-192 a.C), matemático, astrónomo, geógrafo y filósofo, desarrolló un método para medir el radio de la Tierra. Pero, ¿cómo sabía Eratóstenes que la Tierra era una esfera? Pues bien, él se fijó en la forma de los eclipses y de aquí pudo deducirlo. Pero es aun más interesante la forma en la que midió el radio terrestre y por tanto el tamaño de la Tierra.

Cuentan que al viajar a Egipto para tomar posesión de su puesto de director del museo, Eratóstenes preguntó al capitán del barco cómo se orientaban los marinos en alta mar. El capitán le informó que mantenía una de las estrellas que menos se mueve en el firmamento constantemente en popa cuando iban a Egipto, y directamente a proa cuando regresaban a Grecia. Además le comunicó que la sombra de los objetos iluminados por el sol de mediodía disminuía al ir de Grecia a Egipto, por lo que la sombra también le servía como referencia. Fue en este momento, cuando Eratóstenes diseñó el método que posteriormente realizaremos en esta práctica.

Por último otra de las figuras que merece la pena y que sin duda tiene un mérito memorable fue la de Aristarco de Samos (310-230) que desarrolló un método matemático para medir las distancias entre Tierra-Luna y Tierra-Sol a partir de las posiciones relativas entre estos tres astros y el uso de la trigonometría. Además fue el primero en proponer un modelo heliocéntrico del Universo.



**Figura 1:** El Sol y la Luna subtenden, vistos desde la Tierra, el mismo ángulo

## 2. Material

Este guión está diseñado para realizar una práctica sobre pensamientos y observaciones en la antigüedad. Pero tiene 3 partes bien diferenciadas; dos de ellas se realizarán en el aula a través de las herramientas TIC y otra se realizará en dos puntos de la ciudad donde se encuentre el centro. Por lo que el conjunto de materiales necesario para la realización de estas actividades son:



- Ordenadores con el software Stellarium.
- Barras de 1 metro de alto.
- Cinta métrica.
- Calculadora

### 3. Actividades

En este apartado se describirá la metodología en la realización de las actividades. Dividimos en 3 sub-apartados en función de los objetivos que queremos lograr con cada una de las actividades.

#### 3.1 Observaciones con Stellarium

Para el que no conozca Stellarium, es un programa de simulación astronómica que permite multitud de acciones y visualizaciones con bastante precisión. Debido a las dificultades que supondría realizar observaciones reales con telescopios y en una zona con poca contaminación lumínica. En este apartado mostramos lo que hay que hacer, pero en clase facilitaremos un Anexo con las principales instrucciones de este programa, que de primeras puede resultar complejo. Si abrimos el programa se nos presentará la siguiente ventana:



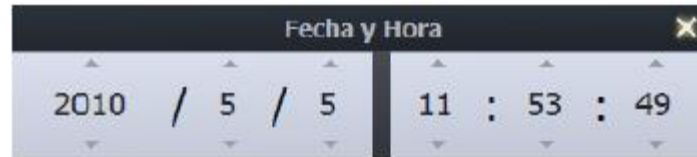
**Figura 2:** Ventana principal de Stellarium

Mi recomendación es, ya que queremos observar <<el mismo>> cielo que observaron los antiguos griegos propongo modificar la fecha hasta el año 500 a. C y posteriormente ponerlo en una hora nocturna.

Queremos observar los 5 hechos descritos en el fundamento teórico. A continuación iremos describiendo como hacerlo de forma sencilla.

#### **1. Movimiento diario de los cielos de este a oeste.**

En primer lugar observaremos el Sol. Selecciona dicha estrella y para facilitar la observación aleja el cielo con la rueda del ratón. Posteriormente puedes ir controlando el tiempo con la siguiente herramienta (F5).



**Figura 3:** Ventana de control temporal

Busca la hora del amanecer y atardecer y observa si sale por el Este y se pone por el oeste. Realiza esta observación al menos en uno de los equinoccios y uno de los solsticios.

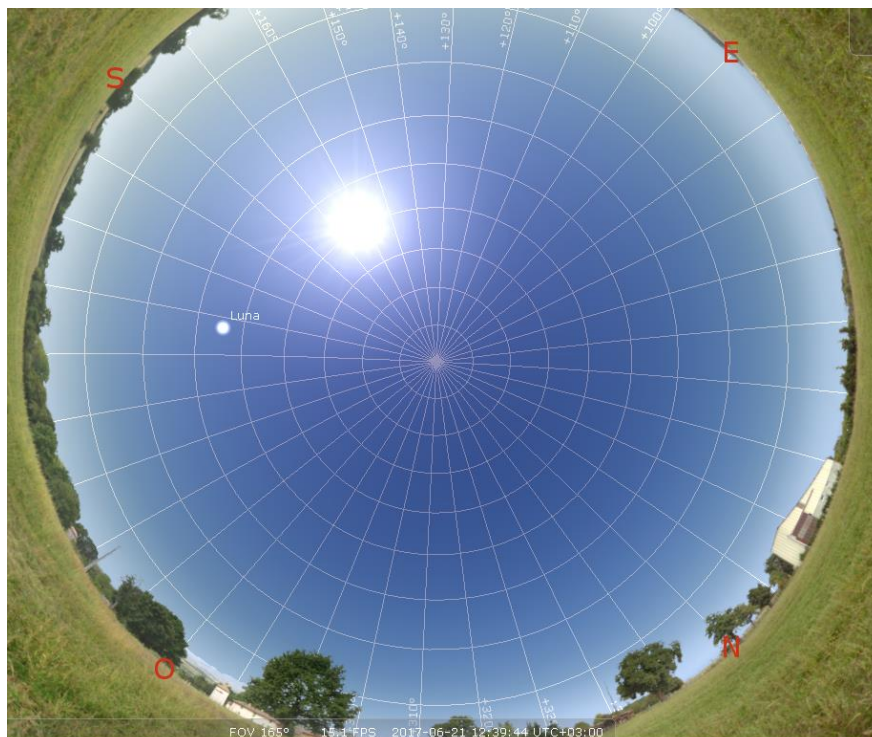
- *¿Cambia la posición del Sol según la estación?*

Una vez terminado la parte del Sol realiza una observación cualitativa de las estrellas por la noche, comprueba si estos astros también se mueven de este a oeste en el cielo nocturno

- *¿Qué ocurre con la estrella polar?*

## **2. Movimiento anual de los astros mayores.**

Como ya habrás podido observar en el apartado el movimiento de las estrellas y las posiciones relativas entre ellas no cambia a lo largo del año. En cambio, cuando observamos el Sol vemos que las horas cambian y que el movimiento que hace a lo largo del cielo también depende de la época del año. Con la rueda del ratón sitúa el cielo de la siguiente forma:



**Figura 4:** Observación del Sol

A continuación fija la hora (F5), pero debes ir cambiando la fecha cada mes y sobre la imagen anterior (figura 4), dibuja el movimiento que realiza el sol a través del cielo.

- *¿Qué observas? Busca el nombre del movimiento que realiza*

### **3. Movimiento retrógrado de los planetas.**

El siguiente paso será describir los planetas. El movimiento retrógrado de los planetas se observa a través de los días, y es gracias a este movimiento al que le debemos el nombre de <<planeta>> que significa errante. Es decir, que deambula por los cielos.

Para la observación de este efecto, busca y selecciona el planeta Marte. Selecciona una hora en la que se vea cerca del sur. Posteriormente selecciona la ventana de constelaciones, para acabar con el control temporal varía los días y observa lo que ocurre.

### **4. Cambio de brillo y tamaño de los astros. Especialmente los planetas Venus y Marte.**

Estos dos últimos hechos tienen más complicación de observación ya que los cambios de brillo no lo podían medir y era más cualitativo. En primer lugar buscaremos el planeta Venus y lo seleccionaremos, luego coloca la montura acimutal y elimina el suelo (obviamente esto no tenía sentido para los griegos, pero la idea es observar este cambio de brillo). Es importante no acercarse al planeta Venus, ya que no tenían telescopio. Avanza en el tiempo con la tecla 7.

### **5. Agrupación de Venus, Mercurio y el Sol.**

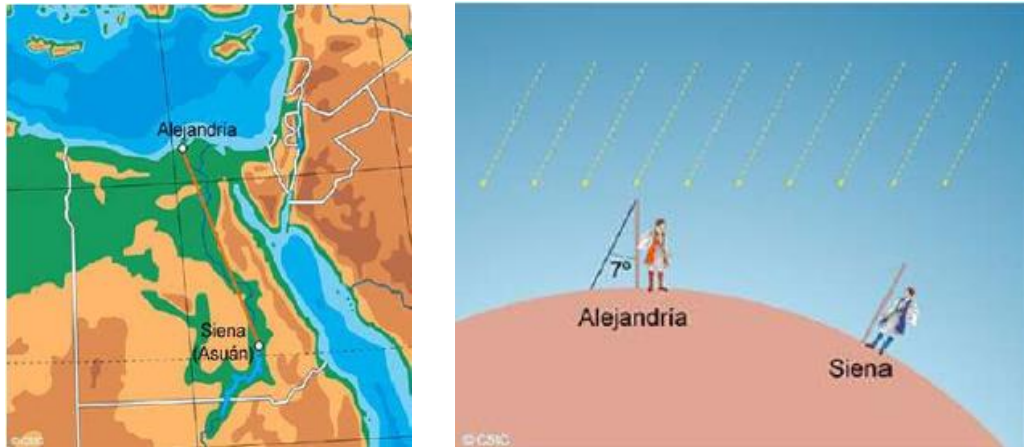
En este caso queremos observar como hay un agrupamiento existente entre estos tres cuerpos celestes. Para ello debemos eliminar primero la contaminación lumínica que viene por defecto en Stellarium (suponemos que los griegos no tendrían este grave problema). Tras este primer paso seleccionamos el Sol y con él la montura acimutal.

Hoy en día ya sabemos que tanto Mercurio como Venus giran alrededor del Sol, pero en el caso de los griegos, lo única que observaban es que, ambos planetas se les veía muy próximos a ellos, por esto tenemos que situar las horas en el amanecer y en el atardecer y hacerlo en varios días seguidos para observar que cambian las posiciones relativas entre ellos.

## **3.2 Medida del radio de la Tierra**

Hasta ahora nos hemos ceñido a realizar observaciones astronómicas para confirmar los hechos que se describieron en la antigüedad y que inspiraron el modelo Geocéntrico-Geostático de Ptolomeo. Sin embargo, existieron otras corrientes y pensadores que a través de su increíble ingenio, era el caso de Eratóstenes que diseñó un experimento a través del que se podía medir el radio de la Tierra, y por tanto afirmar que la Tierra era esférica y no plana, tal y como se pensaba (y se pensó casi hasta el siglo XVI).

Como hemos descrito en el primer apartado de este informe, Eratóstenes en el viaje a Alejandría el marinero le comentó que sabía que iba en la dirección correcta porque la sombra del mástil disminuía al acercarse a la ciudad. De esta forma Eratóstenes imaginó el siguiente esquema:



**Figura 5:** Esquema de Eratóstenes

En este caso sabiendo el ángulo de la sombra ya sabemos el ángulo de separación entre las dos ciudades y sabiendo la distancia entre ambas ya podemos obtener en primera aproximación el Radio de la Tierra.

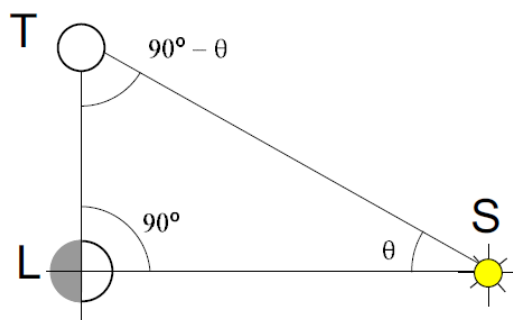
En nuestro caso no tenemos una ciudad sobre el trópico donde la sombra sea cero ni podemos desplazarnos tantos km. Por lo que lo haremos caminando unos 8 km hacia el norte. Con esto ya podremos calcular una diferencia apreciable y hacer una estimación del terrestre.

Por tanto, en primer lugar fijamos a las 12 del mediodía nuestra barra de 1 metro de longitud perpendicular al suelo, y con nuestra cinta métrica mediremos la sombra. A la vez y a 8 km de nosotros el segundo grupo medirá la misma sombra. Una vez calculado los ángulos a partir de la diferencia (deben ser aproximadamente 5' de arco), podremos medir el radio terrestre de la misma forma que Eratóstenes.

(\*\*\*Si algún estudiante vive en un pueblo lejano o urbanización aprovechar esta situación para que lo mida desde su casa)

### 3.3 Cálculo de la distancia Sol-Tierra-Luna

Otro de los grandes pensadores y matemáticos de la antigüedad fue Aristarco de Samos que tuvo (a mi juicio), una de las ideas más brillantes de la humanidad, y una de las aplicaciones más interesantes de la trigonometría. Que es medir la distancia entre la Tierra y el Sol. Además midió el radio del Sol y descubrió que era mucho mayor que el de la Tierra y es por ello por lo que propuso (sin mucho fundamento), un modelo Heliocéntrico, justificándose en que los cuerpos más pequeños giran alrededor de los más grandes.



**Figura 6:** Relación angular entre la Tierra-Luna-Sol

$$\frac{r_L}{r_S} = \frac{d_{TL}}{d_{TS}} = \sin \theta$$

Podemos determinar  $\theta$  midiendo  $90 - \theta$  que es el que, en la configuración de la figura 6, forman el Sol y la Luna vistos desde la Tierra. Podríamos medirlos pero suponemos que Aristarco hizo la medida correcta y tomo este ángulo como  $87^\circ$  (Se podría medir y a partir del dato del estudiante continuar con los cálculos).

Sabiendo esto calcula las distancias relativas entre el Sol, Tierra y Luna y una vez lo tengas calculado compáralo con las distancias tabuladas en la actualidad.

#### 4. Cuestiones

- *Razona si fueras un astrónomo de la antigua Grecia por qué piensas que la Tierra es el centro del Universo y además es plana.*
- *Aunque hoy día sabemos que los cálculos de Eratóstenes son correctos. ¿Cómo refutarías la idea de que la Tierra es una esfera. Imagina por ejemplo que eres Aristóteles o Ptolomeo? (Recuerda que no existe el concepto de gravedad)*
- *Aristarco de Samos propuso un modelo Heliocéntrico basándose en que los cuerpos más pequeños siempre giran sobre los más grandes. Crees que podría responder (Aristarco) a la pregunta de: Si la Tierra es la que gira alrededor del Sol ¿por qué al saltar caemos en el mismo sitio y no sentimos que la Tierra se mueva? ¿Puedes contestar tú?*
- *Realiza un esquema del modelo de Ptolomeo que pueda explicar el movimiento retrógrado de los planetas, mediante los epiciclos.*



# ¡No somos el centro!

## Resumen

En esta práctica tenemos dos objetivos principales. La primera demostrar que el modelo de Copérnico contrasta el movimiento retrógrado y la segunda es demostrar una de las leyes de Kepler

### 1. Fundamento teórico

Antes de Copérnico, la metafísica naturalista y la experiencia sensible coincidían en un punto: que la tierra es inmóvil en el cosmos y que los astros se mueven. Se mueven, añadía la astronomía de inspiración metafísica, con un movimiento circular que, reuniendo el principio y el fin, simula en el espacio la eternidad. Es decir, los sentidos nos engañaron y durante 20 siglos creímos en movimientos que aparentemente tenían sentido, pero que no se ajustaban a la realidad. Era la postura de los sabios griegos, que posteriormente adoptó la Iglesia y se mantendría hasta el siglo XVI, sin que nadie protestase.

Pero apareció un joven sacerdote polaco, Nicolás Copérnico. Este joven que estudió matemáticas, teología, astronomía, derecho canónico y medicina, le inquietaba bastante que aunque el modelo ptolemaico ya que aunque se ajustaba bien a los datos numéricos existían fallos, y él pensaba que debía de existir alguna explicación más sencilla. Hasta que tras observaciones propuso un modelo Heliocéntrico basado en varios axiomas que publicó en su libro *De Revolutionibus orbium coelestium*, algunos de ellos tan revolucionarios como:

- No hay ningún centro en el universo.
- El centro de la Tierra no es el centro del universo.
- El centro del universo está cerca del Sol.
- La distancia desde la tierra al Sol es imperceptible comparado con la distancia a las estrellas.
- La rotación de la Tierra explica la aparente rotación diaria de las estrellas.
- El aparente ciclo anual de movimientos del sol está causado por la Tierra girando a su alrededor
- El movimiento retrógrado aparente de los planetas está causado por el movimiento de la Tierra desde la que lo observamos.

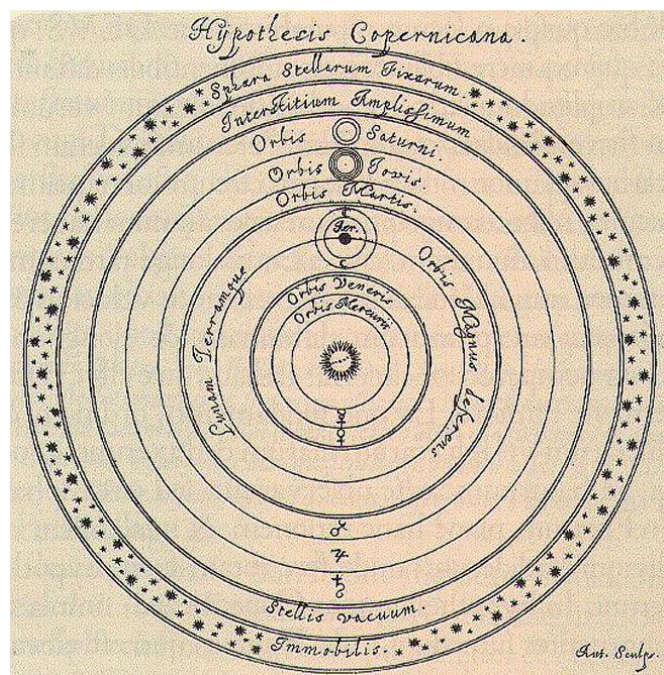


Figura 1: Esquema de Copérnico y su teoría

Casi 30 años más tarde de la publicación de la teoría Heliocéntrica de Copérnico, nació otra de las figuras más importantes en la historia de la ciencia, Johannes Kepler.

Hoy en día Kepler es considerado uno de los más brillantes astrónomos de la historia. Sus aportaciones más influyentes fueron las conocidas hoy como las 3 leyes de Kepler, que explicaban el movimiento de los astros. Estas leyes no hubiesen sido posibles si Kepler no llega a convencer a Ticho Brahe de que le cediese sus datos astronómicos. Ticho poseía el mejor observatorio astronómico de la época, y por tanto los mejores datos astronómicos a los que se podían acceder. Y esto Kepler, que en principio quería que demostrase las hipótesis de Ticho, lo aprovechó bien para confirmar sus teorías cosmológicas.

## 2. Material

- Ordenadores con el software Stellarium.
- Calculadora
- Material de dibujo

## 3. Actividades

En este apartado vamos a describir como hacer las dos actividades prácticas. El propósito de esta actividad es comprobar cómo los nuevos modelos se ajustan a la realidad observable.

### 3.1 Explicar el movimiento retrógrado de los planetas

En este apartado vamos a realizar un esquema gráfico para demostrar que el modelo heliocéntrico de Copérnico también explica el movimiento retrógrado de los planetas y además de una forma más sencilla. Los pasos a seguir serían los siguientes:

- Traza dos orbitas concéntricas, por ejemplos las órbitas de la Tierra y Marte.
- Elige una distancia con el compás y dibuja al menos 8 puntos en la mitad de la órbita.
- Haz lo mismo con el planeta exterior en uno de los laterales de la órbita.
- Traza rectas entre dichos puntos.

- *¿Qué puedes observar? ¿Se produce el movimiento retrógrado de los planetas? ¿Es real o aparente?*

### 3.2 Demostración de Leyes de Kepler

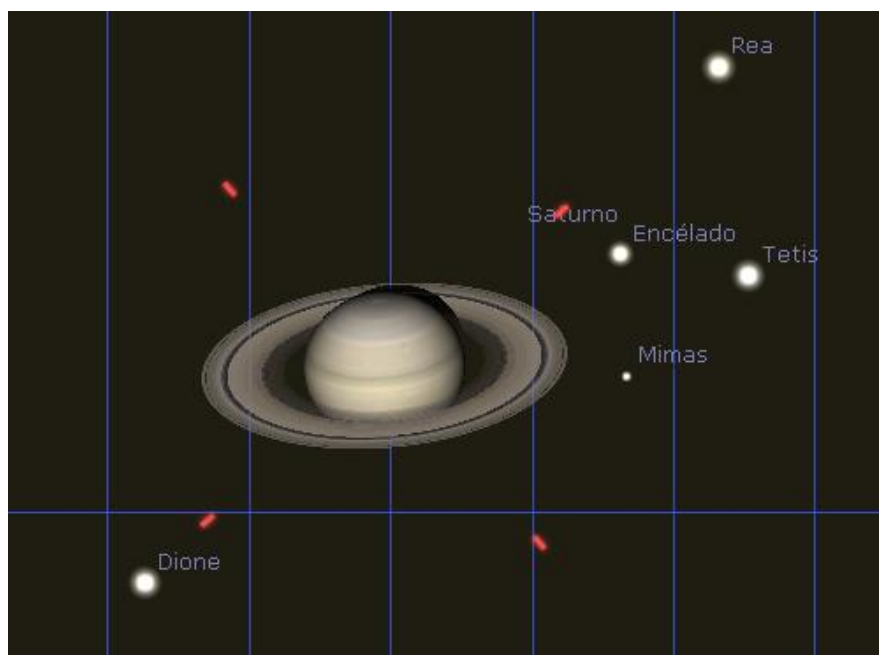
En este apartado vamos a demostrar la 3ª Ley de Kepler, de manera experimental. Esta ley nos relaciona el periodo orbital y el radio orbital.

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} = C$$

En primer lugar esta relación Kepler la dedujo para los planetas del Sistema Solar, nosotros veremos si esta relación es extrapolable a Satélites que giran alrededor de Saturno.

Es cierto que Kepler en el siglo XVI formuló esta ley de proporcionalidad para los planetas del sistema solar, pero aprovechando esta herramienta tan potente que es *Stellarium*. Podremos estudiar si se cumple en otros sistemas, en este caso estudiaremos los satélites de Saturno, siguiendo los pasos:

- Con el buscador localiza Saturno
- Quita la atmósfera (A) y el suelo (G)
- Acerca el planeta hasta verlo como en la imagen
- Pulsa la montura acimutal del menú inferior
- Alinea el satélite que quieras medir con el planeta y contigo
- Avanza en el tiempo con el menú F5 y mide cuando vuelve a estar alineado con el planeta y contigo



Planetas	R (km)	T (horas)	$R^3$ (km <sup>3</sup> )	$T^2$ (s <sup>2</sup> )	$T^2/R^3$
Tetis	294670				
Dione	377420				
Rea	527040				
Titán	1221850				

#### 4 Cuestiones

- Imagina que eres Nicolás Copérnico. ¿Cómo le explicarías a un hombre de la época tu nueva teoría, suponiendo que él piensa como los antiguos griegos?
- Busca información sobre el modelo mixto que propuso Ticho Brahe. Así como la relación que existía con lo que defendía Copérnico y Kepler



# Galileo y Newton

## Resumen

En esta práctica veremos la importancia de estos <<grandes>> de la ciencia en el cambio de paradigma científico. Realizaremos una práctica que realizó el auténtico Galileo y luego lo analizaremos desde la perspectiva de Newton.

### 1. Introducción

La figura de Galileo resulta ineludible en la construcción de la nueva ciencia, acontecida a partir de la llamada <<revolución copernicana>>. Pero la figura de Galileo es, sobre todo, ejemplo de libre pensador. En 1596 cuando Kepler escribe su obra *Misterio Cosmográfico*, Galileo le escribe una carta a Kepler en la que le expresa su simpatía por la teoría copernicana, al tiempo que le advierte de la dificultad e inoportunidad de hacerla pública. De alguna manera, Galileo temía ser acusado de herejía por la Inquisición. *De Revolutionibus*, es prohibido, mientras se le comunica a Galileo que no puede enseñar ni sostener en público y en privado opiniones copernicanas.

En 1623 será el año de la publicación de su famosa obra *El Ensayador* y de la continuación de su obra *Diálogo sobre los grandes sistemas del mundo*. De esta última se propone una pequeña lectura que es francamente clarificadora a la hora de explicar el principio de relatividad de Galileo y además aplicarlo al movimiento de la Tierra, como refuerzo de las teorías copernicanas. Tres son los personajes con voz plena en esta obra: Sagredo, quien modera el debate y representa a una persona culta, Salviati, defensor del pensamiento de Galileo, y Simplicio, portavoz de las ideas aristotélicas que alimentaban la ciencia antigua. Por otro lado la aparición del telescopio, Galileo fue el primero en usarlo para observar las estrellas lo que le permitió observar fenómenos que hasta entonces eran desconocidos. Sus mayores aportaciones a la astronomía fueron:

- a. Introducción de nuevos métodos e instrumentos de observación: aplicación del telescopio a la observación de los fenómenos celestes.
- b. Descubrimientos astronómicos: montañas en la Luna, las fases de Venus, descubrimiento de los satélites de Júpiter, descubrimiento de que la vía láctea es un gigantesco conjunto de estrellas, las manchas solares.
- c. Sostenimiento de la astronomía heliocéntrica, propagando así la astronomía copernicana y refutando el modelo aristotélico-ptolemaico.

Un año después de la muerte de Galileo, nace en Inglaterra Isaak Newton en enero de 1643. Las aportaciones a la Física por parte de Newton son muy importantes y además en distintos campos. En cualquier caso y para lo que nos interesa, nos quedaremos con las leyes de la dinámica que justifican el movimiento planetario, y por supuesto la Ley de la Gravitación Universal que se puede relacionar con la 2ª Ley de Kepler y demuestra que los cuerpos son atraídos con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y proporcional al producto de las masas.

## 2. Material

- Material para construcción de un plano inclinado
- Bolas de distinto tamaño y peso (golf, billar, etc.)
- Cinta métrica y cronómetro
- Ordenadores para los cálculos y la representación.
- Stellarium

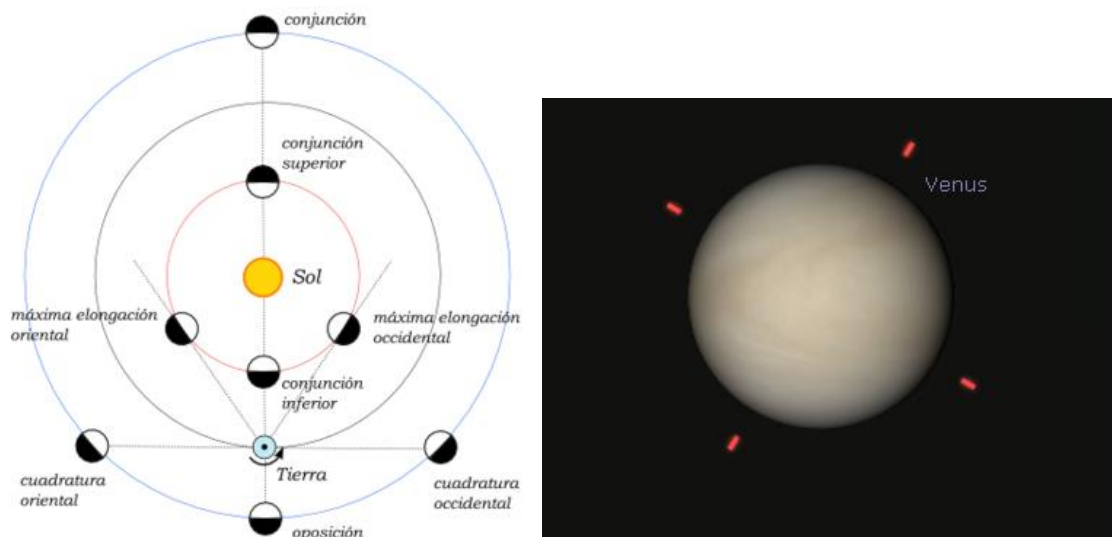
## 3. Actividades

En este apartado vamos en primer lugar aprovechando el Stellarium a observar uno de los descubrimientos de Galileo. Posteriormente, realizaremos el experimento del plano inclinado de Galileo.

### 3.1 Fases de Venus

Como bien sabrás la Luna tiene unas fases (llena, creciente, menguante y nueva) según su posición relativa con el Sol y la Tierra. ¿Estas fases se producen también en otros cuerpos celestes? En este apartado nos vamos a centrar en ver las fases de Venus desde la Tierra.

- Busca Venus con el buscador (ctrl+F)
- Centra el planeta con la barra espaciadora
- Elimina la Atmosfera (A) y el suelo (G)
- Acerca el planeta hasta que lo veas como en la imagen
- Coloca la montura acimutal, que hay en el menú inferior
- Avanza en el tiempo y para el tiempo (7) cuando veas fase nueva y llena



**Figura 1:** El Configuración de Venos (izda). Imagen de Venus en Stellarium (dcha)

- ¿Observas cambios de tamaño entre las distintas fases de Venus? ¿Tiene sentido? Explícalo.

### 3.2 Plano inclinado de Galileo

Se piensa que Galileo para demostrar que la velocidad de la caída de los cuerpos era independiente de la masa, se subió a la Torre Inclinada de Pisa y comenzó a tirar objetos que chocaban con algo que provocase un buen estruendo. Esta anécdota tan extendida, no se sabe si fue del todo cierta (se piensa que no). Lo que sabemos hoy día, fue que hizo un estudio de la caída de los cuerpos a través del plano inclinado.

Por tanto en primer lugar debemos construir un plano inclinado. No es necesario que sea un plano rígido ya que el estudio es para hacerlo con distintos ángulos y distintas bolas. Tras la construcción del plano inclinado realizaremos una primera experiencia en la que cronometraremos el tiempo que tarda en bajar.

Por último estudiaremos la composición de movimientos. Para ello situaremos el plano inclinado en una mesa y volveremos a hacer rodar las bolas. En este caso veremos como en el aire trazan un movimiento parabólico. El objetivo de la práctica en este aspecto es demostrar que (despreciando el rozamiento del aire), llegan a la misma distancia ya que no hay una fuerza que los frene y por tanto se mueven por inercia tal y como explica la primera ley de Newton. Además con esto podremos observar que tarda el mismo tiempo en caer dos bolas de distinto peso, por lo que la aceleración de la gravedad es independiente de la masa del objeto y de su tamaño.

## 4 Cuestiones

- *Galileo fue juzgado por decir que la Tierra se movía y giraba alrededor del Sol. Razona con su principio de relatividad por qué no sentimos ese movimiento terrestre.*
- *Existe una relación entre la Ley de la Gravitación Universal de Newton y la 3ª Ley de Kepler. Demuéstrala.*