

Octubre: de Ptolomeo a Copérnico en directo

Josep Lluís Pol i Llompart

Suma núm. 94
pp. 23-27

Artículo recibido en *Suma* en mayo de 2020 y aceptado en junio de 2020

El objetivo de este artículo es animar a profesores y alumnos a observar el movimiento de Marte a través del cielo, una vez por semana, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2020. Durante este período se producirá el fenómeno conocido como retrogradación, es decir, Marte invertirá el sentido de su movimiento para recuperarlo algunas semanas después. Se propone así mismo, la simulación de los modelos ptolemaico y copernicano a través de GeoGebra.

Palabras clave: Astronomía, Circunferencia, Retrogradación, Marte, Oposición perihélica.

October: From Ptolemy to Copernicus Live// The objective of this article is to encourage teachers and students to observe the movement of Mars across the sky, once a week, during the months of September, October and November 2020. During this period the phenomenon known as retrogradation will take place. That is, Mars will reverse the direction of its movement to recover it a few weeks later. It also proposes the simulation of the Ptolemaic and Copernican models through GeoGebra.

Keywords: Astronomy, Circumference, Retrogradation, Mars, Perihelical opposition.

Querido o querida lectora. Para cuando este artículo llegue a tus manos —segunda quincena de septiembre—, Marte habrá empezado su particular danza del cangrejo. Es decir, caminará hacia atrás en su ruta celeste (aunque los que vivimos cerca de la costa sabemos que los cangrejos andan más de lado que hacia atrás). Si estas previsiones acerca del momento en el que abordarás la lectura de este texto se cumplen, no pierdas ni un solo día (ni tus alumnos tampoco, si es el caso) y dedícate a observar el tránsito

de este planeta por la rambla de las constelaciones zodiacales durante los próximos dos meses (baste una vez por semana).

La observación del cielo ha sido uno de los motores históricos de las matemáticas. En la estructura del *Quadrivium* clásico, la geometría estudiaba las figuras en reposo mientras que la astronomía estudiaba las figuras en movimiento. Esta es la historia de las circunferencias en movimiento.

La revolución copernicana, el paso definitivo del modelo geocéntrico al modelo heliocéntrico en la concepción de nuestro sistema solar, nos ofrece un ejemplo paradigmático en la interpretación geométrica del camino de Marte. Una aventura de la que podemos ser testigos directos mediante la simple observación del cielo nocturno una vez cada dos años y poco.

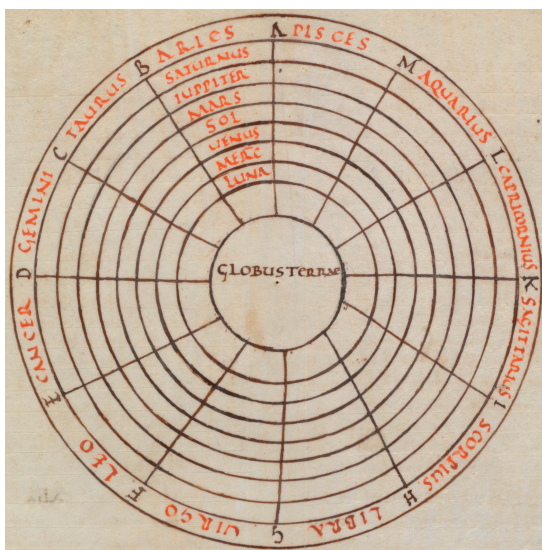


Figura 1. Diagrama geocéntrico de Macrobio (s. IV d. C.)

Antes de que aparecieran los telescopios, la contemplación del cielo a simple vista nos daba tres tipos de objetos: la Luna, el Sol y las estrellas. Dentro de este último grupo, había cinco elementos que cambiaban su posición a lo largo del año respecto del resto y, por ello, eran llamados *estrellas errantes* (concepto que, en griego, responde a la palabra de planeta). Eran Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno.

Aunque algunos astrónomos griegos como Aristarco de Samos (s. III a. C.) ya postularon un hipotético modelo heliocéntrico de nuestro sistema, el caso es que a lo largo de la historia, el modelo aceptado fue casi siempre el geocéntrico, con la Tierra en el centro del universo y el resto de astros girando en torno a nosotros describiendo órbitas circulares. Y la verdad es que, a efectos prácticos, para aquello más necesario y cotidiano (las horas, las estaciones, los años...) el modelo funciona bastante bien.

Pero algunas observaciones no encajaban y, por tanto, minaban la solidez del modelo establecido. Una de ellas hacía referencia al planeta rojo. Efectivamente, si observamos la trayectoria de Marte respecto de las constelaciones zodiacales a lo largo de los meses veremos como, al igual que todos los otros planetas, se va moviendo de oeste a este. Hasta aquí nada extraño.

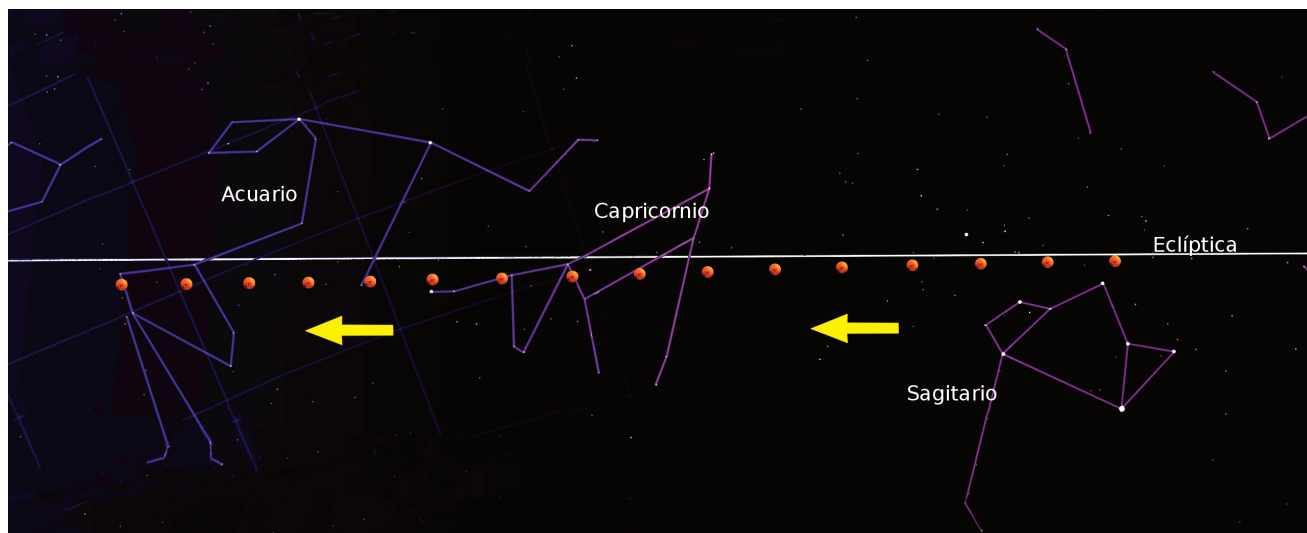


Figura 2. Movimiento semanal de Marte a través de las constelaciones zodiacales desde el 23 de febrero hasta el 7 de junio de 2020.

Pero una vez cada poco más de dos años, Marte parece detenerse llegando a invertir su movimiento, como si volviera atrás, de este a oeste. Este bucle es lo que se conoce como *retrogradación*. Además, durante el tiempo en que esto ocurre (unas cuantas semanas), el brillo de este planeta es máximo.

Claudio Ptolomeo (s. II d. C.), trató de explicar este hecho a través de una combinación de trayectorias circulares llamadas *epiciclos*. Se trataba de pensar que además del ciclo principal a nuestro alrededor, los planetas trazaban otros ciclos propios (epiciclos) como si fueran lunas de un planeta invisible, de manera que esto conseguía explicar la retrogradación.

Pero en la primera mitad del s. XVI, en pleno Renacimiento, Nicolás Copérnico dio al traste con el sistema ptolemaico y la concepción aristotélica del universo postulando el modelo heliocéntrico, más simple.

Esta teoría se hizo pública póstumamente el mismo año de la muerte del astrónomo polaco, en 1543, con la publicación de su libro *De revolutionibus orbium coelestium*. Lentamente, con la oposición frontal de la Iglesia, las cosas se iban poniendo en su sitio.

De este modo, el hecho de que Marte vuelva atrás, es decir que retrograde, se puede explicar de forma mucho más sencilla. Y este es un principio funda-

mental en la aceptación de los modelos científicos: de los que funcionan, el más simple.

Cómo aprovechar la situación en clase

Con los estudiantes de los últimos años de primaria y, especialmente, con los de secundaria y bachillerato, podemos trabajar durante algunas semanas a un doble nivel: el de la observación y el de la modelización.

OBSERVACIÓN

El seguimiento directo del movimiento de Marte no está al alcance de todo el mundo ya que, especialmente, los entornos urbanos dificultan mucho esta actividad, si es que no la hacen imposible. Por ello, estaría bien programar alguna observación nocturna guiada en algún parque o zona cercana al centro escolar que permita distinguir el planeta y la constelación de referencia.

La observación directa cuenta, además, con otros dos enemigos poderosos que la dificultan: las nubes, por una parte, y el ciclo de la Luna por otro. Si bien es cierto que el brillo de Marte durante estas semanas es muy intenso, durante algunos días antes del plenilunio y algunos más después, será difícil localizar con claridad la constelación de referencia sobre la que se encuentre Marte.



Figura 3. *Nicolás Copérnico hablando con Dios* de Jan Matejko (Jagiellonian University Museum)

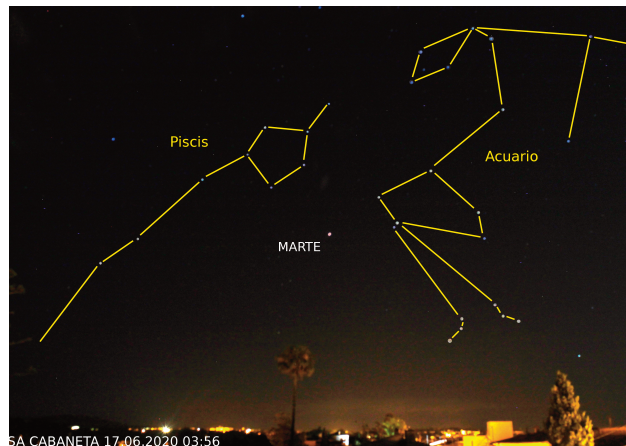


Figura 4. Marte saliendo de Acuario (17 de junio de 2020)

Por todo ello, y sin abandonar la ambición de la observación directa al menos en una ocasión, son muy útiles las aplicaciones de mapas estelares para teléfonos móviles como Sky Map, Star Walk, etc. Seguir así su camino, sí que está al alcance de todos.

MODELIZACIÓN

Para poder entender con claridad la retrogradación de Marte desde la perspectiva de los dos modelos, (que no es en absoluto evidente para un profano), tenemos la herramienta perfecta: GeoGebra.

A continuación se exponen dos propuestas que pretenden animar a aquellas personas que todavía no han descubierto el gran potencial de GeoGebra.

Modelo geocéntrico

Para realizar este modelo, el de los epiciclos de Ptolomeo, seguiremos los pasos siguientes:

- Colocaremos un punto central, azul, que será la Tierra (T).
- Trazaremos una circunferencia (c) de centro T y radio 10.
- Situaremos un punto (P) en la circunferencia (c).
- Trazaremos una circunferencia (d) de centro P y radio 6.
- Situaremos un punto rojo (M), o sea Marte, en dicha circunferencia (d).

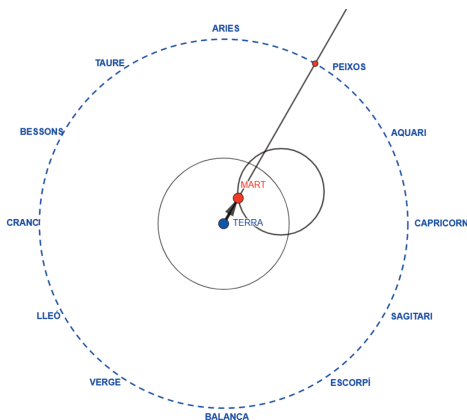


Figura 5. Modelo geocéntrico trazado con GeoGebra que consigue explicar la retrogradación. <<https://youtu.be/hNbjyBuaYg>>

- Trazaremos una circunferencia (e) discontinua de centro T y radio 30.
- Trazaremos una semirrecta desde T a M .
- Situaremos el punto de intersección entre la semirrecta y (e).
- Trazaremos un vector desde T a M .
- Pondremos en marcha los puntos P y M .
- Bajaremos la velocidad de P a 0,35.

Ahora, bastará observar cómo la intersección de la visual de Marte con la circunferencia mayor, la bóveda de las constelaciones, retrograda periódicamente.

Modelo heliocéntrico

Para realizar este modelo, el modelo de Copérnico, seguiremos los siguientes pasos:

- Colocaremos un punto central, anaranjado, que será el Sol (S).
- Trazaremos una circunferencia (c) de centro S y radio 15.
- Situaremos un punto azul (T) sobre (c) que será la Tierra.
- Trazaremos una circunferencia (d) de centro S y radio 23.
- Situaremos un punto rojo (M) sobre (d) que será Marte.
- Trazaremos una circunferencia (e) discontinua de centro S y radio 70.
- Trazaremos una semirrecta desde T a M .
- Situaremos el punto de intersección entre la semirrecta y (e).
- Trazaremos un vector desde T a M .
- Pondremos en marcha los puntos T y M .
- Bajaremos la velocidad de T a 0,75 y la velocidad de M a 0,35.

De nuevo, bastará observar cómo la intersección de la visual de Marte con la circunferencia mayor, la bóveda de las constelaciones, retrograda periódicamente.

Las dos propuestas, que pueden modificarse, han de tener en cuenta las distancias medias de la Tierra y Marte al Sol (150 y 230 millones de kilómetros respectivamente) y la duración del año marciano (687 días terrestres).

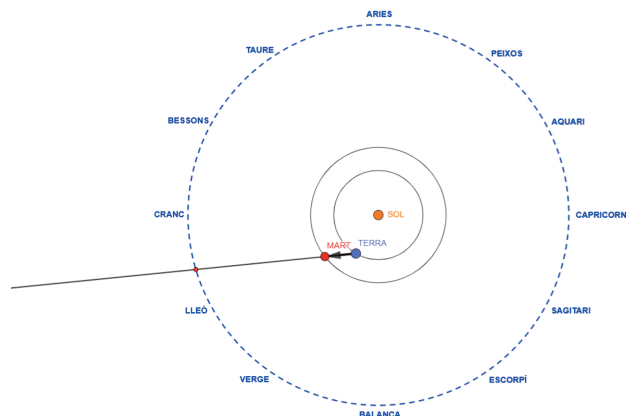


Figura 6. Modelo heliocéntrico trazado con GeoGebra que consigue explicar la retrogradación.
<<https://youtu.be/iJaAv-mFHJk>>

Algunas preguntas que pueden surgir

¿Por qué el brillo de Marte es máximo durante la retrogradación?

Al construir el modelo heliocéntrico, nos damos cuenta que la retrogradación se produce cuando la Tierra avanza a Marte por el interior en su trayectoria alrededor del Sol. En astronomía decimos que Marte está en *oposición* (respecto de nosotros y del Sol). En estos momentos, la distancia entre los dos planetas es mínima y, además, la luz del Sol ilumina toda la superficie visible de Marte.

Si las órbitas fueran circulares, no habría diferencia entre sucesivas oposiciones, pero como la órbita de Marte es sensiblemente elíptica (la de la Tierra también lo es, pero muy poco), hay oposiciones especialmente luminosas y estas se llaman *perihélicas*. Que Marte esté cerca de su perihelio, significa que se en-

cuentra en el punto de su órbita más cercano al Sol y, por ende, más cercano a nosotros. Las oposiciones perihélicas marcianas se producen 2 veces consecutivas cada 17 años aproximadamente. Y la del 13 de octubre de 2020 es la última de este ciclo.

¿Todos los planetas giran en el mismo sentido?

Mirados desde la estrella polar (vulgarmente desde arriba), los 8 planetas de la Vía Láctea dan vueltas al Sol en sentido contrario a las agujas del reloj. En astronomía este sentido de giro se denomina *directo*. Esta homogeneidad de giro se aduce como prueba de la formación de todos ellos a partir de la rotación de nuestra estrella, el Sol.

Además, la mayoría de planetas (excepto Venus y Urano) tienen este mismo sentido de giro en la rotación sobre su eje, al igual que la mayoría de satélites naturales.

¿No se confunde, en este artículo, el concepto de Este y Oeste?

Tal y como hemos dicho al hablar del sentido de giro, vistos desde el Sol, los planetas se desplazan de derecha a izquierda sobre la bóveda celeste. Para mirar la trayectoria de los planetas que circulan, más o menos, sobre una línea llamada *eclíptica*, dirigimos la mirada hacia el sur geográfico, por lo que el oeste geográfico nos queda a la derecha y el este a la izquierda.

Referencias bibliográficas

JUAN, G., y L. MAS (2005), *El nostre cel al llarg de l'any (una altra manera de fer astronomia)*, UIB (Universitat de les Illes Balears), Palma.

Josep Lluís Pol i Llompart

Centre d'Aprenentatge Científicomatemàtic
CentMat (Palma)

<polillompart@gmail.com>