

Revista
de la
Asociación
para la
Enseñanza
de la
Astronomía
(ApEA)



**Crónica
de un eclipse**

**Planisferios
para épocas remotas**

Crónica de los
XII Encuentros **ApEA**

**XXIII Congreso Estatal
de Astronomía**

Buscando **ET**

**NÚMERO 33
INVIERNO 2017**

NADIR

NADIR es una publicación de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía (ApEA)

Edición

Juan Ángel Vaquerizo
(Centro de Astrobiología, CSIC-INTA)
Antonio Arribas
Agustín Laviña
Eva Dominique
(IES La Cabrera, La Cabrera, Madrid)
Esteban Esteban
(Aula de Astronomía, Durango)

Colaboradores

Xavier Benlliure, Xavier Franch, Juan Carlos Terradillos,
Antonio Arribas, Joaquín Álvaro, Sebastián Cardenete

Depósito legal: Z-2513-98

ISSN: 1575-7528

Correspondencia **NADIR**

Juan Ángel Vaquerizo
Centro de Astrobiología (CSIC-INTA)
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
Carretera de Ajalvir, km 4
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)
e-mail: revista_nadir@apea.es

Organización ApEA

Junta directiva ApEA

Presidente:	Esteban Esteban Peñalba
Vicepresidente:	Sebastián Cardenete García
Secretario:	Carolina Clavijo Aumont
Tesorero:	Xavier Benlliure i Perales
Vocal de publicaciones:	Ricardo Moreno Luquero
Vocal página web:	Eva Dominique Ibarra
Vocal editor Nadir:	Juan Ángel Vaquerizo Gallego
Vocal representante ante FAAE:	Ángel Gómez Roldán
Vocal XIV Encuentros:	Mari Carmen Botella
Vocal:	Ascensión Pastor Rodríguez
Vocal:	Manu Arregi Biziola

Cuota Anual Socio: 35 €

Correspondencia ApEA

Esteban Esteban Peñalba
Durangoko Astronomia Ikasgela
Aula de Astronomía de Durango
Laubideta Kalea, 6
48200 Durango
Bizkaia
e-mail: presidente@apea.es

Delegado EAAE

Antonio R. Acedo del Olmo
Apartado 410
29400 Ronda (Málaga)

Imagen portada

Composición del Eclipse solar del 23/8/2017 visto desde Wyoming.
Crédito: Michael Stillwell.

Sumario

EXPERIENCIAS DE AULA

4 Buscando ET

Xavier Benlliure y Xavier Franch

7 Planisferios para épocas remotas

Juan Carlos Terradillos

ECLIPSES

15 Crónica de un eclipse

Antonio Arribas

CONGRESOS Y EVENTOS

20 XXIII Congreso Estatal de Astronomía

Joaquín Álvaro

Presidente de Astrocuencia

ENCUENTROS

21 Crónica XII Encuentros ApEA - Málaga 2017

Sebastián Cardenete

Normas de edición para colaboradores

Las colaboraciones deberán ser remitidas a través del correo electrónico revista_nadir@apea.es. El archivo de texto puede ser Word o similar. Se aconseja usar el formato de fuente Times New Roman tamaño 12. Las imágenes deben enviarse también por separado, como archivos gráficos y con la máxima resolución posible.

NADIR no se hace responsable de las opiniones expresadas en los artículos. Si no se indican, los créditos de las imágenes pertenecen a los autores de los artículos.

La distribución de **NADIR** es gratuita entre los miembros de ApEA y en intercambio con otras publicaciones de España y otros países.

Se autoriza la difusión de los contenidos de esta publicación previo permiso.

Editorial

Estimados compañeros,

Quiero empezar enviando desde aquí un saludo a todas y todos los socios de ApEA, y especialmente dando la bienvenida a quienes se han integrado últimamente en la asociación.

Comienza una nueva etapa, que debería ser ilusionante para nosotros porque a pesar de algunos malos presagios que se auguraban antes de la celebración de los últimos encuentros el pasado mes de julio en Málaga, la impresión que me ha quedado es que ApEA ha salido reforzada.

No solo porque ha aumentado el número de socios o porque ya haya planes concretos para varios encuentros después de éstos, sino porque las buenas sensaciones que nos dejaron tanto el desarrollo de las actividades como el ambiente que vivimos y creamos entre nosotros así lo sugieren.

Con todo ello debemos ser conscientes de la situación de la enseñanza de la astronomía actualmente, no lamentarnos demasiado de lo que los planes de estudio nos han limitado, y aprovechar las posibilidades que quedan, que son muchas. Porque ApEA surgió hace ya más de 22 años a partir del entusiasmo de unas cuantas personas que les apasionaba la astronomía y que vieron la posibilidad de utilizarla de una manera importante como recurso en sus clases o su trabajo en centros de divulgación y de ciencia, y de hecho muchas de ellas ya lo hacían antes de fundarse nuestra asociación.

Estamos en un momento importante para darle empuje desde diversas perspectivas y os invito a cada uno de vosotros y vosotras a aportar todo lo que consideréis adecuado. Se está trabajando en la renovación total de la web en la que probablemente podremos acceder y colaborar todos de una manera más directa, debemos intentar que esta revista continúe su andadura de una manera firme, las publicaciones seguirán, sin duda, en su buena línea, seguiremos teniendo la oportunidad de vernos antes de los encuentros de Úbeda 2019 en observaciones y otros eventos, y están surgiendo ya nuevas ideas y propuestas que se adecúen a los tiempos actuales tanto en aspectos didácticos como tecnológicos.

De todos depende que las buenas sensaciones con que marchamos de Málaga continúen.

Esteban Esteban

Presidente de la ApEA

Buscando ET

Exoplanetas en el aula

Xavier Benlliure y Xavier Franch - Institut Maria Rúbies (Lleida)

El presente escrito se gestó a partir de los resultados de un trabajo de investigación efectuado por Àlex Doblas y Ricard Fortuño, alumnos de bachillerato del Institut Maria Rúbies de Lleida. Recibió una mención especial en los premios Argó de la Universitat Autònoma de Barcelona. A posteriori, los tutores del trabajo, Xavier Franch y Xavier Benlliure, ampliaron y adaptaron a las aulas el resultado del mismo.

El trabajo se tituló "Cercant E.T." (Buscando E.T. -de Exoplanet Transit, tránsito planetario-). En él se pretendía comprobar si era posible observar un tránsito planetario desde un cielo urbano con una alta contaminación lumínica. Se confirmó el tránsito del exoplaneta WASP-52b, alrededor de su estrella anfitriona (WASP-52), de magnitud 12 y situada en la constelación de Pegaso, mediante una sutil caída del valor de la magnitud de 0,03, desde el observatorio astronómico del Institut Maria Rúbies de Lleida.

Los datos de fotometría obtenidos se pueden descargar de la web Exoplanet Transit Database (<http://var2.astro.cz/tresca/transit-detail.php?id=1450201220>) en el enlace "submitted data".

Para realizar los cálculos necesarios en este documento debemos asumir una serie de aproximaciones como ciertas:

- La órbita del exoplaneta es circular.
- La masa del planeta es despreciable respecto a la de la estrella anfitriona.
- La relación masa/radio para la estrella anfitriona es conocida.
- La luz estudiada proviene de una única estrella.

Asumiéndolas, estaremos en condiciones de calcular el radio del exoplaneta así como el radio de su órbita, y deducir finalmente si se encuentra en zona de habitabilidad.

Procedimiento

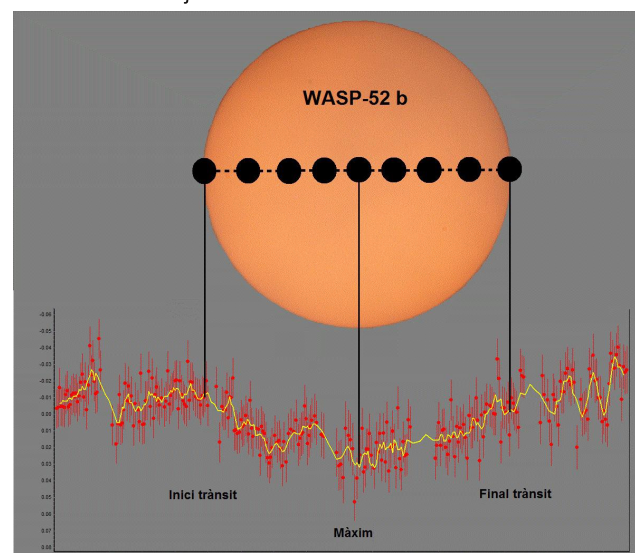
Descargamos los datos de un tránsito en formato *.txt y los abrimos en una hoja de cálculo, como *.xls por ejemplo, para evitar teclearlos a mano.

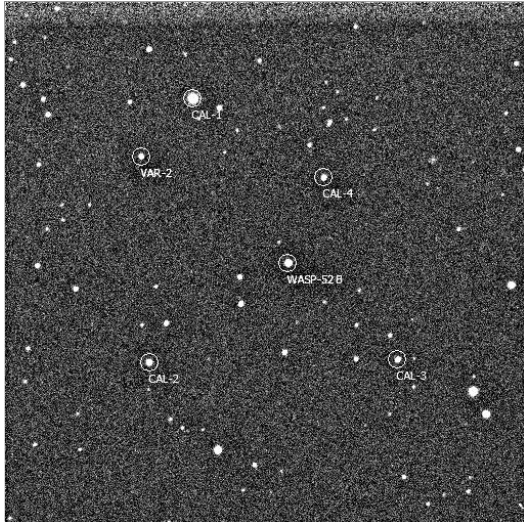
Creamos una columna resta entre el tiempo juliano y el inicio del tránsito de manera que nos indique el avance de este. Representamos en un gráfico el flujo luminoso frente al tiempo



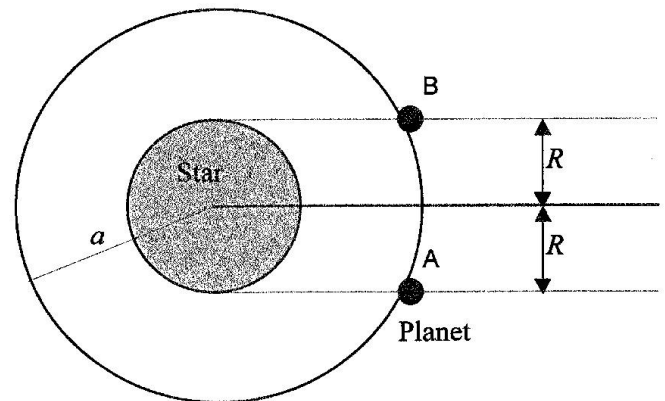
Ricard Fortuño y Àlex Doblas, alumnos autores del trabajo.

Portada del trabajo "Buscando E.T."





Campo de visión mostrando la estrella anfitriona y otras vecinas con las cuales se calibra la fotometría.



El tránsito corresponde al paso desde A hasta B por delante de la estrella, visto desde la derecha y asumiendo una órbita circular.

transcurrido de tránsito, y en el gráfico seleccionamos el punto que nos parece inicio, fin y máximo del tránsito, buscamos el valor de flujo que les corresponden y calculamos la bajada de flujo luminoso (ΔF).

a) Radio planetario

Los programas informáticos de fotometría suelen trabajar en flujo luminoso $\left(\frac{\text{energía}}{\text{tiempo} \cdot \text{área}}\right)$ y no en luminosidad $\left(\frac{\text{energía}}{\text{tiempo}}\right)$, por lo que la caída de flujo resulta proporcional a la fracción eclipsada de la estrella, al cuadrado. Así pues, conociendo el valor de ΔF se puede calcular el radio del planeta sabiendo el radio de la estrella (de las tablas):

$$\Delta F = \left(\frac{R_{\text{planeta}}}{R_{\text{estrella}}}\right)^2 \Rightarrow R_{\text{planeta}} = \sqrt{\Delta F} \cdot R_{\text{estrella}}$$

b) Radio orbital

En este punto, necesitamos el período de rotación (T) del exoplaneta, en días, magnitud que podemos buscar en las tablas. Además también debemos conocer el radio de la estrella anfitriona, en radios solares, así como la duración del tránsito (τ) en minutos. De este modo se calcula el radio de la órbita (a), en radios solares :

$$T = \frac{\tau \cdot \pi \cdot a}{R_{\text{estrella}}} \Rightarrow a = \frac{T \cdot R_{\text{estrella}}}{\tau \cdot \pi}$$

c) Velocidad planetaria

Conociendo el período orbital (T) y el radio de la órbita (a) podemos saber la velocidad media del exoplaneta:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{T}$$

Transformar el período orbital en segundos y el radio orbital en metros, con ellos y la constante de gravitación universal (G) podemos conocer la masa de la estrella anfitriona:

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{G \cdot M_{\text{estrella}}}} a^{3/2} \Rightarrow M_{\text{estrella}} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot a^3}{T^2 \cdot G}$$

d) Zona habitable

Después de haber determinado los parámetros orbitales del exoplaneta y de la estrella anfitriona, el colofón se puede poner averiguando si el exoplaneta se encuentra en zona habitable o no.

Para ello se debe determinar la zona habitable continua (ZHC) de la estrella la cual está centrada en (d_{AU}):

$$d_{AU} = \sqrt{\frac{L_{\text{estrella}}}{L_{\text{Sol}}}}$$

Donde L son las luminosidades respectivas de la estrella anfitriona y del Sol. Así pues, d_{AU} marca la centralidad de la zona habitable, con un radio

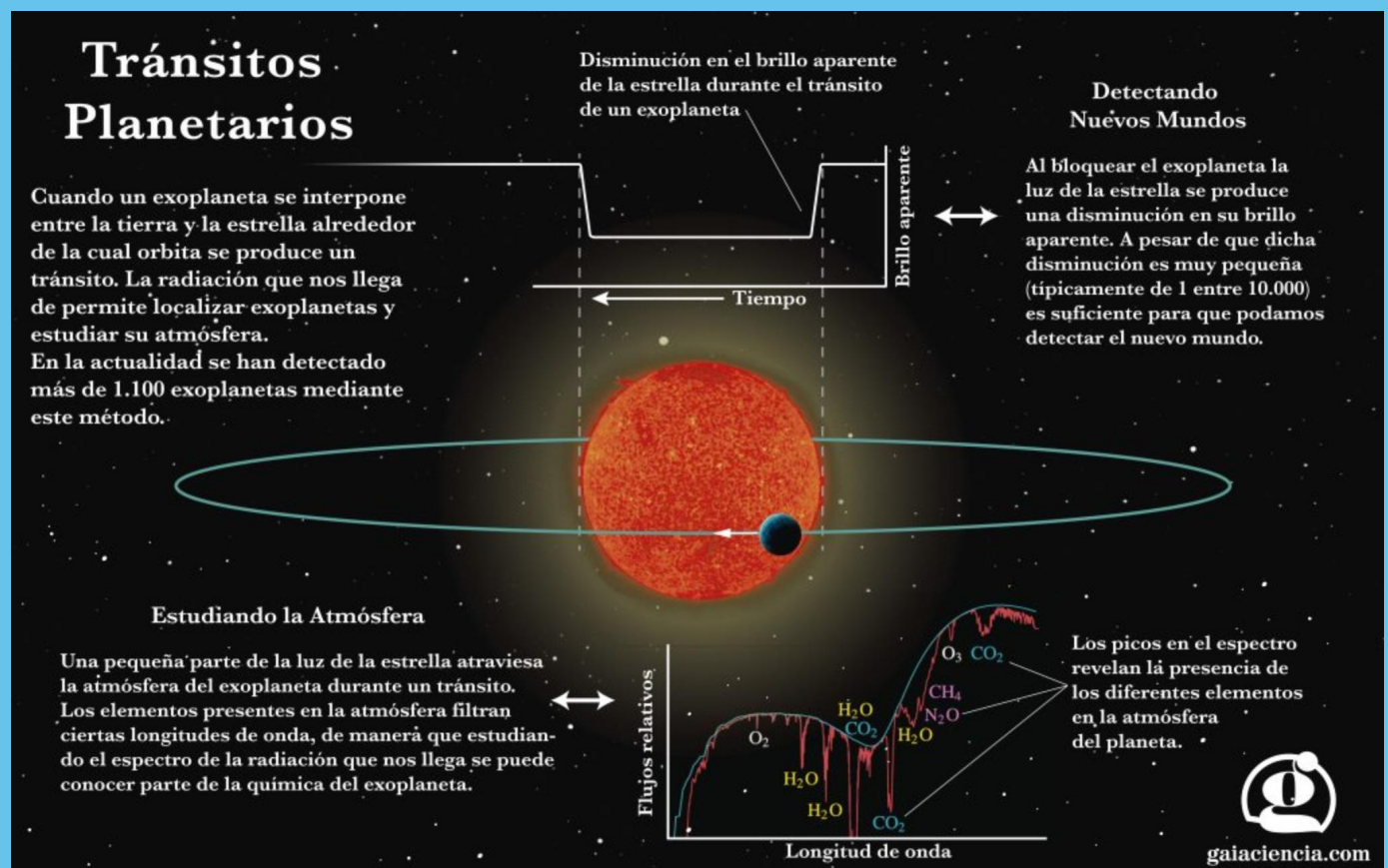
interno (ZH*Ci*) y otro externo (ZH*Co*) a 95 y 137%, respectivamente, respecto a d_{AU} , que delimitan el anillo de ZHC.

La ZHC corresponde a la distancia a la cual el agua permanece en estado líquido en la superficie del planeta durante 4.000 millones de años. Esta zona se desplazará paulatinamente hacia el exterior a

medida que la estrella anfitriona recorra la secuencia principal y envejezca.

Nota aclaratoria final

Este procedimiento es aplicable a cualquier otro exoplaneta, solo se necesita poseer los datos de fotometría correspondientes al mismo.



Planisferios para épocas remotas

Juan Carlos Terradillos

Durante los últimos Encuentros para la Enseñanza de la Astronomía, celebrados a primeros de julio de 2017 por la ApEA en la ciudad de Málaga, presenté un par de planisferios celestes elaborados por mí, con la intención de recrear el cielo que se veía para dos fechas remotas en el tiempo (3700 AC y 10.000 AC, respectivamente) por dos hipotéticos observadores, situados en dos importantísimos monumentos prehistóricos de la provincia, como son el Dolmen de Menga (Antequera) y la Cueva de la Pileta (Benaolán).

Las fechas fueron elegidas por corresponder al momento de su construcción, en el caso del Dolmen; y al final del Paleolítico Superior, en el de la cueva. En el primero de los plansferios, las estrellas están solo corregidas por precesión; mientras que en el segundo, al ser el lapso temporal significativamente mayor, ha sido necesario realizar primero una corrección de la posición de las estrellas por movimiento propio, para después corregirlas de la precesión de los equinoccios. Respecto a la elección de los monumentos, hay que decir que quería responder a la pregunta ¿qué cielo veía un hombre del Neolítico en la entrada del Dolmen al mirar a la Peña de los Enamorados, con la que estaba intencionadamente alineado su eje axial?, ¿y un pintor del paleolítico al

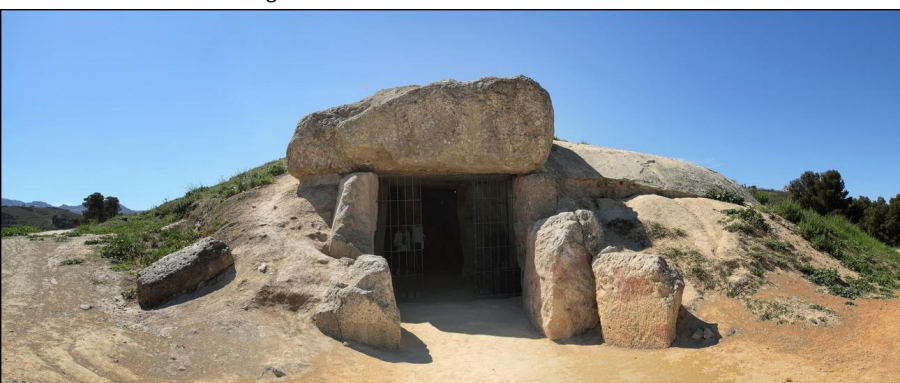
salir del interior de la cueva, después de haber decorado sus paredes con animales, signos y peces?

Planisferio para la Cueva de la Pileta

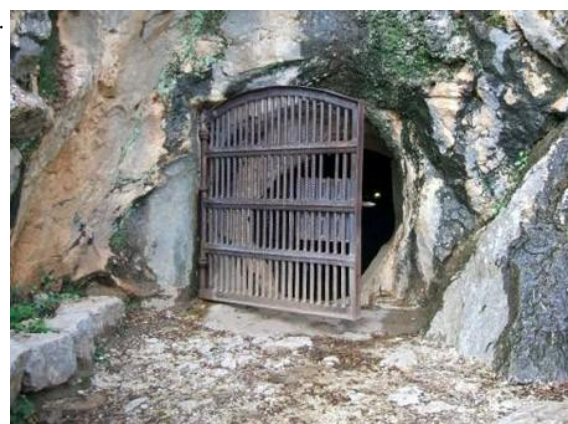
Los pasos para construir el planisferio para la cueva de la Pileta son:

- 1º Hacer un fichero con todos los datos necesarios de las estrellas pertenecientes a las principales constelaciones visibles hoy en día en el hemisferio norte y de otras no visibles hoy, pero sí hace 12.000 años. En mi caso esto supuso sacar 554 estrellas de la Wikipedia, para la época J2000 (marco de referencia temporal correspondiente al 1 de enero del año 2000).
- 2º Calcular las nuevas coordenadas ecuatoriales de las estrellas J2000 del fichero, una vez corregidas de su movimiento propio (α_0 y δ_0).
- 3º Posteriormente, realizar las correcciones de precesión, tanto de la ascensión recta (α_0) como de la declinación (δ_0) anteriormente halladas.
- 4º Hallar el Polo Norte Celeste y el punto Aries para la época de destino.
- 5º Representar en un plano de papel milimetrado las estrellas correspondientes a cada

Dolmen de Menga. Crédito: José A. Dionisio Fortes.



Cueva de la Pileta.



constelación, ya corregidas de movimiento propio y precesión, utilizando como proyección cartográfica la acimutal equidistante polar.

6º Dibujar sobre el plano anterior los paralelos y meridianos celestes correspondientes, en la nueva época, a las coordenadas de declinación (δ) y ascensión recta (α) de las estrellas.

7º Diseñar el soporte en papel pluma del planisferio con los meses del año, los días, los ángulos horarios y los nombres de las constelaciones zodiacales.

8º Diseñar y recortar la ventana móvil del planisferio para la latitud del lugar.

Corrección por movimiento propio de las estrellas

Pretendemos hallar las coordenadas ecuatoriales que tenían las estrellas, según su movimiento propio, hace 12.000 años. Los pasos a seguir son:

1º Hallar las coordenadas cartesianas (X_o , Y_o , Z_o) de la estrella a partir de sus coordenadas ecuatoriales actuales (J2000), conocida su distancia en parsecs. Si no se conoce, nos la da la inversa de la paralaje.

2º Calcular las velocidades transversales en ascensión recta (V_{α}) y en declinación (V_{δ}), a partir del movimiento propio respectivo de la estrella $\mu\alpha$ y $\mu\delta$. Además, debemos conocer la velocidad radial de la estrella, si es positiva, la estrella se aleja de nosotros; y si es negativa, se acerca.

3º Hallar el módulo de las componentes del vector velocidad en los tres ejes cartesianos del espacio (V_x , V_y , V_z), expresadas en parsecs/año.

4º Hallar las nuevas posiciones (X_t , Y_t , Z_t), para un tiempo $t = -12.000$ años.

5º Hallar las nuevas coordenadas ecuatoriales α_o y δ_o , pero todavía en el marco de referencia J2000.

Como ejemplo, vamos a hallar las coordenadas ecuatoriales α_o y δ_o de la estrella β de la constelación de Leo (Denébola).

Datos de la estrella Denébola

Ascensión recta, $\alpha = 11^h 49^m 4^s = 177^{\circ},266666$

Declinación, $\delta = 14^{\circ} 34' 19'' = 14^{\circ},571944$

Velocidad radial, $V_r = -0,2$ km/s

Paralaje, $\pi = 0,09091''$

Movimiento en a.r., $\mu\alpha = -0,49768''/\text{año}$

Movimiento en dec. $\mu\delta = -0,11467''/\text{año}$

Distancia a la estrella $d = 11\text{pc}$

Cálculos a realizar

1º Hallamos las coordenadas cartesianas X_o , Y_o , Z_o , expresadas en parsecs (3,26 años luz). El eje positivo de las X apunta al Punto Vernal ($\alpha = 0^h$), el eje positivo de las Y al punto $\alpha = 6^h$; y el eje positivo de las Z, al Polo Celeste:

$$X_o = d \cdot \cos \delta_o \cdot \cos \alpha_o = -10,6340452 \text{ pc}$$

$$Y_o = d \cdot \cos \delta_o \cdot \sin \alpha_o = 0,5076895 \text{ pc}$$

$$Z_o = d \cdot \sin \delta_o = 2,7675501 \text{ pc}$$

2º Hallamos las velocidades transversales en ascensión recta y declinación:

$$V_{\alpha} = d \cdot \mu\alpha \cdot 4,74 = -25,9490352 \text{ km/s}$$

$$V_{\delta} = d \cdot \mu\delta \cdot 4,74 = -5,9788938 \text{ km/s}$$

El factor 4,74 es para expresar las velocidades en km/s.

3º Hallamos las componentes de la velocidad en cada uno de los ejes cartesianos. Para lograrlo vamos a utilizar las expresiones:

$$V_x = (V_r \cos \delta \cos \alpha) - (V_{\alpha} \sin \alpha) - (V_{\delta} \sin \delta \cos \alpha)$$

$$V_y = (V_R \cos \delta \sin \alpha) + (V_{TA} \cos \alpha) - (V_{TD} \sin \delta \sin \alpha)$$

$$V_z = V_R \sin \delta + V_{TD} \cos \delta$$

$$\text{Con } V_{TA} = V_{t\alpha}; V_{TD} = V_{t\delta} \text{ y } V_R = V_r$$

Los valores obtenidos son:

$$V_x = -0,0717581 \text{ km/s}$$

$$V_y = 25,9820169 \text{ km/s}$$

$$V_z = -5,836886 \text{ km/s}$$

4º Hallamos las nuevas posiciones X_t , Y_t , Z_t , para el tiempo $t = -12.000$ años. Para hacerlo, primero tenemos que pasar cada una de las velocidades anteriores de km/s a pc/s, dividiendo por 977.780:

$$V_x = -7,3389 \cdot 10^{-8} \text{ pc/s}$$

$$V_y = 2,65725 \cdot 10^{-5} \text{ pc/s}$$

$$V_z = -5,96953 \cdot 10^{-6} \text{ pc/s}$$

Si suponemos constante la velocidad en cada de sus componentes para un largo periodo de tiempo, tenemos que el espacio recorrido en un tiempo t es:

$$X_t = X_o + V_x \cdot t = -10,6331645 \text{ pc}$$

$$Y_t = Y_o + V_y \cdot t = 0,18882005 \text{ pc}$$

$$Z_t = Z_o + V_z \cdot t = 2,83918453 \text{ pc}$$

Conocidas estas componentes, podemos hallar la nueva distancia a la estrella:

$$d_t = (X_t^2 + Y_t^2 + Z_t^2)^{1/2} = 11,00730711 \text{ pc}$$

y también la distancia en el plano XY:

$$d_{XY} = (X_t^2 + Y_t^2)^{1/2} = 10,6348409 \text{ pc}$$

5º Hallamos las nuevas coordenadas ecuatoriales α_t y δ_t :

$$\delta_t = \arctan(Z_t/d_{XY}) = 14,94764713 = 14^\circ 56' 51,5''$$

(esto es δ_o)

$$\alpha_t = \arccos(X_t/d_{XY}) = 178,982668 = 11h 55m 55,8 s$$

(esto es α_o)

Las nuevas coordenadas, ya corregidas de movimiento propio, pero todavía en el marco de referencia J2000, correspondientes a otras estrellas de Leo, se hallan de forma similar al ejemplo y son:

Régulus (α de Leo)

$$\alpha = 152^\circ,091666$$

$$\delta = 11^\circ,967222$$

corregidas

$$\alpha = 152^\circ,9415238$$

$$\delta = 11^\circ,94725798$$

Algieba (γ de Leo)

$$\alpha = 154^\circ,991666$$

$$\delta = 19^\circ,841666$$

corregidas

$$\alpha = 153^\circ,9219937$$

$$\delta = 20^\circ,34695028$$

Duhr (δ de Leo)

$$\alpha = 168^\circ,525$$

$$\delta = 20^\circ,523611$$

corregidas

$$\alpha = 168^\circ,0201505$$

$$\delta = 20^\circ,94984587$$

Corrección por precesión de las coordenadas ecuatoriales (δ_o y α_o) de las estrellas

Lo primero que debemos tener en cuenta es el

número de siglos julianos transcurridos desde la fecha origen (J2000) hasta la fecha de destino (año 10.000 AC), es decir, han transcurrido 120 siglos, entonces $T = -120$ siglos.

Una vez tenemos este dato temporal podemos hallar los ángulos auxiliares de precesión para la fecha (ζ , Z , θ) haciendo uso de las siguientes expresiones matemáticas:

$\zeta = 2306'', 2181 T + 0'', 30188 T^2 + 0'', 017998 T^3$, en este caso $\zeta = -84'', 305456$

$Z = 2306'', 2181 T + 1'', 09468 T^2 + 0'', 018203 T^3$, en este caso $Z = -81'', 232656$

$\theta = 2004'', 3109 T - 0'', 42665 T^2 - 0'', 041833 T^3$, en este caso $\theta = -48'', 437123$

La transformación de las coordenadas ecuatoriales (α_o , δ_o) de las estrellas desde la fecha origen, en nuestro caso las que hemos obtenido anteriormente con la corrección por movimiento propio, hasta la fecha de destino (α , δ), se realiza mediante las siguientes funciones matemáticas:

La declinación (δ)

$$\sin \delta = \cos (\alpha_o + \zeta) \sin \theta \cos \delta_o + \cos \theta \sin \delta_o \quad (1)$$

La ascensión recta (α) se determina, en el cuadrante adecuado, según los signos del seno y el coseno del ángulo ($\alpha - z$), a partir de:

$$\sin (\alpha - z) = \sin (\alpha_o + \zeta) \cos \delta_o / \cos \delta \quad (2)$$

$$\cos (\alpha - z) = [\cos (\alpha_o + \zeta) \cos \theta \cos \delta_o - \sin \theta \sin \delta_o] / \cos \delta \quad (3)$$

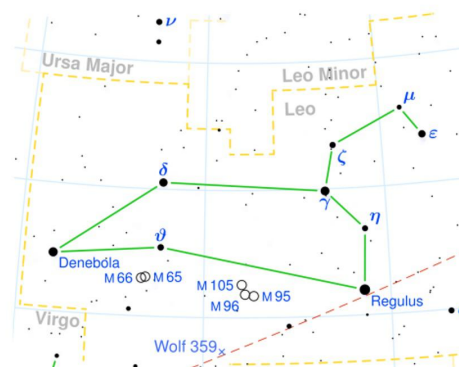
Todos los ángulos están expresados en grados sexagesimales. Para ilustrar mejor el proceso, vamos a usar como ejemplo la constelación de Leo. La composición de movimientos que se han de realizar con cada una de las estrellas es la siguiente:

- 1) coordenadas ecuatoriales J2000
- 2) corrección de movimiento propio

3) coordenadas ecuatoriales en origen (α_o , δ_o)

4) corrección por precesión

5) coordenadas ecuatoriales de destino (α , δ)



Coordenadas ecuatoriales (α_o , δ_o) de las estrellas:

Régulo (α)

$$\alpha_o = 10^h 11^m 46^s = 152^\circ, 9415238$$

$$\delta_o = 11^\circ 56' 50,1'' = 11^\circ, 947258$$

Denébola (β)

$$\alpha_o = 11^h 55^m 55,8^s = 178^\circ, 9826683$$

$$\delta_o = 14^\circ 56' 51,5'' = 14^\circ, 94764713$$

Algieba (γ)

$$\alpha_o = 10^h 15^m 41,2^s = 153^\circ, 9219937$$

$$\delta_o = 20^\circ 20' 49'' = 20^\circ, 34695028$$

Durh (δ)

$$\alpha_o = 11^h 12^m 4,8^s = 168^\circ, 0201505$$

$$\delta_o = 20^\circ 56' 59,4'' = 20^\circ, 94984587$$

Una vez realizadas las sustituciones correspondientes en las anteriores expresiones obtenemos las nuevas coordenadas ecuatoriales (α , δ) de las mismas estrellas, pero corregidas ya de precesión. Las coordenadas ecuatoriales (α , δ) de las estrellas corregidas ya de precesión son:

Régulo (α), $\alpha = 345^{\circ},522805$, $\delta = -7^{\circ},43078149$

Denébola (β), $\alpha = 0^{\circ},45283852$, $\delta = 13^{\circ},30138454$

Algieba (γ), $\alpha = 340^{\circ},286432$, $\delta = -0^{\circ},783072719$

Durh (δ), $\alpha = 348^{\circ},904005$, $\delta = 9^{\circ},2483122$

Hallamos el Polo Norte Celeste y el Punto Aries

Antes de hallar las coordenadas ecuatoriales del Polo Norte Celeste y del punto Aries para la época de destino, hay que señalar que las coordenadas ecuatoriales del Polo Norte de la Eclíptica son $\alpha = 18h$ como ascensión recta y $\delta = (90^{\circ}-\epsilon)$ para la declinación. Las coordenadas eclípticas del Polo Norte Celeste son $\lambda = 90^{\circ}$ de longitud y $b = (90^{\circ}-\epsilon)$, donde ϵ representa la inclinación de la Eclíptica. Según esto, las coordenadas ecuatoriales del Polo Norte Celeste son $\alpha = 6h$ (la misma que la latitud λ) y $\delta = 90^{\circ}$ (por ser perpendicular al Ecuador Celeste).

El objetivo es saber qué punto del cielo actual con coordenadas ecuatoriales (α_o , δ_o), era el Polo Norte Celeste en el año 10.000 AC y tenía unas coordenadas $\alpha = 6h$ y $\delta = 90^{\circ}$.

Para hallar la ascensión recta (α_o) haremos uso de la expresión (2)

$$\sin(\alpha - z) = \sin(\alpha_o + \zeta) \cos \delta_o / \cos \delta$$

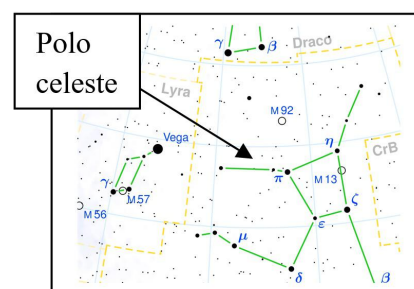
Como el $\cos \delta = 0$, entonces el segundo miembro de la igualdad $\sin(\alpha_o + \zeta) \cos \delta_o = 0$. Esto solo puede ser si $\sin(\alpha_o + \zeta) = 0$ o si $\cos \delta_o = 0$, que correspondería a un ángulo de 90° y que nos lleva a nuestra estrella Polar y por tanto la descartamos. Por consiguiente, $\sin(\alpha_o + \zeta) = 0$ y esto solo ocurre si $(\alpha_o + \zeta)$ es igual a 0° o 180° . Salimos de la duda haciendo uso de la expresión (3), la cual nos muestra que el valor 0° nos llevaría a un valor negativo de la declinación δ_o , correspondiente al hemisferio sur, lo que no es el caso. El valor de $(\alpha_o + \zeta) = 180^{\circ}$ nos lleva, sustituyendo ζ , a $\alpha_o = 264^{\circ},305458$ que corresponde a una ascensión recta $\alpha_o = 17h 37m 13,31s$.

Para hallar la declinación δ_o se usa la ecuación (3)

$$\cos(\alpha - z) = [\cos(\alpha_o + \zeta) \cos \theta \cos \delta_o - \sin \theta \sin \delta_o] / \cos \delta$$

como $\cos \delta = 0$, entonces $\cos(\alpha_o + \zeta) = \tan \theta \tan \delta_o$. Sustituyendo los valores obtenemos el valor de la declinación $\delta_o = 41^{\circ},562877$.

Estas coordenadas ecuatoriales celestes permiten colocar el Polo Norte Celeste en el 12.000 AC en un punto situado cerca de la estrella ρ de la constelación de Hércules.



Nos falta encontrar el punto Aries para aquella época ($t = -12.000$). Hay que decir que las coordenadas ecuatoriales del punto Aries Υ , por definición, son $\alpha = 0h$ y $\delta = 0^{\circ}$. En este caso hay que hallar qué punto del cielo en la actualidad (α_o , δ_o) tenía entonces esas coordenadas ecuatoriales.

Para calcular la declinación δ_o hacemos uso de la expresión (1)

$$\sin \delta = \cos(\alpha_o + \zeta) \sin \theta \cos \delta_o + \cos \theta \sin \delta_o$$

Como $\sin \delta = 0$, entonces $\cos(\alpha_o + \zeta) = -\cos \theta \sin \delta_o / \sin \theta \cos \delta_o$. Sustituyendo esta ecuación en $\cos(\alpha - z) = [\cos(\alpha_o + \zeta) \cos \theta \cos \delta_o - \sin \theta \sin \delta_o] / \cos \delta$ y teniendo en cuenta que $\cos \delta = 1$ y $\alpha = 0$, llegamos a $\cos -z = -\sin \delta_o / \sin \theta$. Sustituyendo en esta expresión obtenemos el valor de la declinación $\delta_o = 6^{\circ},54865$, resultado esperado porque el punto Aries Υ siempre tiene que estar sobre el plano de la Eclíptica.

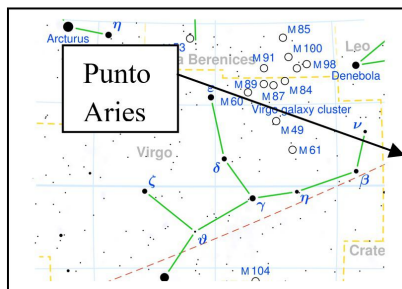
Para hallar la ascensión recta α_o nos servimos de la expresión (2)

$$\sin(\alpha - z) = \sin(\alpha_o + \zeta) \cos \delta_o / \cos \delta$$

Como conocemos δ_o y $\cos \delta = 1$, además de $\alpha = 0$

llegamos a la expresión $\sin(\alpha_o + \zeta) = \sin -z / \cos \delta_o$ y sustituyendo valores da $\alpha_o = 11h 13m 51,2s$.

Estas coordenadas ecuatoriales nos llevan a situar el punto Aries γ en la Eclíptica, un poco a la derecha de la estrella β de Virgo.



Representación cartográfica en el plano

Para la representación cartográfica vamos a utilizar una proyección acimutal equidistante polar. Para hallar las coordenadas cartesianas de las estrellas vamos a utilizar las siguientes expresiones para cada una de las coordenadas X, Y, que corresponderán a un punto en el plano.

$$X = R (\pi/2 - \delta) \sin(\alpha - \alpha_o) \quad (4)$$

$$Y = R (\pi/2 - \delta) \cos(\alpha - \alpha_o) \quad (5)$$

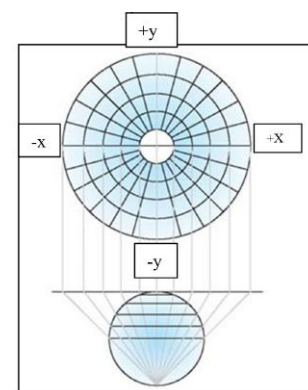
R es el radio de la esfera imaginaria sobre la que se realiza la proyección y que en nuestro caso es el mismo que el del planisferio convencional. Para hallar su valor haremos uso de la expresión:

$$\rho = R (\pi/2 - \delta) \quad (6)$$

donde ρ es la longitud del radio polar sobre nuestro plano, para una declinación concreta (δ). Al segundo miembro de la igualdad se le llama escala de la proyección, siendo $(\pi/2 - \delta)$ la distancia angular a la polar, que va expresada en radianes. Sobre el planisferio comercial medimos la longitud que hay desde el Polo Norte Celeste hasta el punto Aries que tiene una declinación $\delta = 0^\circ$ y vemos que $\rho = 10,8$ cm. Llevando este valor a la ecuación (6) y despejando R nos queda:

$$R = \rho/(\pi/2) = 6,8755 \text{ cm}$$

El eje de las X cae encima del meridiano correspondiente al punto Aries γ ($\alpha = 0h$), y el de las Y, creciente hacia el Norte, sobre el correspondiente al Polo Norte Celeste ($\alpha_o = 6h$ o 90°) ya que es la longitud de nuestro punto central de proyección. Es decir, nuestro centro de proyección tiene de coordenadas $\delta_o = 90^\circ$ y $\alpha_o = 90^\circ$. El paréntesis $(\alpha - \alpha_o)$ de las expresiones (4) y (5) representa la diferencia, expresada en grados, entre la ascensión recta (α) de la estrella ya corregida de precesión y la ascensión recta (α_o) de nuestro Polo Norte Celeste que, como se dijo anteriormente, corresponde a un ángulo de -90° , o 270° en el plano cartesiano. Al estar trabajando en el plano cartesiano (donde los ángulos son positivos y crecientes en sentido antihorario) el ángulo correspondiente, en cada estrella, a α será igual a $(360^\circ - \alpha)$ y el de α_o será siempre 270° .



Concluyendo, en esta proyección hay un centro de proyección (Polo Norte Celeste) y un meridiano de referencia (asimilable a nuestro meridiano de Greenwich en las representaciones terrestres) que corresponde al del punto Aries (γ). Como ejemplo de aplicación vamos a hallar las coordenadas cartesianas X, Y, correspondientes a las estrellas Régulo (Leo), Deneb (Cisne), Altair (Águila) y Spica (Virgo). Las coordenadas ecuatoriales, ya corregidas de movimiento propio y precesión son:

Régulo

$$\alpha = 345^\circ,522805, (360^\circ - \alpha) = 14^\circ,477195$$

$$\delta = -7^\circ,430781 = -0,1296916 \text{ rad}$$

Deneb

$$\alpha = 211^{\circ},044921, (360^{\circ} - \alpha) = 148^{\circ},95507$$

$$\delta = 56^{\circ},807969 = 0,9914861 \text{ rad}$$

Altair

$$\alpha = 147^{\circ},322587, (360^{\circ} - \alpha) = 212^{\circ},67741$$

$$\delta = 46^{\circ},001631 = 0,8028799 \text{ rad}$$

Spica

$$\alpha = 35^{\circ},533511, (360^{\circ} - \alpha) = 324^{\circ},46649$$

$$\delta = 11^{\circ},987442 = 0,2092203 \text{ rad}$$

Haciendo uso de las ecuaciones (4) y (5), obtenemos las coordenadas X, Y. Vamos a desarrollar con más detalle las correspondientes a Régulo:

$$X = R (\pi/2 - \delta) \sin(\alpha - \alpha_0)$$

$$X = 6,8755 (\pi/2 + 0,1296916) \sin(14^{\circ},477195 - 270^{\circ})$$

$$X = 11,32046 \text{ cm}$$

$$Y = R (\pi/2 - \delta) \cos(\alpha - \alpha_0)$$

$$Y = -6,8755 (\pi/2 + 0,1296916) \cos(14^{\circ},477195 - 270^{\circ})$$

$$Y = 2,92286 \text{ cm}$$

Las coordenadas del resto de estrellas se hallan de la misma forma:

$$\text{Deneb, } X = -3,412525 \text{ cm, } Y = 2,054095 \text{ cm}$$

$$\text{Altair, } X = -4,4441359 \text{ cm, } Y = -2,8506119 \text{ cm}$$

$$\text{Spica, } X = 7,6181665 \text{ cm, } Y = -5,544071 \text{ cm}$$

Una vez que se tienen las coordenadas de todas las estrellas, sobre los cuatro cuadrantes de papel milimetrado se van llevando cada una de ellas, para unir después con segmentos las que pertenecen a la misma constelación, anotando sus nombres con las letras del alfabeto griego según su magnitud estelar (α , β , δ ...). Una vez hecho esto se pegan los

cuadrantes sobre una cartulina siguiendo un orden determinado por la nueva ascensión recta α , desde $\alpha = 0h$ hasta $\alpha = 24h$.

Diseño del soporte del planisferio

Respecto a los meridianos marcamos las líneas rectas espaciándolas cada 15° (1h) a partir de nuestro centro de proyección. Los paralelos celestes se dibujan con un compás a intervalos de 15° , desde 90° hasta -45° , saliendo nueve intervalos iguales. Es muy importante que se haga coincidir el punto Aries con las 0h de ascensión recta y 0° de declinación. Para completar el soporte hay que dibujar los 365 días del año sobre el borde externo, copiándolos directamente del planisferio comercial y el resto de círculos concéntricos correspondientes a los meses del año, las horas de ascensión recta y los símbolos del zodiaco, espaciándolos 30° o 1h cada uno de ellos.

La siguiente cuestión a abordar es trazar el plano de la Eclíptica sobre el Planisferio. Primero hay que saber la inclinación que presentaba en aquel momento, para ello hacemos uso de la expresión:

$$\epsilon = 23^{\circ} 26' 21'',448 - 4680'',93 U - 1'',55 U^2 + 1999'',25 U^3 - 51'',38 U^4 - 249'',67 U^5 - 39'',05 U^6 + 7'',12 U^7 + 27'',87 U^8 + 5'',79 U^9 + 2'',45 U^{10}$$

Teniendo en cuenta el valor $U = -1,2$, esto nos lleva, sustituyendo en la ecuación anterior, a un valor de $\epsilon = 24^{\circ} 10' 19'',38$ es decir $44' 5,38''$ mayor que en la actualidad. Como en nuestro planisferio esa diferencia de $0^{\circ},7348$ supondría corregir 0,88mm, se da por buena la Eclíptica del planisferio comercial y la calcamos directamente para llevarla al nuestro, o también se puede intentar deformarla en esa cantidad en los solsticios de invierno y de verano.

Diseño de la ventana móvil del planisferio

Sobre una cartulina dibujamos un círculo de 16,2 cm de radio. Lo dividimos en 24 partes iguales de 30° cada una, representando las horas del día. Se

marcan sobre el borde. Para dibujar la ventana para una latitud de $\delta=36^{\circ},69$ hacemos uso de la ecuación del ángulo horario H de salida y puesta de una estrella, conocida su declinación (δ) y la latitud del lugar (ϕ): $\cos H = -\operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \delta$ (7)

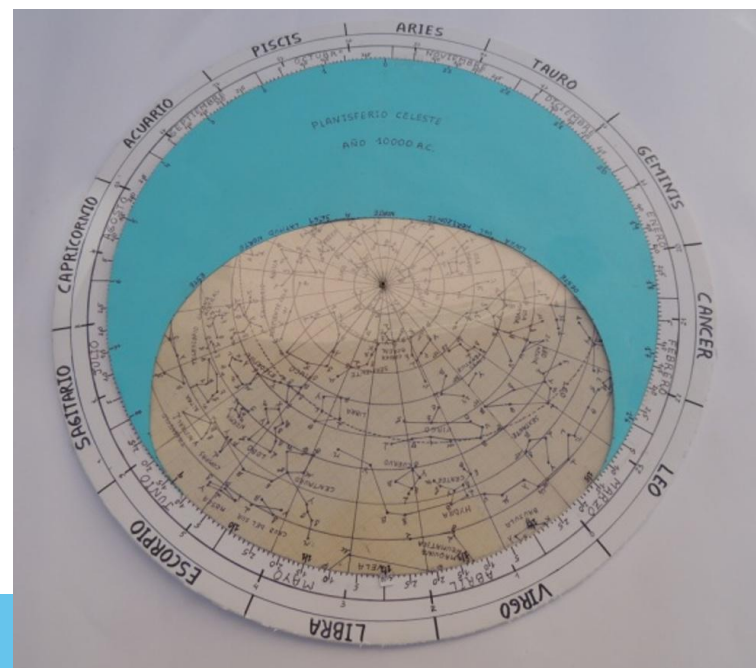
Nuestro objetivo es hallar la declinación de una estrella que tiene su orto u ocaso en un H dado. Una vez que tenemos δ , medimos su distancia a la Polar ($90^{\circ}-\delta$). Conocida ésta, sabemos cuantos cm le corresponde sobre el ángulo horario H y desde el centro del círculo dibujado, sabiendo que $15^{\circ} = 1,8$ cm. Esta longitud indica el punto de corte con el horizonte local. A partir de la ecuación (7), teniendo en cuenta que el ángulo horario H se empieza a contar desde el punto Sur (hacia el oeste), en nuestra ventana creciente en sentido antihorario, es decir $H = 15^{\circ}$ son las 13h, $H = 30^{\circ}$ son las 14h, etc, y que el orto y ocaso de una estrella es simétrico respecto a la línea meridiana, se van hallando las longitudes correspondientes a las distancias cenitales que tienen una δ dada y que presenta su orto u ocaso con un H determinado, expresado en grados, desde los 0° en el punto Sur hasta los 180° en el Norte y medidos desde el centro a lo largo de H . Los intervalos en el ángulo horario H serán de 5° , correspondientes a 20 min. de tiempo local.

hora	H	δ	$(90^{\circ}-\delta)$	Longitud
24h	180°	$53^{\circ},308$	$36^{\circ},692$	4,403 cm
0h 20m	185°	$53^{\circ},203$	$36^{\circ},797$	4,415 cm
0h 40m	190°	$52^{\circ},887$	$37^{\circ},113$	4,453 cm
1h	195°	$52^{\circ},352$	$37^{\circ},648$	4,518 cm
1h 20m	200°	$51^{\circ},586$	$38^{\circ},414$	4,61 cm
9h15m41s	$318^{\circ},923$	-45°	135°	16,2 cm

El último valor corresponde al orto, que es donde la ventana corta el borde del planisferio. Este último dato sale de buscar el ángulo horario H por donde una estrella de $\delta=-45^{\circ}$ sale o se oculta por el horizonte. Por simetría salen los puntos correspondientes a las H comprendidas entre las 24h y las 14h 44m 18s (para el ocaso).

Las fuentes de las que se han sacado las distintas expresiones matemáticas son:

- 1) Anuario del Real Observatorio Astronómico del Ministerio de Fomento, para el cálculo de la precesión de las estrellas.
- 2) *Astronomical algorithms* de Jean Meeus para la inclinación de la eclíptica.
- 3) *Map projections, a working manual* USGS pubs.er.usgs.gov/djvu/pp/pp_1395.pdf, para la proyección cartográfica.
- 4) www.astronexus.com para el movimiento propio de las estrellas.
- 5) Cualquier manual de astronomía de posición para el resto de fórmulas.



Crónica de un eclipse

Eclipse total de Sol - 21 de agosto de 2017

Antonio Arribas

Nos libramos por poco. De los severos incidentes racistas en Charlottesville (Virginia), del huracán Harvey en Texas (y del posterior y terrible Irma) y de las nubes durante el eclipse. Pero claro, el eclipse era visible en EE.UU., así que había que ir allí si querías disfrutarlo. Yo solo había visto el anular de 2005. Pero no había presenciado ninguno total. El de 1999 me pilló en el norte de Palencia donde solo fue parcial, quizá un 75% de ocultación, apenas perceptible. Recuerdo otros dos parciales que vi desde Madrid, uno quizá en 1983. Y me dije que tenía ganas de ver uno total antes de que fuera demasiado tarde. Así que ¡hala! empecé a organizarme para ello. Enseguida me puse de acuerdo con Eduardo Zabala, que ya había visto tres. Buscamos más compañía pero la cosa no prosperó, unos porque ya se habían apañado, otros porque no querían ir a la casa de Mr. Trump, y otros por lo que fuera.

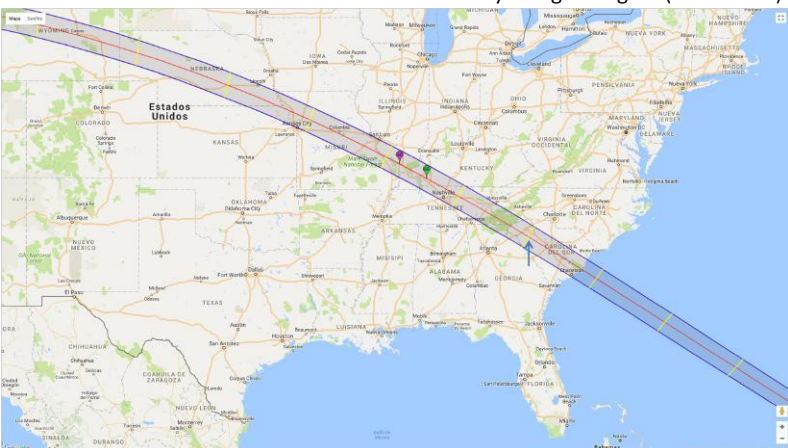
Ya puestos, había que aprovechar los vuelos y hacer un bonito circuito. La banda de totalidad cruzaba EE.UU. de NW a SE y las previsiones meteorológicas medias basadas en los registros históricos nos deberían haber inclinado por ir al NW, a Yellowstone o por ahí. Pero nos decidimos por el SE pese a que en esas regiones la media de

nubosidad en agosto era del 60%.

Diseñamos un ambicioso recorrido circular desde Miami pasando por New Orleans, remontando el Mississippi para subir después a los Apalaches y luego bajar por la costa atlántica para volver a Miami. Nada menos que unos 7.000 km nos hemos zampado en un coche automático. Sin problemas con él ni con las enormes carreteras americanas. Allí todo es a lo grande.

Y en ese recorrido la zona de la banda de totalidad que nos pillaba de paso se situaba en South Carolina, entre los Apalaches y el Atlántico. Buscamos algún lugar que estuviera lo más cerca posible de la línea central del eclipse y también buscamos en Internet alguna institución que organizara la observación. Encontramos dos: una universidad, la Southernmost Wesleyan University, y un instituto, la Ware Shoals High School. En la página de la universidad decían que a los 1.500 primeros asistentes se les entregarían gratis gafas adecuadas y nos pareció que podía ser algo muy masificado. En el instituto, solo decían que el campo de fútbol (americano, claro) estaría abierto al público de 1 pm a 4 pm. Así que nos decantamos por nuestro medio natural, la secundaria.

Banda de totalidad atravesando EE.UU. y el lugar elegido (flecha azul).



Vista aérea de la Ware Shoals High School.



El domingo 13 de agosto en Baton Rouge, una población a orillas del inmenso Mississippi, nos tropezamos con el LSAM, Luisiana Science and Art Museum, que ofrecía un buen (a todas luces excesivo) aire acondicionado y una sesión de planetario ideal para después de comer y para mitigar el calor subtropical húmedo que sufrimos todo el viaje. La sesión de planetario fue totalmente convencional pero hubo al principio explicaciones sobre las perseidas y sobre el eclipse, las dos cuestiones astronómicas relevantes en ese momento.

Todo el curso del Mississippi, entre New Orleans y Baton Rouge, estuvo repleto de plantaciones esclavistas de caña de azúcar y de algodón, y las grandes mansiones de los dueños asombran todavía por su poderío realizado por esos espléndidos árboles, característicos de toda esta zona, los *quercus virginiana*, una especie de encinas majestuosas con grandes ramas que se extienden en horizontal. Vienen a la memoria una novela, "La cabaña del tío Tom" y una película, "Lo que el viento se llevó". En otra población cercana, Natchez, la mayor atracción turística es una de estas mansiones. En su *Visitor Center*, una amplia exposición sobre la historia de estas regiones nos permitió aprender algo sobre la dura lucha de los negros por ir saliendo de la esclavitud y cómo, después de la guerra civil (la Guerra de Secesión), los blancos adinerados intentaron por todos los medios que todo siguiera igual que antes. Por lo

sucedido en Charlottesville parece que los rescoldos del esclavismo aún no se han apagado del todo.

Pero a lo que vamos. Ya cerca de las fechas del eclipse encontramos varias veces avisos en las carreteras que advertían de posibles colapsos en fecha tan señalada. Nosotros teníamos que hacer unos 150 km para llegar al instituto elegido, así que el 21 salimos a las 8:30h de Asheville, al pie de los Apalaches, y llegamos sin ningún tropiezo ni atascos ni nada de nada a la pequeña población de Ware Shoals a las 10:30h. El cielo estaba totalmente despejado. Ya las previsiones que íbamos mirando ansiosamente los últimos días parecían favorables. Aparcamos en un gran espacio herboso a la entrada de la High School. Como era tan temprano nos hicimos unas cervecitas en un restaurante mexicano de las cercanías y a eso de las 12 nos encaminamos a la High School. Habían aparecido algunas (demasiadas) nubes amenazantes.

Las clases se habían reanudado unos días antes, el 17 de agosto, y el instituto estaba en plena actividad. Nos presentamos en la sala de profesores. Dos profesoras llevaban unas camisetas moradas especialmente hechas para el eclipse. Se mostraron bastante asombradas de que hubiéramos venido desde tan lejos y nos indicaron el camino al estadio de fútbol. Ware Shoals tiene poco más de 2.000 habitantes y en la High School estudian unos 300 alumnos. Por supuesto hay aire acondicionado y unas amplias instalaciones



Llegada de los primeros asistentes.





Fases iniciales del eclipse con poca nubosidad.



Grupo de *Cheer-girls*.

deportivas (el citado estadio y un campo de béisbol). Mientras esperábamos que se abrieran las puertas de los terrenos deportivos fuimos preparando nuestras cosas y hablamos un rato con la supervisora de educación del condado que andaba por allí inspeccionando que todo funcionara correctamente.

Nos instalamos en la parte alta de las gradas del estadio. Las nubes iban y venían, creciendo en volumen pero sin cubrir más allá del 30% del cielo. La gente se fue situando en el verde césped, o en las gradas, provistos de sus gafas especiales que regalaban a la entrada. Preparamos nuestras cámaras; resultaba muy difícil apuntarlas correctamente hacia el sol que estaba muy alto, a unos 70°. Hicimos fotos del ambiente con el móvil. Por la megafonía del estadio advertían con frecuencia de la necesidad de usar las gafas mientras nos entretenían con interpretaciones musicales variadas, siempre con un volumen muy moderado. Reconocimos una canción de los Beatles muy adecuada: *Here comes the sun*.

El primer contacto fue a las 13:11 hora local. Nosotros lo estábamos esperando con excitación pero el público no parecía nada impresionado. La

Luna entraba en el disco solar poco a poco, mordiéndolo por la derecha. Cerca de nuestra posición estaba instalada una familia de allí; el padre, como de nuestra edad y con un aspecto muy educado, entabló conversación con nosotros con mucha amabilidad y preocupándose de hablar despacio y vocalizando para que le entiéramos. Nos explicó que él había estudiado en esa High School y que era una zona muy tranquila donde se vivía razonablemente bien, con los Apalaches cerca por el Norte y la costa también cerca hacia el Sureste. Se interesó por nuestra presencia allí y nos mostró sus condolencias por el reciente atentado de Barcelona. Su nombre era Wayne y debía ser una persona de cierta notoriedad local porque la supervisora de educación se acercó a saludarlo.

El disco solar iba reduciéndose, perfectamente visible con las gafas y las nubes de momento lo respetaban. Todo el mundo lo miraba de vez en cuando para ir apreciando el avance de la Luna, pero por el momento no se notaba nada más. El calor seguía siendo muy intenso. Los altavoces anunciaron la actuación de unas *cheer girls* que hicieron en el césped un numerito bastante soso, de esos típicos americanos en los descansos de los partidos de baloncesto.



Las nubes cubren el Sol casi eclipsado.



Una joven periodista local se nos acercó y nos pidió permiso para hacernos una entrevista. Eduardo llevó el peso de la conversación, que yo me defiende mucho peor con el inglés. Debíamos ser desde luego los únicos extranjeros y yo creo que también los únicos no locales. Estuvo con nosotros unos minutos preguntándonos cosas y anotando las respuestas para su periódico. En el terreno del estadio unos estudiantes hacían una simulación de lo que ocurre en un eclipse, con globos representando las posiciones de los tres astros. Por los altavoces se daban las explicaciones correspondientes.

Las nubes crecían pero apenas se movían pues no había viento. De pronto, a eso de las 14:00h, ¡comenzó a llover! ¡Horror! No teníamos paraguas ni chubasquero ni nada. Pero apenas fueron cuatro gotas que pasaron rápidamente. Por la megafonía anunciaron que se acercaba la hora de la totalidad y mencionaron la presencia de dos profesores extranjeros en las gradas. Una mujer que estaba sentada por allí cerca nos hizo fotos con su móvil. La luz ambiente ya comenzaba a ser rara y la temperatura había descendido considerablemente; ya no hacía ese calor húmedo tan molesto.

Ya con la Luna tapando como el 95% del disco solar, unas pequeñas pero densas nubes se interpusieron insistentemente y no parecían querer

moverse ni deshacerse. Veíamos los rayos solares todo a su alrededor e incluso casi se podía mirar al sol directamente y verlo a través de ella, ya solo un reducido gajo. Fueron unos momentos de tensión y de desesperación. Tanto viaje para que ahora vaya y se nuble. Pero no, la nube se apartó y pudimos ver el reducidísimo limbo izquierdo del Sol, una franja mínima, totalmente libre de nubes.

Los altavoces fueron desgranando los segundos que faltaban para la totalidad: 5, 4, 3, 2, 1 y ¡zas! a las 14:39:39 el Sol desaparecía por completo y se podía mirar a simple vista y ver un disco negro rodeado de un halo brillante: la corona, magnífica, resplandeciente, no muy extensa. La luz ambiente era escasa, pero no oscuridad total sino como de crepúsculo muy avanzado. La gente gritaba excitada, aplaudía. Hicimos fotos como pudimos, del ambiente, del Sol, con la cámara, con el móvil, con poca profesionalidad por la emoción del momento. Apareció Venus, magnífico, a la derecha del Sol y nos pareció ver una estrellita muy, muy cerca del Sol, a su izquierda, que tenía que ser Régulus. La temperatura era quizá diez o quince grados menor que una hora antes. Todo estaba saliendo a las mil maravillas: las predicciones se habían cumplido escrupulosamente; a la hora prevista los astros se habían situado donde debían, me sentía maravillado de todos los cálculos necesarios y exactos hasta el segundo, con total y



Observando el eclipse antes de la totalidad.



Durante la totalidad.



Fin de la totalidad.



absoluta precisión. Estábamos en el lugar y en el momento precisos para poder observar un fenómeno completamente excepcional.

De nuevo los altavoces contaron los segundos, esta vez para el fin de la totalidad y advertían de nuevo de que ya no se podía mirar sin protección. A las 14:42:17 un destello anunció el fin del fenómeno, todavía un instante de intensa emoción: las perlas de Baily, los primeros rayos de luz que cruzan el perfil montañoso de la Luna. Fueron 2 minutos y 38 segundos de maravilla, de esos que no se olvidarán jamás. Pero ya todo había acabado. Mi primer pensamiento fue que quería repetir, que yo quiero ver otro, que cuándo será el siguiente. La luz seguía siendo muy rara, como de iluminación artificial, blanquecina.

Por la megafonía invitaban al personal a ir desalojando. Nosotros nos quedamos todavía un buen rato mirando la parcialidad con las gafas y percibiendo poco a poco la vuelta a la normalidad. La gente se fue yendo, el césped del estadio iba vaciándose. Apareció de nuevo la supervisora que venía a despedirse de nosotros ¡con un pequeño

obsequio para cada uno! Una maquetita de madera de la Ware Shoals High School que ya he colocado en casa en lugar destacado. Nos despedimos afectuosamente de Wayne con el que habíamos compartido tan excepcionales momentos. Apareció por allí el encargado de la megafonía que también quiso despedirse de nosotros y nos trajo otro detalle, una toallita blanca con el nombre de la High School. Parece que nuestra presencia se había sentido con orgullo y asombro por los locales.

Poco después de las 15:00h ya recogimos nuestras cosas y nos fuimos de las gradas. Vimos por allí, abandonadas, algunas gafas de sol de las que se habían repartido entre los asistentes y recogimos unas cada uno, de recuerdo. Con toda seguridad nunca más pondremos los pies en este instituto en el que sin embargo hemos pasado uno de los momentos más emotivos de nuestra vida. Nos fuimos directamente al mismo restaurante mexicano del principio y aprovechamos su wifi para escribir frenéticamente en el Whatsapp y compartir, en la medida de lo posible, la experiencia vivida.



Impresionante foto del Eclipse total de Sol del 21/8/2017, tal y como se vio en Carolina del Sur. La imagen es el resultado de sumar 15 fotografías.

Crédito: José Antonio de los Reyes y Sensi Pastor.



XXIII Congreso Estatal de Astronomía



Joaquín Álvaro - Presidente de AstroCuenca

Estamos ya a menos de un año vista de la celebración del XXIII CEA que se desarrollará en Cuenca del 1 al 4 de noviembre de 2018, organizado esta vez por la Agrupación Astronómica de Cuenca, AstroCuenca.

Los CEA son Congresos de ámbito nacional que reúnen a los astrónomos aficionados. Respaldados por la Federación de Asociaciones Astronómicas de España (FAAE) y también por la Sociedad Española de Astronomía (SEA), que representa a la Astronomía profesional, vienen celebrándose cada dos años y ésta sería su XXIII edición.

Según el calendario fijado por AstroCuenca para este CEA, en las próximas semanas quedarán definidas las directrices que deben marcar el hilo

maestro de los contenidos del mismo a través de las ponencias que en él se desarrollen. Estas referencias, (tarea del Comité Científico), se harán públicas antes del final del presente año, pero ya se adelanta que sería deseable dar cabida, de manera significativa, a las metodologías y didáctica de la divulgación y enseñanza de la Astronomía, tanto en ponencias como en talleres, cuestión ésta que entendemos de especial interés para ApEA.

El plazo para la presentación de ponencias se inicia el 15 de febrero de 2018 y se extenderá hasta el 15 de junio. Toda la información relativa al XXIII CEA está disponible en la web oficial:

<http://xxiiiicea.org>



astrocuenca@xxiiiicea.org

info@astrocuenca.es

CALENDARIO	2018
Presentación de Ponencias:	del 15 de febrero al 15 de junio
Selección de Ponencias:	del 15 de marzo al 30 de junio
Publicación de Concursos y Bases:	última semana de mayo
Presentación de Trabajos para Concursos:	del 15 de junio al 30 de septiembre
Propuestas para Talleres, Paneles, etc., ...:	del 15 de mayo al 15 de septiembre
Inscripción al Congreso:	del 15 de mayo al 15 de octubre
Actividad Pre-Congreso:	29, 30 y 31 de octubre
CONGRESO:	1, 2, 3 y 4 de noviembre



¡Qué bien nos lo pasamos!

Crónica de los XII Encuentros ApEA - Málaga2017

Sebastián Cardenete

En los Encuentros que se celebraron en Lleida en 2013, la directiva de la ApEA ya nos habló de la posible organización de los siguientes encuentros en Málaga. A base de palique, copas y llamadas, conseguimos convencer a Chema y también a Marcos Pérez, de la Casa de las Ciencias de la Coruña para que los siguientes encuentros fueran en esta bella y hospitalaria ciudad norteña. Pero claro, una vez celebrados los de la Coruña..., no hubo más remedio que dejar de escurrir el bulto y organizar los encuentros en Málaga.

Tras las estupendas jornadas de observación de 2016 en Monfragüe, los de Málaga nos pusimos las pilas y comenzamos a preparar los XII encuentros. Contábamos con las instalaciones del Centro de Ciencia Principia, llegamos a plantearnos la posibilidad de realizarlos en otras instalaciones más amplias, finalmente prevaleció la idea de Principia aunque esto implicaba la reorganización de los encuentros ya que Principia no cuenta con espacios para poder realizar sesiones simultáneas. Esta decisión fue muy discutida. Finalmente optamos

por la fórmula de suprimir los talleres y realizar ponencias en sesiones plenarias en la Sala Faraday de Principia. Estudiamos las posibles fechas y realizamos un primer avance de programa que comunicamos a la directiva. Con el visto bueno de nuestros Jefes, comenzamos a reservar espacios. En primer lugar solicitamos la reserva del Jardín botánico ya que su programación de verano es intensa y no deja muchas opciones. Conseguimos la noche del 5 de julio para la cena final. Hablamos con el observatorio del Torcal para la observación astronómica y con la Residencia de la Rosaleda para las comidas. Las fechas y reservas fueron cerrándose y reunión tras reunión logramos lanzar el primer comunicado.

Comenzamos a recibir ponencias, propuestas para el Zoco, posters... Parecía que no se inscribía nadie, esto va a ser el final de la ApEA decían algunos y de pronto, cuando ya pasaba la fecha límite de inscripción, comenzaron a llover e-mail. 72 inscritos (45 socios de la ApEA), casi no cabemos en la sala Faraday del Centro Principia.



¡Joder! que no hemos reservado el Caminito del Rey.... Llama ahora mismo a quien sea de la Diputación a ver si conseguimos entradas para 40 personas. Que suerte, quedaban para el segundo turno de visitas del día 6 de julio... ¡ufff! menos mal.

Y llegó el día de vernos. Aquella tarde, el viento de levante se instaló en nuestra ciudad y con su suave brisa nos permitió tener unos encuentros con una temperatura envidiable. Los saludos, los abrazos y besos se sucedieron y empezó la bienvenida oficial. La charla inaugural la impartió el profesor de la Universidad de Málaga y presidente de la Asociación Malagueña de Astronomía Alberto Castellón, nos habló de forma rigurosa y amena de las múltiples aplicaciones que la Astronomía tiene en la vida cotidiana y después los pinchos de tortilla, croquetas y saladitos ofrecidos por Principia nos permitieron seguir de saludos y abrazos por terrazas y pub de la acogedora Málaga la nuit.

A las nueve de la mañana comenzaron las comunicaciones y ponencias en la sala Faraday del Centro Principia, a las 11 un cafelito en el bar del IES Rosaleda un poco a la bulla, la tostadora no daba abasto. Más comunicaciones y después de comer, el inevitable descanso porque por estas latitudes no hay quien aguante una charla a las cuatro de la tarde.

Los autobuses nos aguardaban en la puerta de Principia para trasladarnos al Torcal de Antequera. Mágico paisaje kárstico con la luz del atardecer. Rocas calizas de espectaculares formas y cabras monteses nos depararon un paseo de lo más agradable e interesante mientras caía la noche. Tras la cena, Francisco Gálvez del Observatorio

astronómico del Torcal, nos preparó los telescopios y nos hizo un recorrido por las estrellas de este espacio natural. El cielo, perfecto. La temperatura, ideal. Se nos quedó corta la noche...

Más ponencias, más ideas, muchas aportaciones interesantes llenaron las mañanas de los encuentros, en total 19 comunicaciones que relataron interesantes e innovadoras actividades para el aula y también para otros espacios que han irrumpido en el ámbito de la enseñanza de la astronomía como: planetarios, aulas de astronomía, museos y en estos encuentros como novedad: asociaciones astronómicas y empresas de astroturismo. (Podéis verlas en YouTube: https://www.youtube.com/results?search_query=XI+l+encuentros+aepa)

En los escasos tiempos muertos de los encuentros, visitamos el Zoco de la Astronomía en el que se pudieron ver y manipular diversas maquetas y posters aportados por los socios: La maqueta de Júpiter y sus lunas, el cráter Copérnico en 3D o la máquina de espectros entre otros, son algunos ejemplos de lo presentado.

Coordinados magníficamente por nuestro moderador, tras la intensa mañana del miércoles llegamos a la celebración de la asamblea de los socios de la ApEA no sin antes tener unos minutos para recordar los primeros momentos de la Asociación y a nuestro querido Javier Marijuán.

En la asamblea se eligió una nueva junta directiva encabezada por Esteban Esteban quien a partir de ahora dirigirá con ánimo sabiduría y entusiasmo los designios de la Asociación.





Tras la comida y el necesario descanso, llegó la noche de la cena de gala. Los autobuses nos trasladaron a uno de los rincones mágicos de Málaga: El jardín histórico-botánico de La Concepción. Rodeados de árboles centenarios, surtidores y refrescantes cascadas, nuestros guías nos trasladaron con sus fantásticas y teatralizadas explicaciones al romántico ambiente de los Loring y los Heredia de la Málaga del XIX.

Recorriendo el bello jardín llegamos al caer la noche a la “pérgola de las glicinias” en donde nos aguardaba el sonido del cuarteto de cuerda que nos elevó dos cuartas del suelo. Comenzaron a correr cervecitas, vinitos, elaboradas tapitas, “pescaitos”... Y la agradable velada transcurrió como en un sueño hasta el momento del fuego brujo de la quemada de Chema, los asistentes, como por encanto “entonaron” divertidas canciones y complejos

trabalenguas hasta que las campanadas de las 12 nos devolvieron en nuestras carroz...digo buses a los respectivos hoteles, aunque algunos/as... prolongaron la noche hasta bien entrada la madrugada.

Aquella noche nos despedimos de la mayoría de los participantes en estos encuentros, deseándonos venturas y parabienes hasta la próxima vez que nos veamos. Suerte y acierto para los organizadores de los próximos encuentros en Úbeda.

Un nutrido grupo de casi 40 participantes teníamos todavía una jornada más de aventura y convivencia, ni más ni menos que recorriendo el atrevido y maravilloso “Caminito del Rey”. Fue una experiencia fantástica.

Muchas gracias a todos por hacer de estos, unos encuentros maravillosos.



12ª ASAMBLEA DE LA ASOCIACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA

ACTA

En Málaga siendo las 12:30h del día 5 de julio de 2017 comienza la XII Asamblea de la ApEA, con la asistencia de 46 socios, con el siguiente orden del día:

0. Lectura y aprobación del Acta de la Asamblea anterior

El secretario comienza recordando a los socios que el acta de la asamblea anterior se envió en julio de 2015 a todos los socios, además de publicarse en la web y entregarse una copia a los socios asistentes a los XII Encuentros con la documentación, y que por tanto no será leída por decisión de la Asamblea.

1. Informe de Secretaría

El secretario informa que a fecha de hoy hay 110 socios y que durante los Encuentros ha habido diez nuevas altas por la que en la actualidad somos 120 asociados. Asimismo, informa de los problemas que siempre hay para comunicarse con otros socios con la dirección de correo y postal inexistente o errónea. Agradece al equipo de Málaga su trabajo.

Por otra parte, informa de las sesiones de Observación que han tenido lugar y como se indicó en Castellón se harían cada dos años alternándose con los Encuentros, en 2012 en Tiermes (Soria), en 2014 en Borobia (Soria) y en 2016 en Monfragüe (Cáceres), está última realizada con gran éxito. La afluencia media ha sido entre 25 y 30 participantes.

2. Informe de Dirección

Antonio Arribas comienza su intervención mostrando el cariño y la solidaridad a Rosa María Ros, debido a su situación actual, por lo que ha representado su trabajo en la ApEA. Todos los asistentes muestran su adhesión a la propuesta.

Por otra parte, informa de la reunión que ha tenido con la Junta Directiva de la FAAE y la intención de esta asociación de mantener contacto con la ApEA. Comenta que como asociación tenemos como principal problema la forma en la que nos damos a conocer. Una posible forma de colaborar es ir a Cuenca, al próximo congreso organizado por FAAE, y presentar materiales, ponencias etc. Anima a todos a ir. Otra opción es crear un curso online, aunque esto le parece difícil. Una última opción es integrarnos en la FAAE. En este punto se abre un debate; Enrique Aparicio indica que se abre una buena oportunidad y supone un gran potencial al poder llegar a muchos más asociados; Juan Antonio Jiménez puntualiza que aunque él pertenece a una Agrupación Astronómica hay una gran diferencia entre enseñanza y observación; Jorge Barrio apunta que la ApEA podría potenciar la parte didáctica; Sensi Pastor dice que es el momento de abrirse a otros colectivos; Manuel Baixauli dice que este hecho no menoscabaría nuestra independencia; Rogelio Campa y Mª Carmen Botella indican que no ven desventajas; Miren Karmele Gómez ve la posibilidad de llegar a unos 6.000 socios; Juan Carlos Rodríguez señala que podría ser interesante realizar un primer contacto; Juan Ángel Vaquerizo y Ángel Gómez, pertenecientes a la FAAE, apuntan que sólo ven ventajas y que el ser asociados no nos crearía ninguna obligación; Carolina Clavijo opina de igual forma; Luis Pérez se plantea si somos capaces de asumir este compromiso ilusionante; Esteban Esteban pide que se realice una votación. Ésta tiene lugar con el siguiente resultado:

- | | |
|--|----------|
| - Integrarse en la FAAE sin ningún compromiso previo | 40 votos |
| - No entrar en la FAAE | 5 votos |
| - Abstenciones | 1 voto |

3. Informe de Tesorería

Juan Carlos Rodríguez indica que se han pasado al cobro, en 2017, 111 recibos de los cuales ha habido 2 devoluciones: una baja y un cambio de cuenta corriente.

Apunta que en la última Asamblea de A Coruña había un saldo de 5.095,44 euros y que el 30 de junio de 2017 hay un saldo de 11.169,09 euros. Puntualiza que los gastos se han reducido al realizarse las publicaciones online y no en papel. No obstante, los gastos detallados se indican en el Anexo correspondiente. Se aprueban las cuentas del periodo por unanimidad.

Eva Dominique indica que en lugar de volver a gastos anteriores es mejor invertir en los nuevos procesos como web, etc.

4. Informe de Publicaciones

Ricardo Moreno como vocal informa que la Junta Directiva decidió, debido al saldo positivo, que se realizará un documento en papel con las últimas 4 publicaciones. Éstas se han entregado con la documentación a todos los asistentes y que posteriormente se enviará a todos los socios interesados que no hayan asistido a los Encuentros.

Indica que se establecen tres categorías de documentos a publicar:

- Aquellos de poca extensión que se pueden colgar en la web.
- Otros más extensos que formarían parte de la revista Nadir.
- Los más completos que darían lugar a un número independientes de las Publicaciones.

Carolina Clavijo apunta que se pueden incluir Proyectos de Investigación de forma que todos tengamos conocimiento, José María Lamas indica que todas las actividades en las que participemos lo hagamos indicando que formamos parte de la ApEA, Juan Ángel Vaquerizo anota que debemos darnos publicidad en las redes sociales cada uno desde su propio twitter, Alberto Jiménez apunta que la participación de la ApEA debe ser un dato de calidad.

5. Informe de la Revista Nadir

Juan Ángel Vaquerizo indica su responsabilidad por no haber dado continuidad a la revista. Solicita que le enviemos material para poder publicarlo como es el contacto con especialistas en temas concretos, fotografías, observaciones astronómicas, seguimiento de eclipses...

Informa del correo de la revista: **revista_nadir@apea.es**

Antonio Arribas también admite su culpabilidad por no ayudar Juan Ángel debido a la carga de trabajo que éste tiene.

6. Informe de la página web

Eva Dominique apunta que la página web está algo anticuada y sería interesante actualizarla. Puntualiza que aunque hay mucho material, los socios no le envían artículos para publicar.

Ángel Gómez aprovecha para publicar, con nuestro permiso, en Tribuna de Astronomía artículos y experiencias como ya lo están haciendo Ángela del Castillo y Joanma Bullón. Al mismo tiempo al pertenecer a la FAAE nos hace un descuento importante como suscriptores.

7. Balance de los Encuentros

Sebastián Cardenete agradece la participación a todos en los XII Encuentros. Indica que la organización ha sido autosuficiente contando con la participación de otros socios colaboradores. Están pendientes del balance económico final que presentarán a la Junta Directiva y analizarán la valoración de los mismos a través de las encuestas recogidas. Luis Pérez ofrece el material grabado en los encuentros para colgarlo en la página web.

8. Sede de los XIII Encuentros

M^a Carmen Botella informa que Úbeda se ofrece como sede para realizar los XIII Encuentros en julio de 2019. Juan Antonio Jiménez indica el lugar donde se realizarán en el que disponen de un planetario y un centro de observación construido por su agrupación en la Fresnedilla (Sierra de Cazorla) a 60 km de Úbeda.

La Junta directiva se pone a su disposición para todo aquello que pudieran necesitar. La Asamblea agradece su propuesta por el compromiso adquirido y el esfuerzo que ello supone.

9. Renovación de la Junta Directiva

Antonio Arribas indica que tres miembros de la Junta Directiva dimiten que son él mismo como Presidente, Agustín Laviña como Secretario y Juan Carlos Rodríguez como Tesorero. El secretario propone que Ángel Gómez sea parte de la junta como coordinador con la FAAE. Se realiza una votación con el siguiente resultado:

- Votos en contra: 0
- Abstenciones 0
- A favor: la totalidad de los asistentes

Se aprueba por unanimidad

Esteban Esteban se postula como nuevo presidente hecho que toda la Asamblea agradece e indica los integrantes de la Junta, con los que ha tenido contacto previo. Ésta queda formada de la siguiente forma:

- Esteban Esteban, presidente
- Sebastián Cardenete, vicepresidente
- Carolina Clavijo, secretaria
- Xavier Benlliure, tesorero
- M^a Carmen Botella, vocal como coordinadora de los XIII Encuentros
- Ricardo Moreno, vocal de publicaciones
- Eva Dominique, vocal de página web
- Juan Ángel Vaquerizo, vocal de la revista Nadir
- Manu Arregi, vocal
- Ascensión Pastor, vocal
- Ángel Gómez, vocal coordinador con la FAAE

10. Ruegos y preguntas

Esteban Esteban agradece que muchos compañeros le apoyaran cuando, a principio del presente curso, se eliminaba su cargo como coordinador del Aula de Astronomía de Durango y que ese hecho le llenó de ánimo para continuar con su labor como divulgador y asumir en esta Asamblea la dirección de ApEA.

Joanma Bullón ofrece las instalaciones de Aras de los Olmos para realizar la próxima observación en la primavera de 2108.

Jorge Barrio indica que le parece correcto mandar una foto de los participantes a Rosa María Ros. Asimismo, anima a los integrantes del planetario de Pamplona para que vean la posibilidad de organizar los XIV Encuentros. Nieves Gordón se compromete a estudiar la propuesta e indica además que tienen un buen lugar en el valle del Roncal para realizar futuras observaciones.

Se plantea un debate para ver las fechas más idóneas para los Encuentros de Úbeda. Juan Antonio Jiménez indica que es necesario saberlo cuanto antes. Se informa las temperaturas elevadas que puede haber en esa época del año, julio. Por esta razón se intentarán evitar las horas más calurosas para las diversas actividades. Por otra parte, puede ocurrir que en esas fechas haya exámenes en algunas Comunidades. Se acuerda que el Comité organizador y la Junta directiva buscarán las fechas más adecuadas para todos.

Y sin más asuntos que tratar siendo las 14 horas se levanta la sesión.

Agustín Laviña Orueta, secretario de la ApEA

Síguenos en la web
<https://www.apea.es>



Síguenos en Facebook
[@asociacionApeA](https://www.facebook.com/asociacionApeA)



Síguenos en Twitter
[@ApEAastronomia](https://twitter.com/ApEAastronomia)