Ciencia en el aula

**Alejandro Gangui**
Instituto de Astronomía y Física del Espacio, UBA-Conicet

# Constelaciones zodiacales, eclipses y la estrella de Belén

Esta nota presenta algunas situaciones que pueden abordarse en el aula con el programa de simulación del cielo *Stellarium*. Las características de ese programa se explicaron en una nota reciente (Alejandro Gangui y María Iglesias, 'Un observatorio astronómico virtual', Ciencia Hoy, 136: 62-64, diciembre de 2103-enero de 2014), cuya lectura anterior a la de esta es recomendable.

*Stellarium* es un excelente instrumento para responder una infinidad de preguntas que podemos hacer a los alumnos, como las siguientes:

> ¿A qué hora salió el Sol esta mañana? ¿A qué altura sobre el horizonte lo encontraremos al mediodía solar? Si mañana observamos la salida del Sol, ¿lo veremos emergiendo del horizonte en el mismo lugar en que lo hizo hoy? ¿Y dentro de una semana, o dentro de un mes? Si el Sol no sale siempre por el mismo lugar del cuadrante oriental, ¿a qué distancia del punto cardinal este está su punto de salida? Esa distancia, ¿es la misma en cualquier punto del país? ¿A qué altura sobre el horizonte estará el Sol al mediodía solar en distintos días del año?

Estas preguntas son útiles para estudiar la astronomía diurna. Pero no solo el Sol está presente en el cielo durante el día: también lo está la Luna, y sobre su movimiento pueden asimismo plantearse preguntas cuyas respuestas ayuda a encontrar el simulador. Por ejemplo:

> Mientras estamos en la clase de ciencias, ¿dónde se halla la Luna? Cuando la Luna creciente sube por el horizonte oriental, ¿dónde estará el Sol? Si mañana a esta misma hora buscamos a la Luna, ¿la encontraremos en el mismo lugar del cielo en que está ahora? ¿Y dónde estará el Sol? ¿Cuál de los dos astros parece moverse más rápido por el cielo, el Sol o la Luna?

Si bien es relativamente simple predecir el lugar y la hora en que saldrá el Sol mañana si conocemos esos datos para hoy, lo mismo no es tan fácil de inferir para la Luna. Es que a esta a veces la vemos y otras veces no. En las ciudades, con limitado cielo despejado, se vuelve difícil observarla y le perdemos el rastro, con la consecuencia de que un par de días más tarde no sabemos dónde ni cuándo encontrarla. Esto no sucede con el Sol, pues su luz y las sombras de los objetos que ilumina nos suelen indicar sin ambigüedad el lugar del cielo en que se halla.

El empleo del simulador permite comprender muchas de las regularidades del movimiento de la Luna que percibimos desde nuestro lugar de observación. También da la posibilidad de cambiar de sitio –colocarse en el otro hemisferio de la Tierra, por ejemplo– y verificar cómo se verían las fases de nuestro satélite desde allí.

El Sol y la Luna no agotan lo que puede simular el *Stellarium*, pues sus capacidades incluyen las características del cielo estrellado y de los planetas, especialmente las de aquellos visibles sin necesidad de instrumentos ópticos. Considérense las siguientes preguntas para lanzar la discusión:

> De noche, los habitantes de la Tierra ¿ven las mismas estrellas que verán, doce horas más tarde, sus antípodas? ¿Ven las mismas estrellas que verán, doce horas más tarde, sus periecos (igual paralelo pero del otro lado del planeta)? ¿Por cuál de las constelaciones zodiacales estaba desplazándose el Sol el día que compré este número de Ciencia Hoy? Ese mismo día, el planeta Venus ¿se mostraba co-

**¿DE QUÉ SE TRATA?**

Segunda de dos notas sobre el uso de la simulación astronómica por computadora para propósitos pedagógicos.

mo lucero matutino o vespertino? ¿Cuánto deberemos esperar para que se produzca una conjunción entre los planetas Júpiter y Venus? ¿Cuándo será la próxima ocultación de Venus por la Luna? Nuestro satélite, ¿en qué fase se encontrará en su próxima aproximación al cúmulo abierto de las Pléyades?

Para ilustrar las posibilidades que ofrece el uso en el aula del programa *Stellarium*, comentaremos tres actividades de creciente complejidad que comienzan con unas pocas preguntas simples y a veces ambiguas. Indicaremos sus soluciones esquemáticas y los pasos necesarios para responderlas.

## ¿Por qué constelación zodiacal pasaba el Sol el día de mi nacimiento?

La pregunta anterior tiene connotaciones que van más allá de la astronomía observacional moderna y evocan tanto la historia de la disciplina como tradiciones culturales y creencias sobre la relación entre el movimiento de los astros y la vida de las personas. Esta nota no entrará en esas cuestiones, que llevarían a terrenos diferentes de la enseñanza de la ciencia.

El zodíaco en el mosaico de piso de la sinagoga Beit Alpha, Israel. Siglo VI. Foto Wikimedia Commons

Zodíaco, 1896, lámina de Alfons Mucha para un calendario que distribuyó el periódico parisino *La Plume* en 1897.

El concepto de 'pasaje' del Sol por determinadas constelaciones –llamadas constelaciones del zodíaco– en el día del nacimiento de alguien (y en cada sucesivo cumpleaños) se refiere a las estrellas que ese día se distinguirían en el cielo detrás y alrededor del Sol si la luz de este no lo impidiese, como se indicó en la nota anterior. Junto con el Sol, a esas estrellas las veríamos trasladarse en el cielo de oriente a occidente, como las vemos moverse de noche, debido a la rotación diaria de la Tierra. Además, mirándolo desde esta, el Sol se desplaza lentamente con relación a esas estrellas, consecuencia de la traslación de la Tierra en su órbita en torno al Sol. Por esta última razón lo veríamos pasar por diferentes constelaciones a medida que transcurre el año. Excepcionalmente, sin embargo, podemos llegar a ver esas estrellas de día, por ejemplo, durante un eclipse total del Sol.

Pero, ¿podemos realmente ver alguna vez la constelación del zodíaco por la que pasa el Sol en cada uno de nuestros cumpleaños? Sin duda, pero no de día sino de noche. Esa constelación se verá hacia la medianoche todos los años relativamente alta en el cielo aproximadamente unos seis meses antes o después de nuestro cumpleaños. Si en vez de verla realmente, nos conformamos con hacerlo de modo virtual, nos podemos servir de *Stellarium*.

El primer paso es ubicar el programa en el tiempo para el día de nuestro nacimiento (o adelantarlo hasta el de nuestro próximo cumpleaños), una operación que explicamos en la nota anterior, lo mismo que los pasos que siguen. Elijamos una hora en la cual el Sol esté visible sobre el horizonte. Como la atmósfera de la Tierra se tiñe de color celeste intenso por los rayos solares, debemos suprimirla. Podemos también agregar la eclíptica, que es el camino aparente que –visto desde la Tierra– recorre el Sol con relación a las estrellas, para lo cual podemos recurrir a la tecla F4. Este paso no es imprescindible, pero al hacerlo podremos ubicar rápidamente todas las constelaciones zodiacales, pues la línea de la eclíptica las atraviesa todas. Para distinguir las diferentes constelaciones, podemos usar las teclas [c] que hace aparecer las líneas, [b] que muestra los límites y [v] que pone sus nombres.

Quizá sea conveniente ubicar el Sol en el medio de la pantalla arrastrando el puntero del *mouse* con el botón izquierdo de este apretado. Ahora basta hacer [Page-Up] o [Page-Down] tantas veces como haga falta de manera de localizar bien la constelación que estamos buscando. Notemos que [Page-Up] opera como una suerte de zoom que acerca la zona del cielo que estamos observando, en este caso, las inmediaciones del Sol.

Eso es todo: hemos puesto al Sol en la constelación zodiacal del día de nuestro nacimiento. ¿Es la constelación que esperábamos? Para algunos puede coincidir con la que da su nombre al signo que registran diarios y revistas. Pero para la gran mayoría no será esa sino una vecina. Explicamos el motivo en otra nota que recomendamos leer (Alejandro Gangui, 'Dante, astronomía y astrología', Ciencia Hoy, 104: 28-35, abril-mayo de 2008).

## ¿Cómo será el próximo eclipse de Sol?

Para comenzar, busquemos un eclipse. Los de Luna son interesantes, pero los más sorprendentes son los solares, y si se trata de un eclipse total de Sol, tanto mejor. Sabemos que no es simple encontrar el lugar de la Tierra adecuado y el momento preciso en el que se ve cómo la Luna oculta al Sol. Haremos este ejercicio aprovechando el eclipse de Sol que acaeció hacia el 9 de mayo de 2013, suponiendo un observador ubicado en la ciudad de Buenos Aires que se pone a usar el programa unos días antes, específicamente, el 30 de abril. Comencemos por situar el programa *Stellarium* en ese lugar y en esta última fecha, según lo explicado en la nota anterior; luego busquemos un eclipse en los próximos días. Solo puede haber eclipse de Sol con Luna nueva, y como cinco días antes, el 25 de abril, hubo Luna llena, sabemos que aproximadamente el 9 o el 10 de mayo habrá Luna nueva. De más está decir que nada garantiza que se produzca un eclipse de Sol en esas fechas.

Fijemos después el Sol en el centro de la pantalla de suerte que quede quieto allí por más que hagamos correr el reloj del programa. Es como si (con las debidas precauciones) se enfocara un telescopio sobre el Sol: todo objeto del cielo (y de la Tierra) se moverá alrededor del Sol. Para hacerlo basta emplear la ventana 'búsqueda' y completar con 'Sol' (o 'Sun', si el programa quedó configurado en inglés). Por último, sacamos la atmósfera. Advertiremos la presencia de planetas cerca del Sol, todos alineados aproximadamente a lo largo de la eclíptica, como es de esperar, pero la Luna, que causaría el eclipse buscado, no aparece. Avancemos en el tiempo: después de algunas horas, el Sol se ocultará por el horizonte: para recuperar su imagen, eliminemos el horizonte con la tecla [g]. Como habíamos dejado el Sol fijo, sucedió que el horizonte del paisaje terrestre avanzó hacia él y terminó cubriéndolo. Sin el horizonte que bloquee la visual, se podrá ver el Sol y a sus acompañantes tanto de día como de noche.

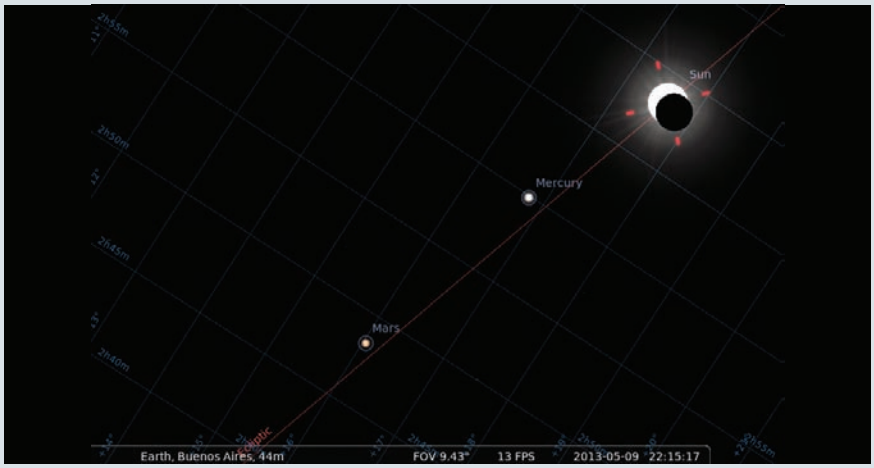


Imagen de pantalla de *Stellarium* que muestra el cielo durante el eclipse de Sol del 9 de mayo de 2013, visto desde la ciudad de Buenos Aires. Es una imagen imposible, pues para apreciar realmente el evento habríamos debido mirar a través de la Tierra (el Sol ya se había ocultado horas antes).

Hagamos correr el reloj hacia adelante en forma veloz (sea con las flechas del menú horizontal de la parte inferior de la pantalla o bien usando la ventana que abre la tecla F5) hasta que pasen varios días. A medida que estos transcurren, veremos que la Luna se acerca al Sol: se le aproxima por el oeste, mientras se acerca la fase de Luna nueva. Fijemos la fecha en el 9 de mayo. Si volvemos a colocar el horizonte, veremos que ese día el Sol se ocultó en Buenos Aires a las 18, cuando aún no se dio esa fase.

Retiremos nuevamente el horizonte y avancemos en el tiempo a ritmo normal. Veremos la silueta oscura de la Luna, cuyo diámetro angular aparente es siempre aproximadamente el mismo que el del Sol. Este hecho debería verse reflejado en la pantalla: los tamaños de la Luna y del Sol deberían ser muy similares. Si esto no fuese así, es decir si la Luna apareciese mucho más grande que el Sol, se debe a que el programa tiene activada una opción que permite agrandar cuatro veces el tamaño aparente de la Luna (que se encuentra en la ventana 'vista' o F4, en la solapa 'cielo'). En tal caso, desactivémosla para que ambos tamaños coincidan en nuestro simulador.

Aproximadamente a las 21:30 (hora de Buenos Aires) del 9 de mayo se producirá el contacto del disco de la Luna con el del Sol. Es el inicio de un eclipse, que no se hubiese visto desde Buenos Aires porque el Sol ya se había puesto. Con el artificio de *Stellarium* de quitar el horizonte –equivalente a mirar a través de la Tierra– descubriremos que, si los porteños lo hubiesen podido ver, habría sido para ellos un eclipse parcial pues, observado desde su ciudad, el disco de la Luna solo llegó a cubrir parcialmente al del Sol.

Visto desde cerca del ecuador en el océano Pacífico (2° 13,4′ de latitud norte y 175° 28′ de longitud este), no se hubiese tratado ni de un eclipse parcial ni de uno total, sino del tipo conocido como *eclipse anular* de Sol. La duración máxima de la fase anular fue de unos seis minutos en dicha ubicación. Si en *Stellarium* llevamos al observador a ese lugar [F6], veremos que la Luna pasó por el medio del disco solar, y que lo hizo en plena tarde, dado el huso horario. Sucede que los eclipses totales o anulares de Sol se aprecian en una franja muy estrecha de la superficie de la Tierra.

## ¿Qué fue la estrella de Belén?

En el Evangelio de Mateo (2, 1-3) se lee:

> *Nacido Jesús en Belén de Judea en días del rey Herodes, unos magos vinieron del oriente a*

Los Reyes Magos en el arte cristiano primitivo. Un sarcófago del siglo III, Museo Vaticano. Foto Wikimedia Commons

Los Reyes Magos en el arte ítalo-bizantino. Mosaicos de la basílica de San Apolinario Nuevo, Ravena, siglo VI. Foto Nina Aldin Thune, Wikimedia Commons.

*Jerusalén preguntando: ¿Dónde está el Rey de los Judíos que ha nacido? Porque vimos su estrella en el oriente, y venimos a adorarlo. Al oír esto el rey Herodes se turbó, y toda Jerusalén con él.*

Los Reyes Magos viajaron de Persia a Palestina. ¿Qué vieron? ¿Qué los guió a Belén? Para contestar estas preguntas con *Stellarium*, ubiquémonos en la actual Teherán, dado que la antigua Persia era muy amplia: el error geográfico que podamos así cometer no será demasiado significativo. Fijemos luego el huso horario: elijamos el +3 como buena aproximación. Nótese que Buenos Aires está por lo común en el huso -3.

Sabemos que en el año 7 antes de nuestra era hubo una conjunción planetaria de Saturno y Júpiter, es decir, una situación por la que, desde la Tierra, se los veía tan próximos que aparentaban ser un solo cuerpo. ¿Habrá sido ese el fenómeno astronómico que llamó la atención de los magos? Ambos planetas –los dos más lejanos observables a simple vista– tienen un movimiento relativamente lento contra el fondo estrellado del cielo. Una conjunción de ellos no es algo usual y pudo haber resultado muy brillante y llamativa para observadores avezados, como supuestamente eran los tres magos, expertos en artes y en astrología.

Fijemos entonces el reloj en el año 7 antes de nuestra era. Pero verifiquemos que el *Stellarium* no incluya un año 0, como lo hace en algunas versiones. Ese año, en realidad, no existe, pues la cronología que usamos pasa del 31 de diciembre del año 1 antes de nuestra era al 1 de enero del año 1 de nuestra era. Si el programa incluyese un año 0, el -6 del *Stellarium* correspondería al requerido año 7 antes de nuestra era.

Recreemos el cielo de aquellos días:

- Busquemos a Júpiter [F3], eliminemos el horizonte terrestre [g] y descartemos la atmósfera [a].
- Coloquemos la fecha [F5]: año -6 o -7, mes 4, día 10.
- Coloquemos la hora: 05:00:00 (para el huso horario a +3), equivalente a las 23:00:00 de Buenos Aires del día anterior. Está a punto de amanecer en Persia.
- Volvamos a colocar el horizonte y miremos hacia el este: veremos al Sol y, más arriba, a Saturno y Júpiter.

En un intento de descubrir qué pudo guiar a los magos, miremos todo el horizonte (para cambiar el zoom, [Page-Up] y [Page-Down]). En esa fecha

y a esa hora de la madrugada, la conjunción estaba hacia oriente, lo cual es coherente con el texto evangélico: *vimos su estrella en el oriente, y venimos a adorarlo*. Sin embargo, para llegar de Persia a Jerusalén los magos no viajaron hacia oriente, sino hacia occidente. ¿Por qué? Si suponemos que, para guiarse por las estrellas, viajaron de noche por varios meses, quizá la explicación resida en el lugar del cielo en que se encontraban Saturno y Júpiter en las horas previas al amanecer y hacia dónde avanzaban.

Así, con el programa de simulación podremos establecer que:

> El 10 de mayo del año 7 antes de nuestra era, a las 05:00, comparado con sus posiciones del mes anterior, los dos planetas apenas si se habían desplazado con relación a las constelaciones de fondo, pero el Sol sí lo había hecho, hacia el oriente. (Adviértase que este desplazamiento no se refiere al giro diario del cielo de este a oeste sino a los cambios de la posición del Sol y los planetas con relación a las estrellas, las que, en ese contexto, suelen llamarse estrellas fijas.) Por lo anterior, cerca del amanecer, a las 05:00, ambos planetas aparecían más altos en el horizonte oriental que el Sol naciente.
> El 10 de junio de ese año a la misma hora se veía aproximadamente lo mismo en el cielo, mientras que el 10 de julio, antes del amanecer (más o menos a las 04:00), los planetas aparecían algo desplazados hacia el sur, es decir, en camino del este al oeste. El 10 de agosto a las 04:00 se los ve algo más al oeste, y aun más el 10 de septiembre. Para el 10 de octubre del año 7 antes de nuestra era, a las 03:00, estaban en proceso de ocultarse por debajo del horizonte occidental.

De lo anterior podríamos vernos inclinados a deducir que la conjunción de esos dos planetas fue la *estrella* que guió a los magos de Persia a Palestina, en armonía con el texto evangélico, según el cual *vinieron del oriente a Jerusalén*. La deducción refuerza también las ambigüedades del calendario, puesto que –en alguna concordancia con los escritos del historiador Flavio Josefo, quien afirmó que Herodes murió en una fecha que hoy corresponde al año 4 antes de nuestra era– pone el nacimiento de Jesús en Belén antes del inicio de la era que supuestamente comenzó con ese nacimiento. Sin duda, se trata de deducciones puramente especulativas y por el momento sin fundamento firme más allá de la astronomía explicada, pero proporcionan una buena oportunidad para ejercitarse en el estudio de esta disciplina y en el uso del programa *Stellarium*.

Por último, ubiquemos a Júpiter en el centro de la pantalla y descartemos el horizonte. Si hacemos correr el reloj del programa desde el 10 de abril del año 7 antes de nuestra era a las 05:00, hasta el 10 de enero del año 6 antes de nuestra era a las 05:00, de mes en mes (unos nueve pasos), veremos que este planeta y Saturno ejecutan una triple conjunción. Quizá sea solo casualidad, pero el hecho pudo haber llamado la atención de los (tres) Reyes Magos. CH

Las actividades aquí propuestas reproducen con algunas modificaciones lo realizado por el autor, María Iglesias y Fernando Karaseur en el foro internacional de enseñanza de ciencias y tecnologías en la Feria del Libro de la Ciudad de Buenos Aires, el 30 de abril de 2013. *Stellarium* en castellano se puede obtener en *http://www.stellarium.org/es*.

## LECTURAS SUGERIDAS


**CASAZZA R** y **GANGUI A**, 2012, 'La explicación de los eclipses en la antigüedad grecolatina', *Revista de Estudios Clásicos*, Nº 39, 79-109.

**ESPENAK F**, 2013, *http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html*

**GANGUI A**, 2008, 'Dante, astronomía y astrología', Ciencia Hoy, 104: 28-35.

**Alejandro Gangui**

Doctor en astrofísica, Escuela Internacional de Estudios Avanzados, Trieste.
Investigador independiente del Conicet.
Profesor adjunto, FCEYN, UBA.
Miembro del Centro de Formación e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, FCEYN, UBA.
*gangui@df.uba.ar*
*cms.iafe.uba.ar/gangui*