



COORDENADAS

Estrellas

Taller número 3.2

NOTAS PARA EL PROFESOR

Objetivo: Entender las diferencias entre coordenadas horizontales y ecuatoriales absolutas. Determinación de las coordenadas de la estrella del exoplaneta.

Edad recomendada: de 12 a 18 años

Resumen de las actividades:

1. Mediante simulaciones interactivas se introducirán los conceptos de coordenadas y se calcularán las coordenadas a las estrellas de los exoplanetas estudiados.
2. Se construirá un telescopio casero

Temporización: 2h 20 minutos

Contenidos curriculares:

1. Observación del cielo nocturno y diurno. Diferenciación entre galaxias, estrellas y planetas

Competencias científico-técnicas:

- ✓ Competencia 1:
Identificar y caracterizar los sistemas físicos y químicos desde la perspectiva de los modelos, para comunicar y predecir el comportamiento de los fenómenos naturales
- ✓ Competencia 6:
Reconocer y aplicar los procesos implicados en la elaboración y validación del conocimiento científico

Metodología didáctica:

- trabajo en grupo,
- co-evaluación,
- uso de las tecnologías de la información y comunicación

Recursos:

- Ordenador del profesor con acceso a internet y proyector
- Ordenadores de los alumnos con acceso a internet.
- [Stellarium](#), que requiere memoria RAM de 1GB y tarjeta gráfica con aceleración de vídeo
- Para la construcción del telescopio casero: lente convexa, lente cóncava, 2 tubos de cartón que quepan uno dentro del otro, cartón rígido, cinta adhesiva, cúter, pegamento



Lecturas recomendadas:

Para alumnos:

- http://www.elcielodelmes.com/Curso_iniciacion/curso_1.php#11
- <https://www.youtube.com/watch?v=dUpzcalVgxA>
- <https://www.savvyhomemade.com/building-a-homemade-telescope/>
- <https://hipertextual.com/archivo/2013/06/ver-estrellas-con-el-movil/>

Para profesores:

- <https://astro.unl.edu/animationsLinks.html>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Esfera_celeste
- https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_horizontales
- https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_ecuatoriales
- <http://www.aserrano.es/tallerdeastronomia/pdf/stellarium.pdf>
- http://sac.csic.es/astrosecundaria/en/cursos/formato/materiales/ppts/talleres/T1_en.pdf
- http://sac.csic.es/astrosecundaria/en/cursos/formato/materiales/ppts/talleres/T2_en.pdf
- <http://www.elsolieltemps.com/pdf/gnomonica/2.pdf>
- <http://www.iac.es/adjuntos/www/actividad-altura-acimut.pdf>

- **Datos de entrada para la propuesta gamificada:** Coordenadas de la estrella en ascensión recta y declinación que se pueden obtener de la [tabla del manual de usuario](#) accediendo al enlace de cada planeta y consultando el último apartado de *Coordinates and Catalogs*.
- **Datos de salida para la propuesta gamificada:** Acimut y altura de la estrella.

TALLER

INTRODUCCIÓN:

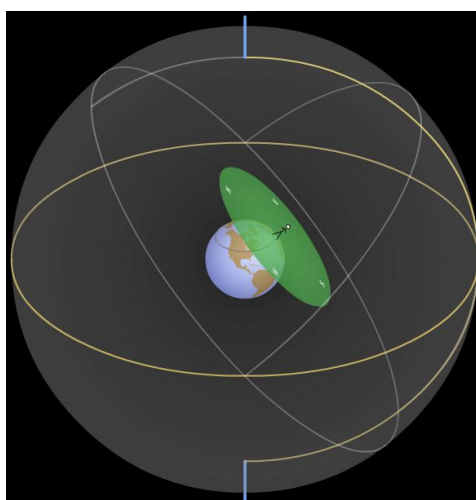
Tiempo: 20 minutos.

Contenido: Concepto de esfera celeste

Se pide a los alumnos que traigan un balón, o el profesor/a trae globos inflables de la Tierra, junto con muñecos de playmobil o similar. Debajo del muñeco se construye una base, hecha de cartulina o madera para que sea inflexible, que llamamos el plano del horizonte.

El objetivo de la actividad es que el alumnado entienda que situados en cualquier lugar de la superficie terrestre se ve el cielo como si se estuviera en el centro de una esfera. Esta superficie esférica recibe el nombre de esfera celeste y va cambiando a lo largo que la Tierra se mueve, dando la apariencia que el cielo se mueve, con sus estrellas y planetas.

La primera de las simulaciones que se encuentran en la página web en el apartado de Estrellas -> Coordenadas ilustra claramente el cambio de visión. Con el botón de *Switch* se puede cambiar la visión del diagrama horizontal al de la esfera celeste.



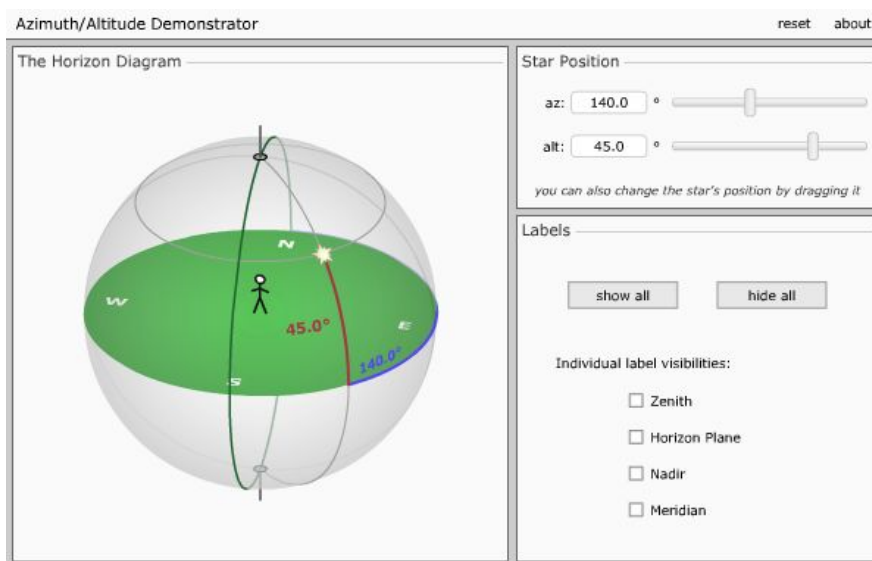
Se pide a los alumnos que averigüen las coordenadas (latitud y longitud) de varias ciudades para comparar las diferentes visiones del cielo. Se reflexiona acerca de la salida y ocaso del Sol, así como de las estrellas y las estaciones.

DESARROLLO

Tiempo: 60 minutos.

Contenido: Coordenadas celestes horizontales, coordenadas ecuatoriales, eclíptica.

Se hace interactuar directamente a los alumnos con la segunda simulación de **coordenadas horizontales**, que hay en la [página web](#), en el apartado Estrellas -> Coordenadas. Estas coordenadas dependen del observador, es decir, son coordenadas locales. Se pide a los alumnos que muevan la estrella y observen cómo cambian los valores de acimut (az) y altura (alt.), y también que muestren las etiquetas y las señalen en el esquema de la actividad anterior.



A continuación, se lee el siguiente glosario de términos y se identifican en el diagrama anterior.

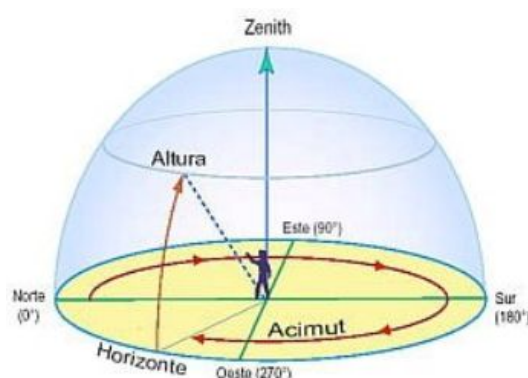
Glosario

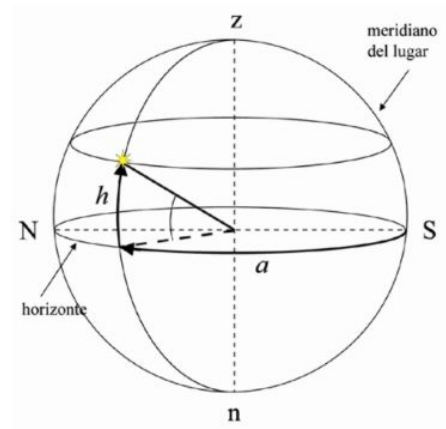
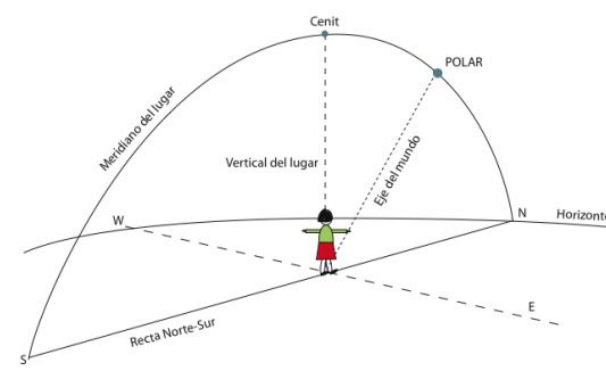
Acimut

Ángulo a lo largo del horizonte desde el Norte hasta la vertical de la estrella en dirección Oeste o desde el Sur en dirección Este, dependiendo del hemisferio donde se encuentre el observador. Puede variar entre 0° y 360° .

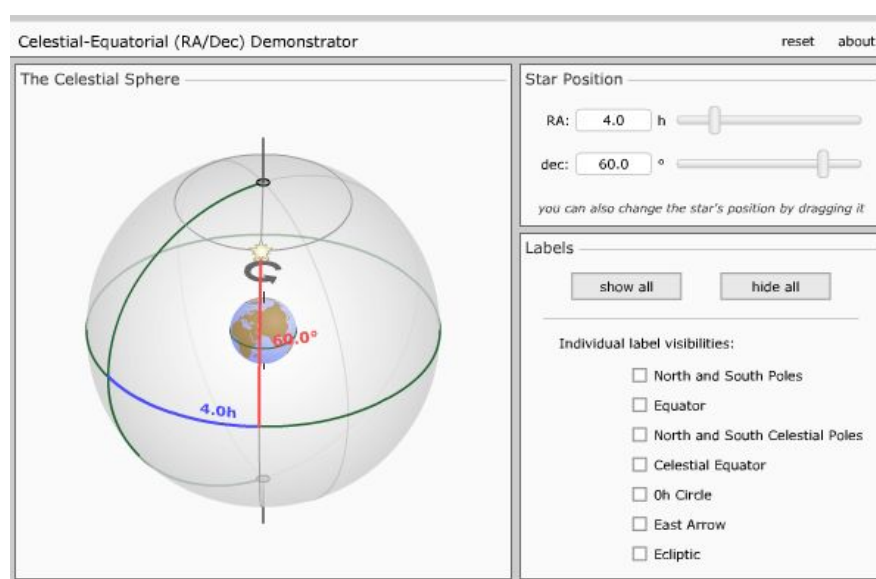
Altura

Ángulo desde el horizonte hasta la estrella. Puede variar entre -90° y $+90^\circ$, siendo negativa cuando el astro se halle bajo el horizonte y positiva cuando esté por encima.



<p>Cenit</p> <p>Punto de la esfera celeste situado en la vertical del observador.</p> <p>Nadir</p> <p>Es el punto opuesto en la vertical, que queda por debajo del observador.</p>	
<p>Meridiano</p> <p>En astronomía, el meridiano de referencia es el llamado meridiano del lugar, que es el que pasa por el punto del observador, el cenit y el polo norte.</p>	

A continuación, experimentamos con el siguiente diagrama de la página web, de **coordenadas ecuatoriales**:



De la misma manera, los alumnos pueden mover la estrella y observar cómo cambian los parámetros de ascensión recta (RA) y declinación (dec.). Asimismo, deberán activar las etiquetas y marcarlas en el esquema introductorio.

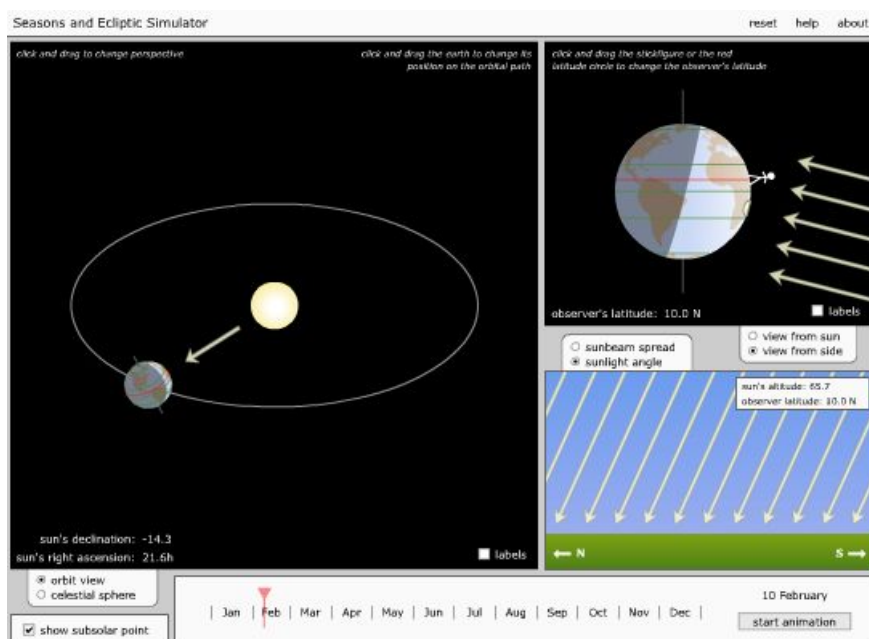
Para entender esta simulación, se introduce el concepto de la eclíptica: la Tierra orbita alrededor del Sol a lo largo de un año en un movimiento que se llama **traslación**, hacia el este y avanza cada

día 1º aproximadamente. El plano por donde la Tierra se mueve, se llama **plano de la eclíptica**. No todos los planetas se mueven en el mismo plano.

El ángulo entre el plano del ecuador y la eclíptica se denomina **oblicuidad de la eclíptica** y tiene un valor de $23^{\circ} 26' 29''$.



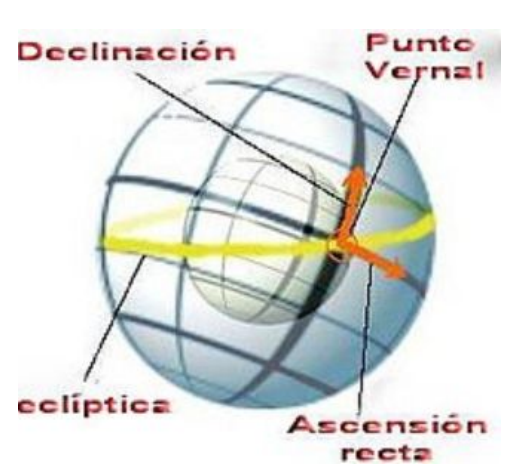
Una de las ideas equivocadas más extendidas en astronomía se refiere a que las estaciones del año se deben a la distancia variable de la Tierra al Sol. Aunque las órbitas de los planetas son elípticas, es importante señalar que la excentricidad en el caso de la Tierra es baja (0,0167), y por lo tanto su órbita es casi circular y la distancia al Sol no varía mucho. En realidad, **las estaciones del año se deben a la inclinación del eje de giro de la Tierra respecto al plano de su órbita respecto al Sol.**



La oblicuidad de la eclíptica hace que el Sol alcance alturas diferentes en su culminación a lo largo del año, hecho que provoca diferencias, no sólo en las duraciones de la luz diurna, sino también en la intensidad con la que ésta incide sobre el suelo. Dependiendo de la latitud y de la altura, los

cambios meteorológicos son o bien mínimos como en el ecuador, o máximos, como en las zonas de latitudes medias y subtropicales, donde se experimentan las cuatro estaciones.

En el apartado de Sistema Solar -> Estaciones del año, se puede encontrar una simulación que permite mover la Tierra alrededor del Sol y comprobar cómo varía la inclinación de los rayos Solares dependiendo del momento del año. El muñeco de la simulación también se puede trasladar para constatar el cambio según la latitud. Al pulsar *start animation* (abajo a la derecha), se ve cómo transcurre un año terrestre.

<p>Declinación</p> <p>δ, ángulo entre el ecuador celeste y la posición de la estrella, medido a lo largo del meridiano celeste que pasa por el astro. Varía entre 0° y $+90^\circ$ en el hemisferio celeste boreal, y entre 0° y -90° en el hemisferio austral.</p>	 <p>El diagrama ilustra la esfera celeste con su sistema de coordenadas. Se muestra la eclíptica (la trayectoria aparente del Sol) y el ecuador celeste. El punto vernal, donde se cruzan, está etiquetado como 'Punto Vernal'. Las líneas de declinación y ascensión recta se indican con flechas y etiquetas. La eclíptica está etiquetada como 'eclíptica'.</p>
<p>Ascensión recta</p> <p>α ángulo medido hacia el este a lo largo del ecuador celeste, desde el punto vernal hasta el meridiano celeste que pasa por el astro. La ascensión recta se mide de 0 a 24 horas.</p>	
<p>Punto vernal</p> <p>Punto de la eclíptica a partir del cual el Sol pasa del hemisferio sur celeste al hemisferio norte, fenómeno que ocurre en el equinoccio de marzo.</p>	

Se pide a los alumnos que describan diferencias, ventajas y desventajas, entre los dos tipos de coordenadas. Este segundo sistema de coordenadas es independiente del observador, no es local, porque sus coordenadas se refieren a la bóveda celeste. Si las coordenadas horizontales cambian cada hora unos 15° , por el movimiento de rotación de la Tierra, las coordenadas ecuatoriales son inmóviles. Sí que hay pequeños movimientos, como la nutación y la precesión, que requieren de pequeñas correcciones para medidas precisas.

Cambio de coordenadas

Es posible pasar de unas coordenadas a otras si conocemos la latitud y la hora donde se encuentra el observador. Normalmente los catálogos dan las coordenadas ecuatoriales y el problema es consiste en convertir la ascensión recta α y la declinación δ en acimut (a) y altura (h). Sin embargo, es necesario conocer la posición del lugar de observación (longitud L , latitud ϕ) y el

instante de tiempo, que se da en tiempo sidéreo θ . (Un día sidéreo son 23h 56 minutos, que es la rotación de la Tierra. Cuando el equinoccio vernal culmina en el meridiano local, el tiempo sidéreo local es 00.00).

A continuación, los alumnos se sitúan en la página web, apartado Fichas Didácticas -> Estrellas -> Coordenadas e introducen los valores de acimut y altura facilitados por el profesor y la latitud donde se encuentran. El sistema toma el tiempo sidéreo $\theta = 0$.

Introduce los datos conocidos:

Ascensión recta (α)	<input type="text"/>	h	<input type="text"/>	m	<input type="text"/>	s
Declinación (δ)	<input type="text"/>	°	<input type="text"/>	'	<input type="text"/>	"
Latitud (Φ)	<input type="text"/>	°	<input type="text"/>	'	<input type="text"/>	"
Longitud	<input type="text"/>	°	<input type="text"/>	'	<input type="text"/>	"

Calcular coordenadas ecuatoriales

AVANZADO

Calcular las coordenadas ecuatoriales absolutas de un astro que a las 12h09m09s de tiempo sidéreo tiene unas coordenadas horizontales de $a=153^{\circ}31'02''$ y $h = 67^{\circ}50'56''$. Dato: $\varphi = -40^{\circ}50'30''$.

Datos conocidos:

$\Theta = 12h09m09s$

$a = 153^{\circ}31'02''$

$h = 67^{\circ}50'56''$

$\varphi = -40^{\circ}50'30''$

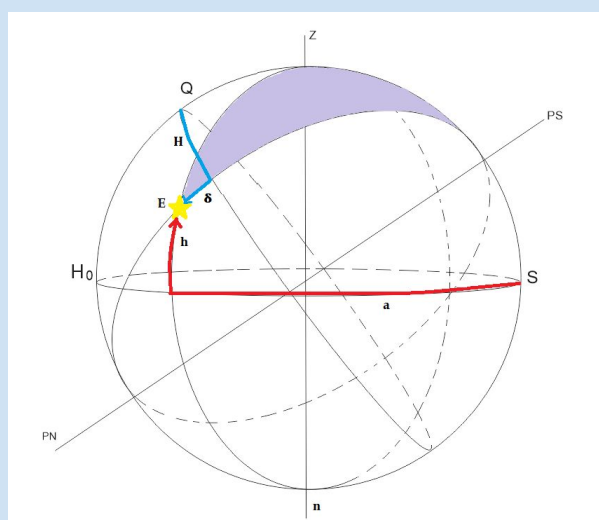
Datos buscados:

α

δ

Seguiremos los siguientes pasos:

1. En primer lugar dibujaremos un esquema de la configuración en la esfera celeste.
2. A partir de las coordenadas horizontales y las relaciones del triángulo esférico obtendremos las coordenadas ecuatoriales horarias: H y δ .
3. Conociendo la relación: $\Theta = H + \alpha$, se deduce α



Al encontrarnos en el hemisferio sur, H debe calcularse en sentido levógiro. Tenemos las siguientes relaciones en el triángulo esférico:

$PZ = 90^{\circ} - \varphi$ * al ser la latitud negativa, se sumará

$ZE = 90^{\circ} - h$

$PE = 90^{\circ} - \delta$ * según la gráfica, vemos que δ también será negativa

$\hat{Z} = 180^{\circ} - a$

$\hat{P} = H$

Por lo tanto, tenemos:

- la colatitud $PZ = 90^\circ - (-40^\circ 50' 30'') = 130^\circ 50' 30''$
- la distancia cenital $ZE = 90^\circ - 67^\circ 50' 56'' = 22^\circ 9' 4''$
- $\hat{Z} = 180^\circ - a = 180^\circ - 153^\circ 31' 02'' = 26^\circ 28' 58''$
- $\hat{P} = H$

Usando la 5ª ecuación de Bessel:

$$\begin{aligned}\cos PE &= \cos PZ \cos ZE + \sin PZ \sin ZE \cos \hat{Z} = \\ &= -0,6057030711 + 0,2553148894 = -0,3503881817\end{aligned}$$

Calculando la inversa del coseno obtenemos que $PE = 110^\circ 30' 39''$

y de $PE = 90^\circ - \delta$, deducimos que

$$\delta = -20^\circ 30' 39,82''$$

Usamos ahora la fórmula del seno para encontrar el ángulo horario H. Como sabemos que $\hat{P} = H$,

$$\frac{\sin ZE}{\sin P} = \frac{\sin PE}{\sin Z} \Rightarrow \frac{\sin ZE \sin \hat{Z}}{\sin PE} = 0,1795181099$$

Calculando la inversa del seno obtenemos que $\hat{P} = H = 10^\circ 20' 30,09''$

Dividiendo entre 15 para pasar a horas, tenemos que:

$$H = 0h41m22,01s$$

Por último, de $\theta = H + \alpha$, deducimos

$$\alpha = \theta - H = 12h09m09s - 0h41m22,01s = 11h27m46,99s$$

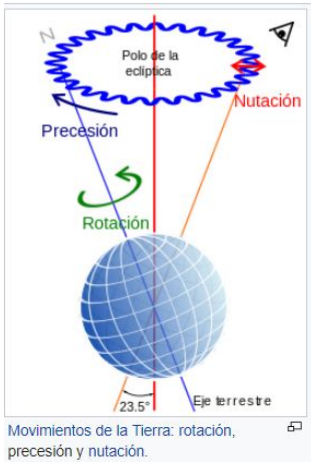
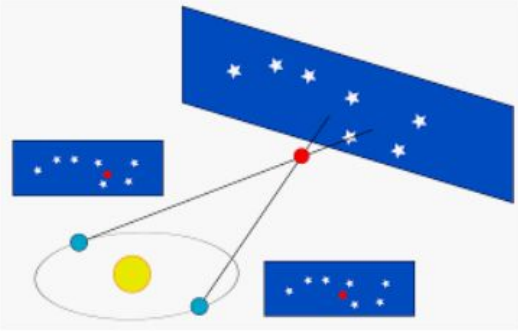
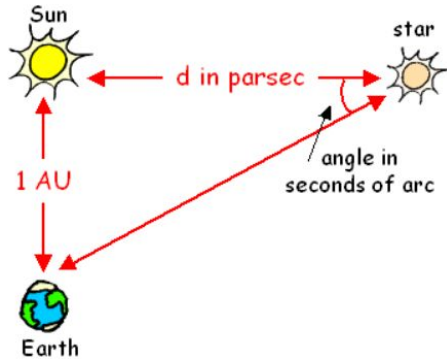
Y la solución final es:

$$\alpha = 11h 27m 46,99s$$

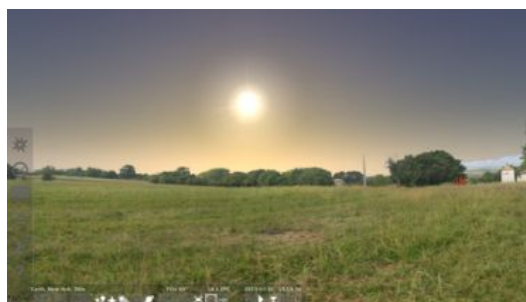
$$\delta = -20^\circ 30' 39,82''$$



* [Trigonometría esférica](#)

<p>Precesión de los equinoccios</p> <p>Tendencia al cambio de dirección del eje de rotación de la Tierra, causado por las fuerzas de marea del Sol y la Luna. Como en una peonza, los polos dibujan circunferencias de 23º cada 25.771 años.</p>	 <p>Movimientos de la Tierra: rotación, precesión y nutación.</p>
<p>Nutación</p> <p>Perturbación más pequeña que la precesión, de un período de 18 años, irregular y Causada por la Luna.</p>	
<p>Paralaje</p> <p>Fenómeno que consiste en el desplazamiento aparente de una estrella sobre el fondo de otras más lejanas, a medida que la Tierra se mueve alrededor del Sol. Se usa para determinar la distancia a la Tierra a una estrella cercana.</p>	
<p>Pársec</p> <p>Distancia a la que hay que colocar una unidad astronómica para que subtienda un segundo de arco. 1 pársec = 3.26 años luz.</p>	

A continuación, en modo flipped classrom, se realizan prácticas guiadas con el programa Stellarium, que es un simulador gratuito y de código abierto, disponible para todos los sistemas operativos: <http://stellarium.org/es/> (Fuente: Ejercicios de Astronomía Clásica del Máster de Astronomía y Astrofísica de la Universidad Internacional de Valencia)



1. Ejercicio 1

Sitúate en la ciudad en la que vives. Mira hacia el Este y haz avanzar el tiempo. Estima el ángulo que forman las trayectorias de los astros con el horizonte del lugar. ¿Esperabas este valor?

Ciudad: Granollers (provincia de Barcelona)
Latitud: N 41° 36' 28.70"
Longitud: E 2° 17' 15.83"
Altitud: 154 m.

Informació de la ubicació actual			
Latitud:	N 41° 36' 28.70"	Nom/Ciutat:	Granollers
Longitud:	E 2° 17' 15.83"	País:	Espanya
Altitud:	154 m	Planeta:	Terra
Obtenir la ubicació de GPS		Zona horària:	Europe/Madrid

Fig 1:

Ubicación de la ciudad donde vivo

Nos orientamos hacia el este y dejamos correr el tiempo para observar el ángulo que forman las trayectorias de los astros con el horizonte:

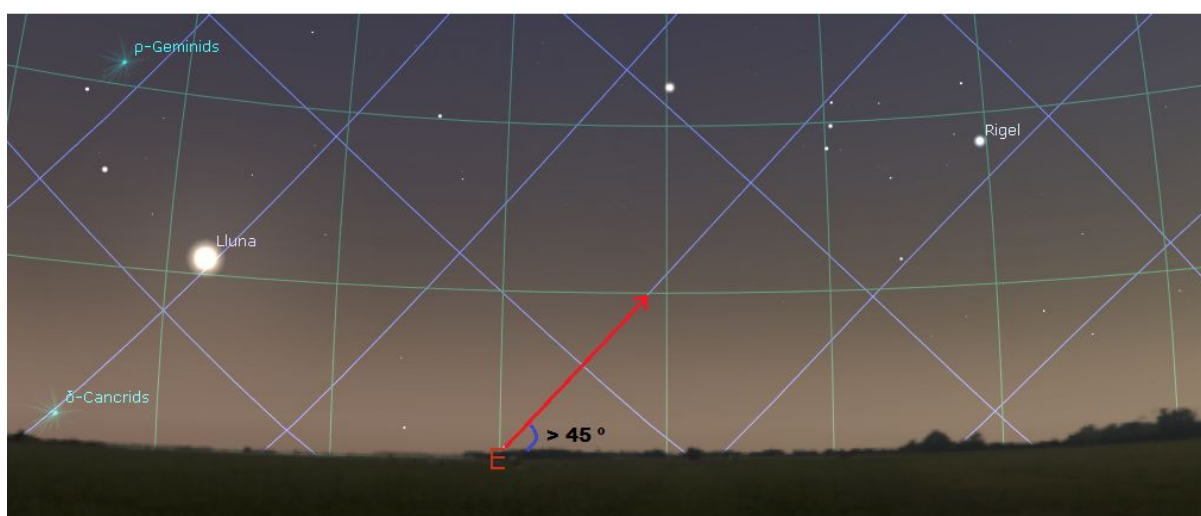


Fig 2: Trayectoria de los astros respecto al horizonte

El ángulo observado es ligeramente superior a 45°, dado que éstos serían los grados de la mitad del cuadrante marcado (Fig 2).

Si calculamos:

$90^\circ - \text{latitud del lugar} = 90^\circ - 41^\circ 36' 28.70'' = 48^\circ 23' 32''$, obtenemos el ángulo que forma el ecuador celeste con el horizonte, que es coherente con lo observado.

2. Ejercicio 2

Desde tu misma ciudad, ¿cuál es la altura sobre el horizonte de la estrella polar o del polo sur austral, si vives en el hemisferio sur? Indica el nombre de 3 estrellas circumpolares.

En primer lugar, instalamos el plugin para medir ángulos. Para ello, clicamos sobre la ventana de configuración en el menú lateral izquierdo o F2:

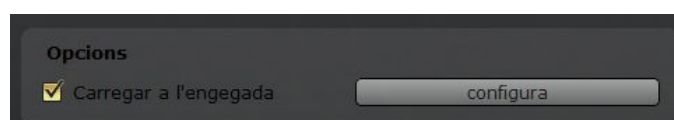


A continuación escogemos la opción de conectores o Plugins:



Fig 3: Instalación del Plugin de Medidor de ángulos

Clicamos el *checkbox* que indicará al sistema que deberá cargarlo al volver a iniciar Stellarium.



Para guardar la configuración, debemos volver al icono Principal e indicarle que guarde los parámetros.

Reiniciamos Stellarium y veremos en la barra de herramientas inferior, el icono de cálculo de ángulos:



Nos orientamos hacia el norte y buscamos la estrella polar. Con la herramienta recientemente instalada, marcamos el horizonte, arrastramos con el ratón hasta la estrella polar y vemos que el ángulo coincide con la latitud del lugar **41° 35' 22.56"**

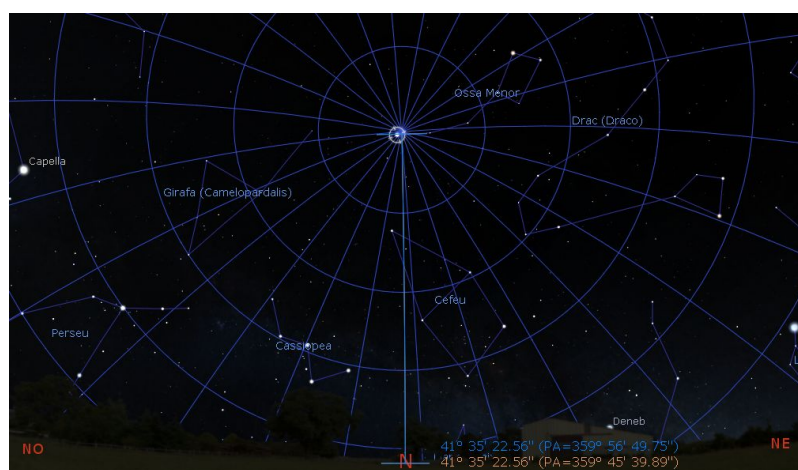


Fig 4: Ángulo a la estrella Polar

Para detectar estrellas circumpolares, deberemos tener en cuenta la relación: $|\delta| < 90^\circ - |\varphi|$

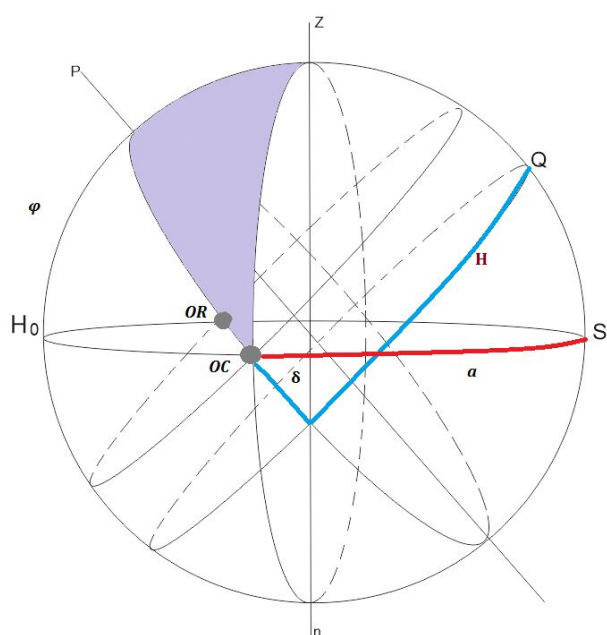
Es decir, una estrella es circumpolar si su distancia polar es menor a la de la latitud del lugar. En este caso, podemos identificar por ejemplo:

Tabla 1: Estrellas circumpolares en Granollers

Estrella	δ	$90^\circ - \delta$	$< 41^\circ 35' 22.56''$
Osa menor - Kochab	$74^\circ 09' 19.4''$	$15^\circ 50' 40.6''$	sí
Cefeo - Errai	$77^\circ 37' 57.9''$	$12^\circ 22' 2.1''$	sí
Draco - Aldhibah	$65^\circ 42' 53''$	$24^\circ 17' 7''$	sí

3. Ejercicio 3

Desde tu misma ciudad y en la época actual, indica las horas de salida (orto) y puesta (ocaso) del Sol en las fechas de los equinoccios y solsticios.



El equinoccio es cada uno de los dos momentos del año en que el sol pasa el ecuador celeste y por lo tanto su declinación es 0. En el equinoccio de primavera la declinación pasa de positiva a negativa y en el de otoño de negativa a positiva.

Por el contrario, los solsticios son los momentos en los que el Sol alcanza su mayor declinación norte y sur. En el hemisferio norte, el solsticio de verano la duración del día es máxima y en el de invierno mínima.

Fig 5: Diagrama de ortos y ocasos con el ecuador y la declinación

En Stellarium utilizaremos la herramienta de fecha/hora para regular el calendario y también la ventana de cálculos astronómicos que nos indicará la altitud del Sol respecto del tiempo:

Tabla 2: Equinoccio de primavera en Granollers

Equinoccio de primavera 21 de marzo en Granollers	
Orto: 5h 56m UT	Ocaso: 17h 59m UT
	

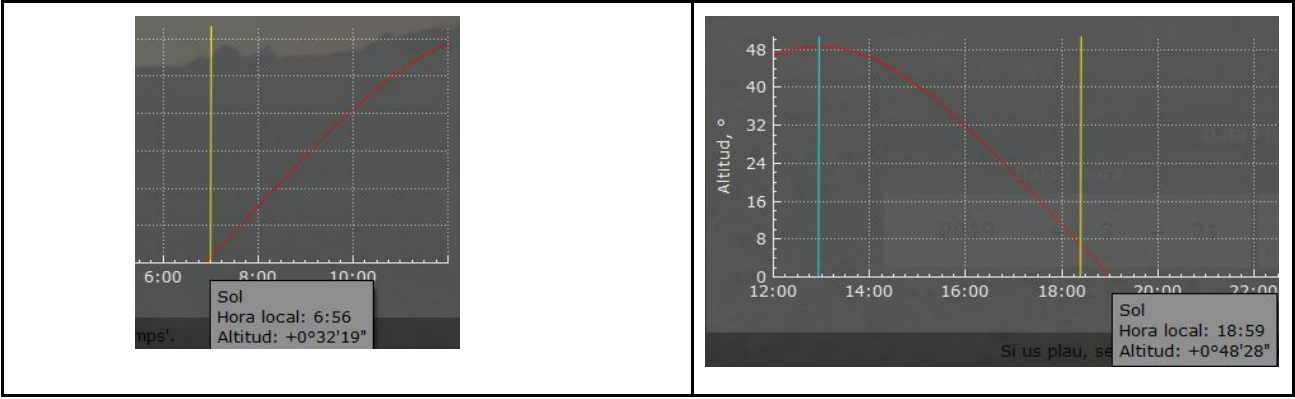


Tabla 3: Solsticio de verano en Granollers

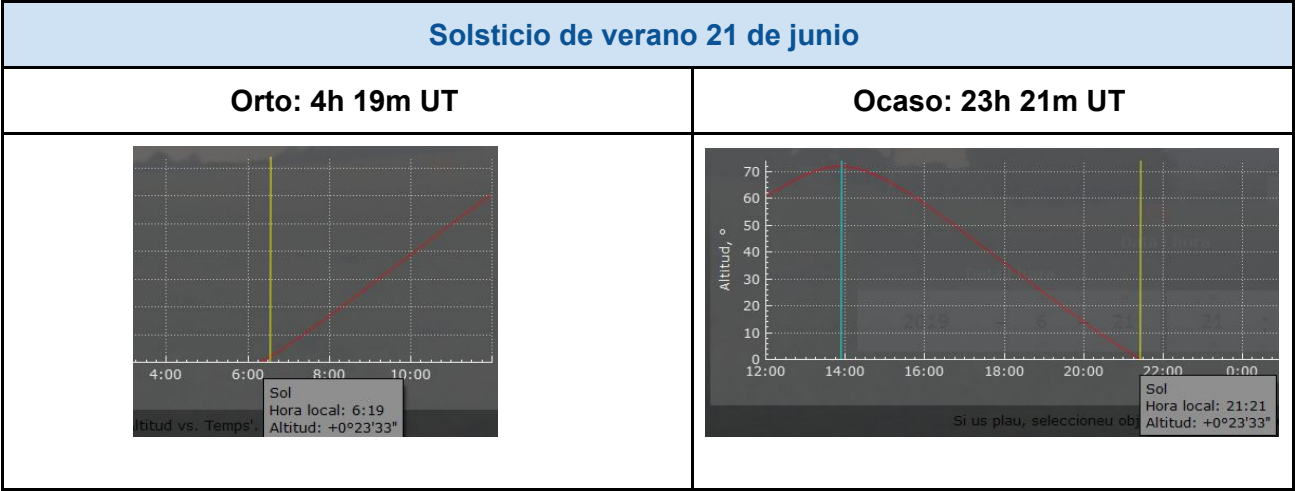


Tabla 4: Equinoccio de Otoño en Granollers

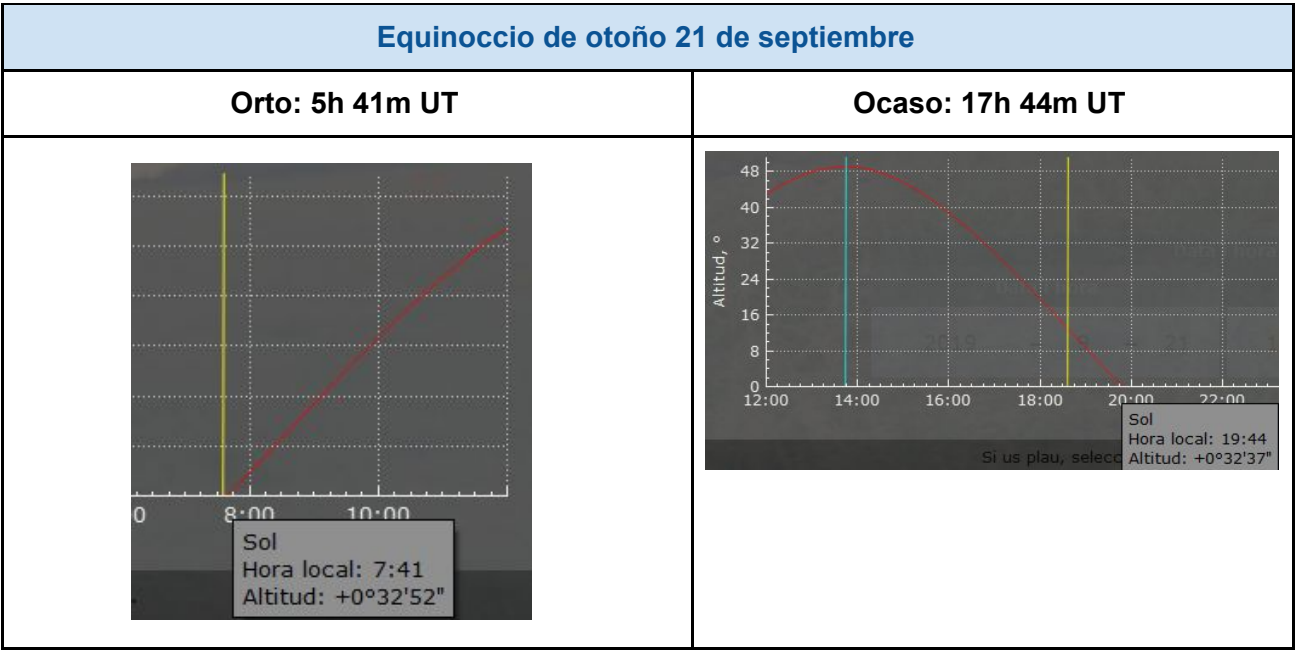
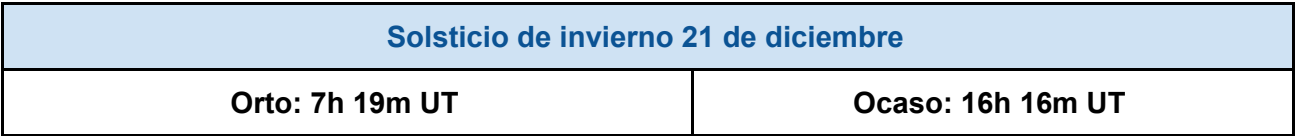
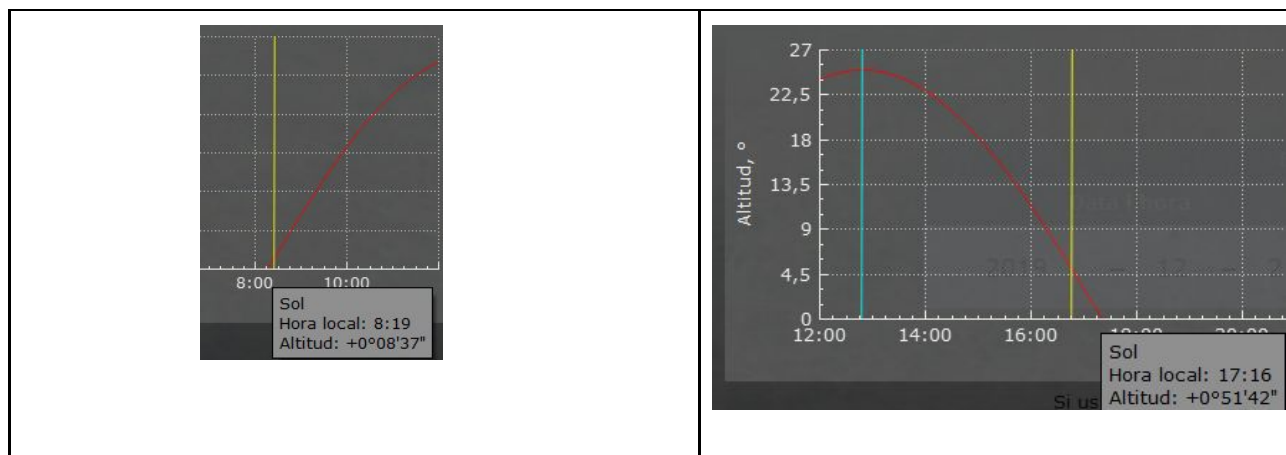


Tabla 5: Solsticio de invierno en Granollers





En resumen, tenemos:

Tabla 6: Ortos y ocasos en equinoccios y solsticios en Granollers

Efeméride	Fecha	Orto (UT)	Ocaso (UT)
Equinoccio de Primavera	21 de marzo	5h 56m	17h 59m
Solsticio de Verano	21 de junio	4h 19m	23h 21m
Equinoccio de Otoño	21 de septiembre	5h 41m	17h 44m
Solsticio de Invierno	21 diciembre	7h 19m	16h 16m

Hay que tener en cuenta que para la hora local hay que sumar 1h más a UT en primavera e invierno y 2 horas para verano y otoño.

4. Ejercicio 4

Busca la Luna y sitúate en una hora en la que la Luna esté visible (sobre el horizonte). Avanza en el tiempo en saltos de un día. ¿Cambia mucho la posición de la Luna de un día para otro o poco? ¿Cuántos días hacen falta para que vuelva a estar (aproximadamente) en la misma zona del cielo? ¿Cambia mucho esta posición con respecto de la posición inicial?

Tomamos por ejemplo la fecha 21/01/2019 a les 1:17 UT, cuando está en fase de luna llena iluminada al 100% . Las coordenadas en la eclíptica son:



Fig 6: Luna en la eclíptica el 21/01/2019

Long./lat. ecl. (en data): +118°09'15.2"/-0°17'09.9"

Fig 7: Coordenadas eclípticas de la luna el 21/01/2019

A continuación, vamos avanzando día a día y anotamos sus coordenadas hasta obtener unas coordenadas parecidas a las del 21/01/2019. Observamos que la latitud avanza diariamente pocos minutos y la longitud avanza aproximadamente unos 15° . El 18/02/2019 a la misma hora las coordenadas serán parecidas pero no las mismas con una diferencia de $7^\circ 42' 02.4''$ de long. y $2' 42.3''$.

Tabla 7: Coordenadas eclípticas de la luna día a día

Día	Long. eclíptica	Lat. eclíptica	Luminosidad	Edad (días)
21/01/2019	+118° 09' 15.2''	-0° 17' 09.9''	100%	14.6
22/01/2019	+133° 34' 36.6''	+1° 07' 04.9''	98.9%	15.7
23/01/2019	+148° 58' 02''	+2° 24' 35.9''	94.8%	16.9
24/01/2019	+164° 09' 04.5''	+3° 29' 10.5''	88,1%	18.1
...				
18/02/2019	+125° 51' 17.6''	+0° 19' 52.2''	96%	12.9

Sin embargo, no volverá a ser luna llena hasta el 19/02/2019:

Tabla 8: Coordenadas eclípticas de la siguiente luna llena

Día	Long. eclíptica	Lat. eclíptica	Luminosidad	Edad (días)
19/02/2019	+149° 01' 05.6''	2° 02' 05.5''	100%	14.6

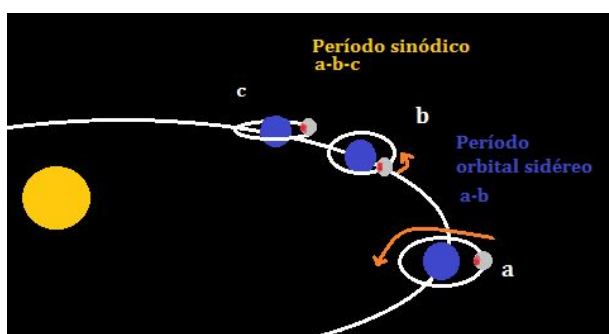


Fig 8: Período orbital sidéreo y sinódico de la Luna

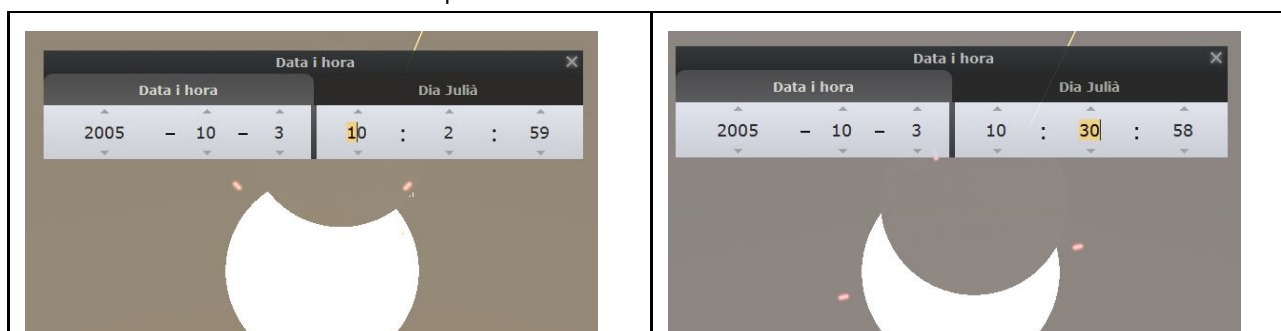
Este fenómeno es debido a la traslación de la Tierra alrededor del Sol. Durante el tiempo que la Luna orbita alrededor de la Tierra, ésta también avanza en su órbita alrededor del Sol. Por esta razón el **Período orbital sidéreo** es de 27,3 días y el **Período sinódico** es de 29,5 días.

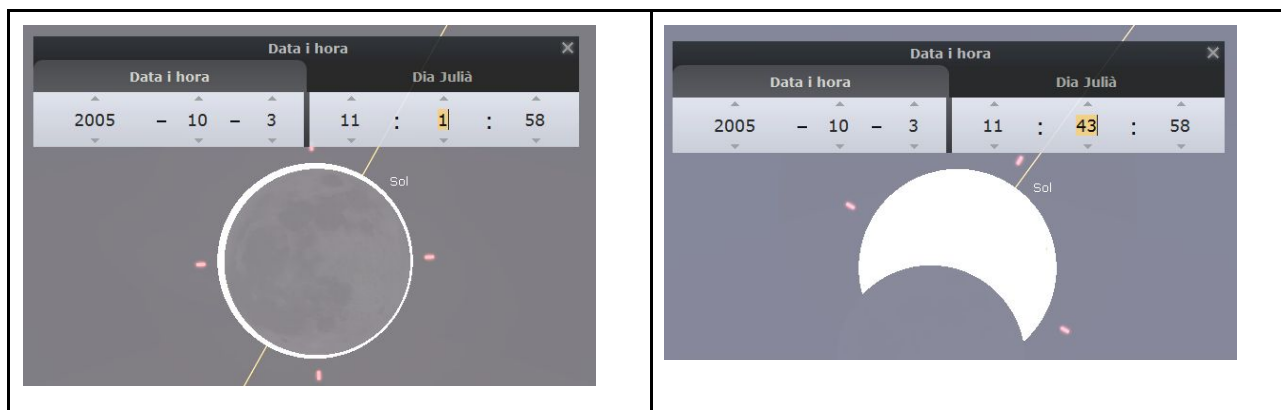
5. Ejercicio 5

Sitúate en Valencia y cambia la fecha al 3 de octubre de 2005, a las 8 de la mañana. Localiza y fija el Sol con la ventana de búsqueda. Acércate bastante y deja avanzar el tiempo. ¿Observas algo fuera de lo común? ¿Se observaría el mismo fenómeno en tu ciudad?

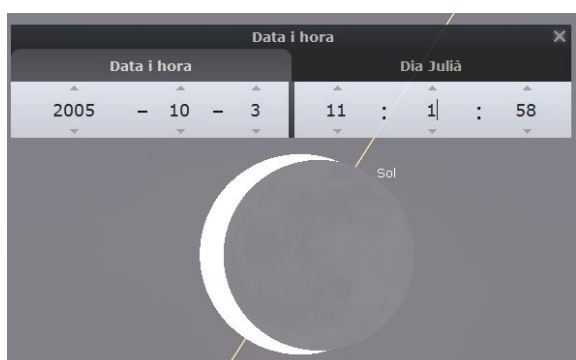
Se observa un eclipse solar empezando a las 9:42 y finalizando a las 12:28 hora local.

Tabla 9: Eclipse solar del 3 de octubre de 2005 desde Valencia





Vamos a comprobar cómo se observó el eclipse desde la ciudad de Granollers.



El eclipse pudo ser también visto desde Granollers, pero el anillo de las 11:1:58h que se pudo ver en Valencia, no ocurrió en Granollers. Además, empezó a las 9:44 y acabó a las 12:30, 2 minutos más tarde, debido a la diferencia de la latitud de los lugares: Valencia: N 39° 28' 11.10" y Granollers N 41° 36' 28.70".

Fig 9: Eclipse solar del 3 de octubre de 2005 desde Granollers

6. Ejercicio 6

Dibuja el Analema desde tu ciudad.

El Analema es la curva que describe el Sol en el cielo si durante un año tomamos su posición a la misma hora del día y desde el mismo lugar de observación.

Para ello, desde la ventana de cálculos astronómicos y la opción de Efemérides, configuramos el sistema para que siga al Sol cada día durante un año a las 14 hora local:

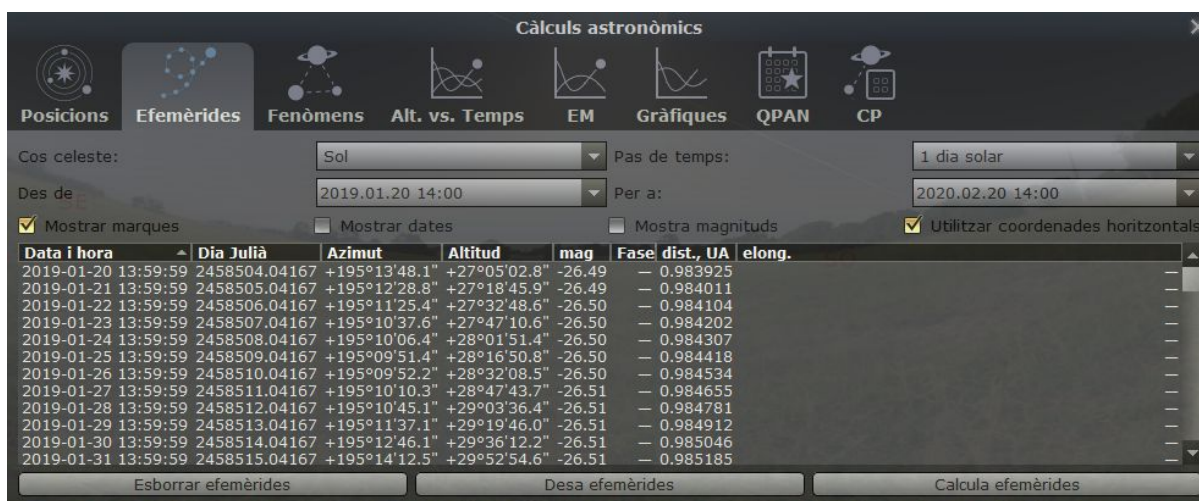


Fig 10: Cálculo del Analema



Fig 11: Analema desde Granollers

7. Ejercicio 7

Haz un estudio sistemático de la posición del Sol a lo largo de un año. Apunta las fechas entre las cuales el Sol está pasando por una determinada constelación. Para ello obtén los límites de las constelaciones (B). Al finalizar, indica si has detectado alguna cosa inesperada.

Para ver los límites de las constelaciones, escogemos la herramienta 'Opciones de visualización y del cielo' en el menú lateral izquierdo:

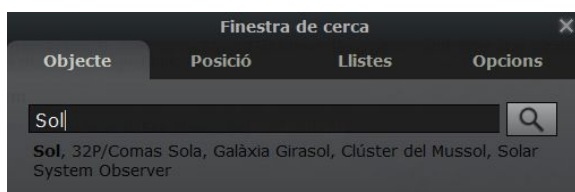
Seguidamente clicamos la pestaña de Mitología:



Y a continuación marcamos la opción de Mostrar los contornos:



Con la ventana de búsqueda fijamos el Sol:



Y pasamos a observar por qué constelaciones pasa a lo largo de un día. Escogeremos los equinoccios y solsticios como fechas límite:

Tabla 10: Constelaciones por las cuales pasa el Sol

Efeméride	Constelaciones	Días
Equinoccio de Primavera	Piscis	12 Marzo - 18 Abril
	Aries	19 Abril - 13 Mayo
	Tauro	14 Mayo - 19 Junio
Solsticio de Verano	Géminis	20 Junio - 20 Julio
	Cáncer	21 Julio - 9 Agosto
	Leo	10 Agosto - 15 Sept.
Equinoccio de Otoño	Virgo	16 Sept. - 30 Oct.

	Libra	31 Oct - 22 Nov.
	Escorpión (+ Ofiuco)	23 Nov. - 29 Nov. - 17 Dic.
Solsticio de Invierno	Sagitario	18 Dic - 18 Enero
	Capricornio	19 Enero - 15 Feb
	Aquario	16 Feb - 11 Marzo

Como hecho inesperado, cabe señalar que el 21 de marzo se esperaba que el Sol pasara por Aries, tal y como el equinoccio de primavera se define. El punto vernal o Aries es uno de los 2 puntos cuando el ecuador celeste corta el plano de la eclíptica. Su opuesto es el punto Libra. Debido a la **precesión de los equinoccios**, este punto retrocede anualmente 50.3" y se encuentra en Piscis desde 2016.

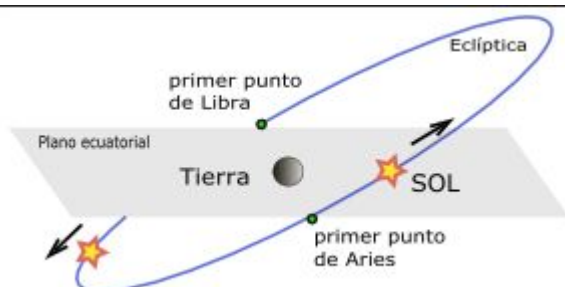


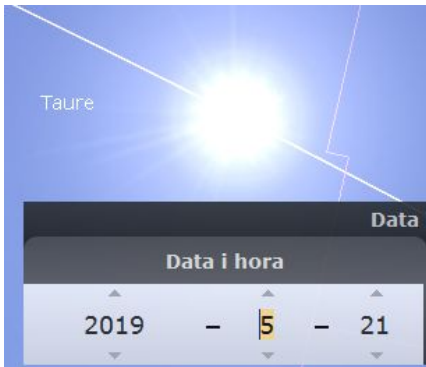

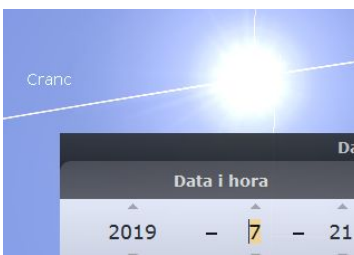
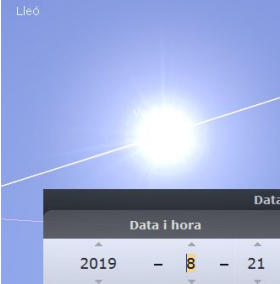
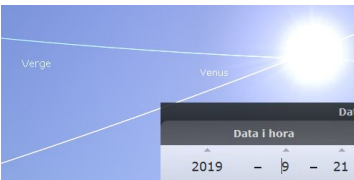
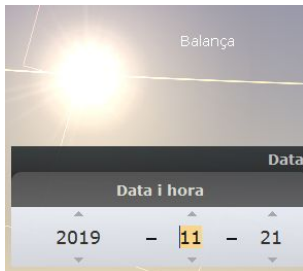
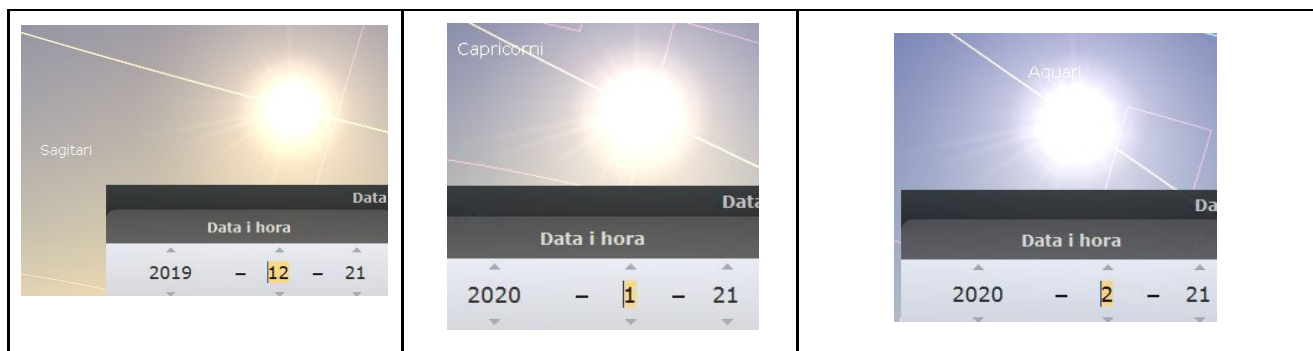


Fig 12: Punto Vernal y Libra

Tabla 11: Imágenes del Sol pasando por las diferentes constelaciones el 21 de cada mes

 <p>Peixos</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 3 - 21</p>	 <p>Aries</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 4 - 21</p>	 <p>Taure</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 5 - 21</p>
 <p>Bessons</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 6 - 21</p>	 <p>Cranc</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 7 - 21</p>	 <p>Lleó</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 8 - 21</p>
 <p>Verge</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 9 - 21</p>	 <p>Verge</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 10 - 21</p>	 <p>Balança</p> <p>Data i hora</p> <p>2019 - 11 - 21</p>



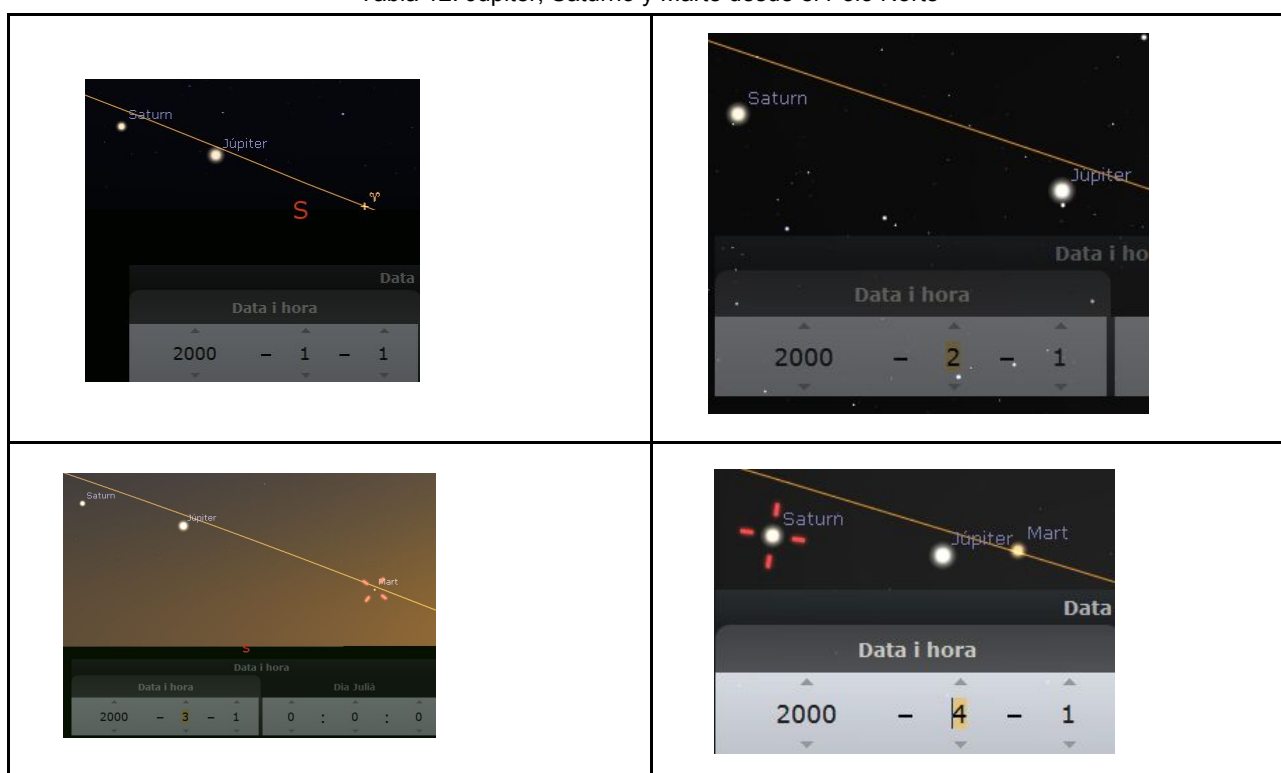
8. Ejercicio 8

Sitúate en el Polo Norte. La fecha de inicio será el 1 de enero de 2000. Estudia las posiciones de Júpiter y Saturno según avanzan los días. ¿Se parecen sus movimientos al de Marte? ¿Se diferencian del movimiento de Marte? ¿En qué?

En la siguiente tabla se observa que a 1/01/2000, Saturno y Júpiter estaban alineados según la eclíptica. En Marzo, Marte ya se puede avistar por encima del horizonte, y a partir de entonces empieza una “carrera” que Marte lidera a partir de Mayo y toma distancia rápidamente de los otros dos planetas. En diciembre Marte volverá a ocultarse por debajo del horizonte.

Este rápido movimiento de Marte se debe a dos razones: por una parte, Marte está mucho más cerca de la Tierra y por otro lado, también está más cerca del Sol, por lo que por la tercera ley de Kepler, su período orbital es más corto.

Tabla 12: Júpiter, Saturno y Marte desde el Polo Norte





9. Ejercicio 9

Pon una captura de pantalla del *Stellarium* del Polo Norte Celeste desde el Observatorio de Kitt Peak en la fecha 1000 dC. Localiza la Polar y explica su posición. ¿A cuántos grados está del Polo Norte Celeste?

El observatorio Kitt Peak de Estados Unidos tiene las siguientes coordenadas:

Latitud: N31° 57' 35.6" **Longitud:** -111° 35' 59.09" **Altitud:** 2096m

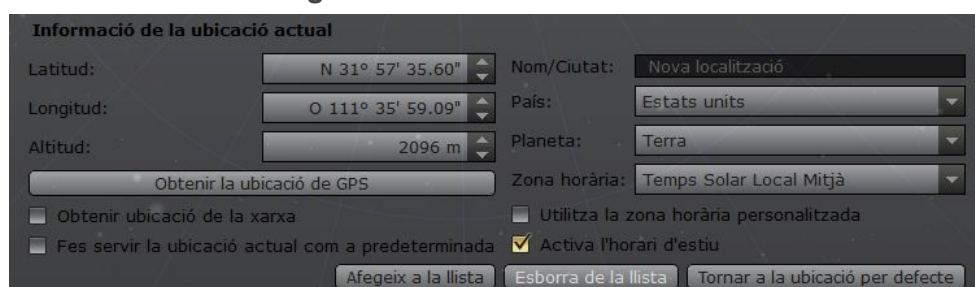


Fig 13: Configuración de la localización del observatorio Kitt Peak

A continuación, con la herramienta de cálculo de ángulos, vemos que la distancia al Polo Norte Celeste es de 6° 13' 9,99".

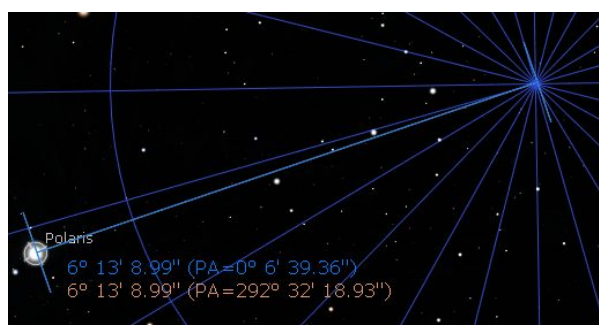


Fig 14: Distancia de la estrella Polar al Polo Norte Celeste el 1000 dC desde el Observatorio Kitt Peak

Sin embargo, la distancia actual es mucho más corta: 0° 36' 55.18"

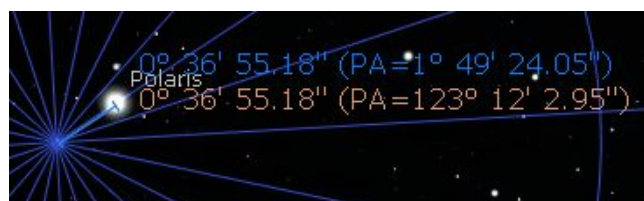
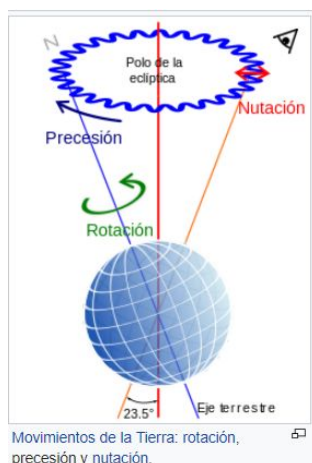


Fig 15: Distancia de la estrella Polar al Polo Norte Celeste el 1919 dC desde el Observatorio Kitt Peak



Esta diferencia de unos 5.5° se debe al movimiento de **precesión** de la Tierra, que consiste en un cambio muy lento (25776 años) de la orientación de su eje de rotación. Es similar al movimiento de una peonza y provoca cambios en las coordenadas ecuatoriales de las estrellas.

Fig 16: Movimiento de precesión de la Tierra

10. Ejercicio 10

Escoge un observatorio e indica su localización geográfica. Obtén, para cada uno de los siguientes objetos astronómicos, un rango de fechas en los que son visibles de noche. Halla para cada objeto y una fecha concreta la altura en el momento de su culminación superior.

Objetos: *M31, M51, Barnard star, Júpiter, las pléyades*

Nos situamos en el Observatorio del Roque de los Muchachos de la Palma:



Fig 17: Localización en el Observatorio del Roque de los Muchachos

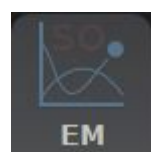
Nos situamos al Este, fijamos el objeto con la opción de búsqueda del menú de la izquierda y desde la opción de Cálculos astronómicos



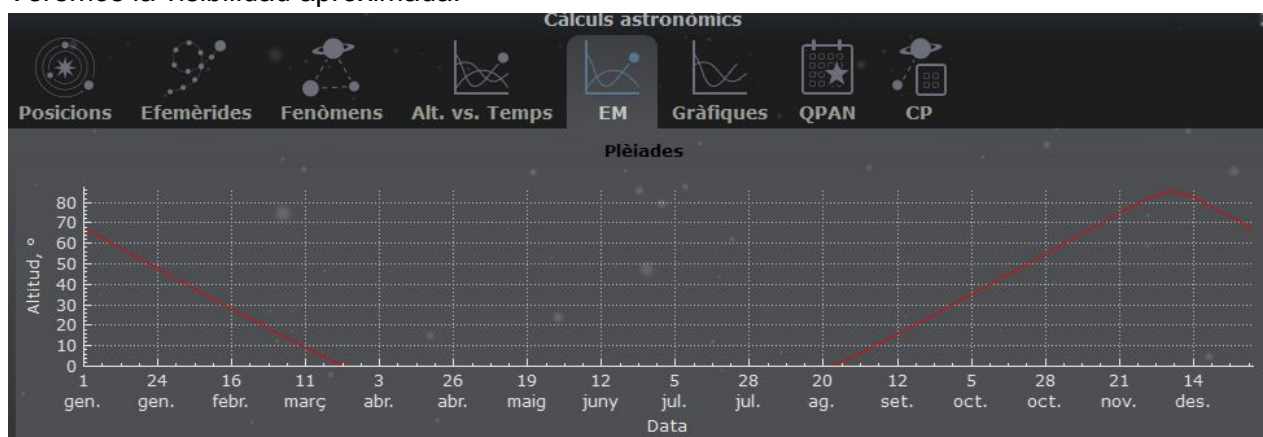
escogemos la opción:



Si a continuación escogemos la pestaña:



Veremos la visibilidad aproximada:



Nos situamos en el mes indicado y avanzamos la fecha por días hasta ver que el objeto aparece por el horizonte y la altura aparente sea mayor que 0°: ésta será la fecha de inicio de visibilidad. Al continuar avanzando anotamos el momento de mayor altura, que será su culminación. En este momento observamos la gráfica de Altura versus Tiempo para conocer la hora de la culminación:

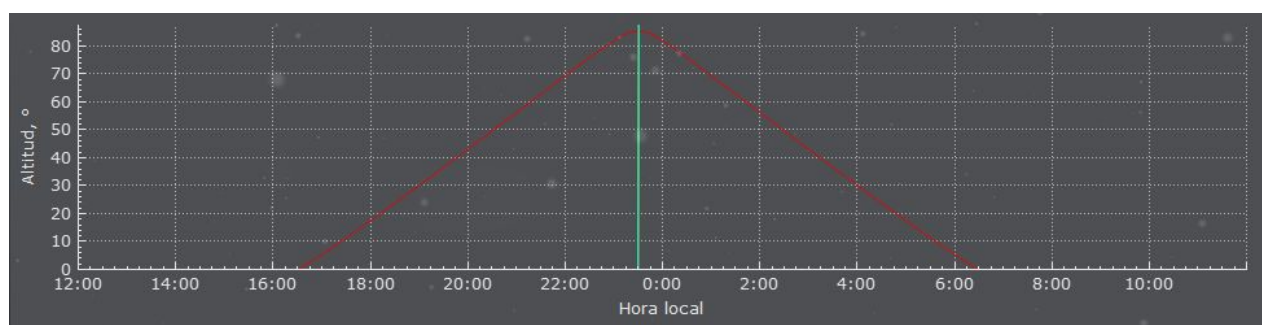


Fig 19: Hora de la culminación

Para la fecha de fin de visibilidad actuamos de la misma manera que con la de inicio hasta que la altura sea 0.

Tabla 13: Visibilidades y culminaciones

Objeto		Inicio Visibilidad	Fin Visibilidad	Culminación (hora local)	
	M31	12/08/19	11/04/20	26/11/19 21h 31m	77° 23' 47.6"
	M51	31/12/2019	29/09/2020	20/05/2020 23h 45m	71°41' 0.8"

	Barnard Star	17/05/2019	19/08/2019	19/08/19 22h 18m	65° 59' 24"
	Júpiter	24/05/2019	29/10/2019	18/08/19 21h 18m	39° 05' 05.6"
	Las Pléyades	28/09/2019	12/04/2020	13/12/2019 23h 30m	85° 24' 46.5"

CONCLUSIÓN:

Tiempo: 60 minutos

Contenido: Construcción de maquetas. Estas actividades se pueden realizar con la colaboración de las clases de Visual y Plástica y Tecnología.

- Construcción de una constelación en 3 dimensiones. Puede ser útil la interacción con la siguiente [simulación](#) (sólo en Firefox e Internet Explorer)
- Construcción de un telescopio casero.
 - Material:
 - lente convexa, lente cóncava, 2 tubos de cartón que quepan uno dentro del otro, cartón rígido, cinta adhesiva, cúter, pegamento.



➤ Instrucciones:

- <https://www.savvyhomemade.com/building-a-homemade-telescope/>



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)