LA ESFERA ARMILAR ECLÍPTICA

César González

La esfera armilar eclíptica es un instrumento destinado a determinar la posición de los astros mediante coordenadas referidas al plano de la eclíptica. Su geometría se basa en la inclinación de aproximadamente 23,5 grados entre la eclíptica y el ecuador celeste. Mientras que una esfera armilar ecuatorial permite medir ascensiones rectas y declinaciones, la eclíptica proporciona longitudes y latitudes eclípticas.

El instrumento representa dos sistemas de polos: los polos celestes, definidos por el eje de rotación de la Tierra, y los polos eclípticos, perpendiculares al plano de la órbita terrestre. Los dos ejes forman entre sí el mismo ángulo que sus planos correspondientes. Sobre el aro de la eclíptica se distribuyen los doce signos zodiacales, o dodecatemorias, de treinta grados cada uno, hasta completar los 360 grados de la circunferencia. También se señalan los puntos equinocciales y solsticiales.

Un elemento fundamental es el coluro solsticial, círculo que pasa por los polos celestes y eclípticos y por los puntos de los solsticios. Su presencia distingue la construcción eclíptica de los modelos ecuatoriales más sencillos. Dado que la rotación terrestre hace variar la orientación aparente del cielo aproximadamente un grado cada cuatro minutos, las mediciones deben realizarse con rapidez.

Origen histórico y elementos del instrumento

Las esferas armilares ecuatoriales tienen antecedentes muy antiguos y se han relacionado con las observaciones de astrónomos como Eudoxo, Aristilo y Timocaris. La aparición de la esfera eclíptica se ha atribuido a Hiparco o a Ptolomeo, aunque su origen exacto sigue siendo objeto de discusión histórica. Ambas construcciones utilizan como referencia el horizonte local, el meridiano y el círculo vertical primario, que permiten establecer los puntos cardinales y orientar el aparato.

Para poner la esfera en estación es necesario nivelarla, situar correctamente el meridiano y ajustar la inclinación del eje a la latitud geográfica del lugar. En la esfera eclíptica se añade el aro zodiacal y el coluro solsticial. Un aro móvil permite determinar la longitud eclíptica y otro, provisto de miras, la latitud. En el modelo presentado se ha prescindido de algunos aros que, aunque geométricamente representativos, dificultan el acceso visual y la observación.

En las fuentes antiguas aparece también el meteoroscopio, descrito en la Geografía de Ptolomeo. Su interpretación no resulta sencilla: algunas de las funciones que se le atribuyen parecen exigir conocer previamente la latitud que supuestamente permitiría medir. El hallazgo y estudio de un texto atribuido a Ptolomeo, conservado en un palimpsesto, ha aportado nuevos elementos para reconstruir su configuración. Con ciertas modificaciones, el aparato puede relacionarse con el astrolabio esférico.

Reconstrucción y primeras observaciones

Para comprobar el funcionamiento del instrumento diseñé una esfera armilar eclíptica mediante FreeCAD y construí un prototipo de madera. No se trataba de obtener una precisión

extrema, sino de verificar que los movimientos de los aros y el procedimiento de medida eran correctos. La estabilidad mecánica es esencial: el viento puede desplazar los elementos móviles y, en mi caso, llegó a provocar la rotura del aparato, que fue necesario reconstruir y reforzar con contrapesos.



Figura 1. La esfera armilar eclíptica construida

La orientación diurna puede realizarse con ayuda del Sol. Una vez nivelada y ajustada la esfera, se dirige el aro eclíptico hasta conseguir que su superficie interior quede en sombra. En esa posición, el aro es paralelo al plano de la eclíptica y permite leer la longitud solar en la escala zodiacal. A partir de esa referencia, el aro móvil de longitud puede dirigirse hacia otros astros.

El Almagesto describe un procedimiento especialmente útil cuando el Sol y la Luna son visibles simultáneamente. Se determina primero la posición solar y después se apunta al centro de la Luna para leer su longitud eclíptica. Repitiendo la operación puede seguirse su desplazamiento, de unos trece grados diarios, frente al avance aparente del Sol, próximo a un grado por día. Si las observaciones se prolongan hasta la noche, debe corregirse la posición lunar por el tiempo transcurrido y volver a orientar el aparato.

En las pruebas realizadas medí las posiciones del Sol, la Luna y varias estrellas, entre ellas Proción y Régulo. Los resultados fueron razonablemente próximos a los valores esperados, suficientes para comprobar el principio de funcionamiento. No pude completar la determinación de latitudes eclípticas porque el aro correspondiente necesitaba mejoras mecánicas. También utilicé la esfera durante el eclipse solar de agosto de 2026 para

representar la posición eclíptica de ambos astros, cuya coincidencia angular es característica de una conjunción.

El catálogo estelar del Almagesto

Una segunda línea de trabajo consiste en examinar las coordenadas del catálogo estelar del Almagesto y compararlas con posiciones modernas. Ptolomeo ofrece longitudes y latitudes eclípticas, expresadas mediante el signo zodiacal y los grados correspondientes. Para estudiar esas posiciones trasladé los datos a una hoja de cálculo y reconstruí las 48 figuras del catálogo.

Asimismo, seleccioné veinte constelaciones actuales, partiendo de coordenadas de referencia J2000, y calculé su desplazamiento por precesión hacia la época antigua. Al comparar ambos conjuntos apareció una diferencia media de aproximadamente 1,05 grados. Según mi interpretación, el sentido sistemático de las discrepancias sugiere que una parte de las longitudes del catálogo se correspondería con una época anterior a la fecha de referencia que Ptolomeo atribuye a sus observaciones, situada en el siglo II de nuestra era.

Esta observación plantea un problema histórico: ¿qué parte de los datos fue medida directamente por Ptolomeo y qué parte pudo proceder de observaciones anteriores? La cuestión se ha debatido ampliamente y los resultados dependen de las hipótesis sobre los instrumentos, los errores de medida, las fechas de referencia y la transmisión del catálogo. Mi comparación constituye una aportación a ese debate, no una demostración definitiva de la autoría de todas las posiciones.

Hiparco, Ptolomeo y la precesión de los equinoccios

Uno de los problemas centrales es la velocidad de la precesión de los equinoccios. Ptolomeo adoptó aproximadamente un grado por siglo, valor que difiere del ritmo medio actual, cercano a un grado cada 71,6 años. Para investigar esta discrepancia revisé las observaciones históricas que el Almagesto atribuye a Timocaris, Hiparco y al propio Ptolomeo.

La comparación de la posición de Espiga respecto al punto equinoccial, atribuida a Timocaris y a Hiparco, presenta una diferencia de unos dos grados en un intervalo de aproximadamente 142 años. La división directa de esas cantidades equivale a un grado cada 71 años, notablemente próximo al valor moderno. Mi propuesta es que los datos citados permiten inferir que Hiparco pudo disponer de una estimación de la precesión más precisa que la que finalmente adoptó Ptolomeo. Es una inferencia basada en esos valores, no una afirmación explícita del texto antiguo.

Examiné también las comparaciones relativas a Régulo. En este caso, los errores que se obtienen al reconstruir las posiciones y los momentos de observación son mayores para algunos datos atribuidos a Ptolomeo que para los asociados a Hiparco. Las diferencias invitan a revisar cómo se realizaron las medidas y cómo se transmitieron los resultados. No obstante, conviene distinguir el error de una observación concreta de la precisión general de un astrónomo o de su instrumental.

Las declinaciones estelares atribuidas a Timocaris, Aristilo, Hiparco y Ptolomeo muestran, en varios casos, una precisión notable para los medios disponibles. Precisamente por eso resulta interesante que el valor de precesión adoptado por Ptolomeo presente una desviación tan considerable. La reconstrucción histórica exige contrastar los distintos pasajes del Almagesto y sus circunstancias observacionales.

Ocultaciones, eclipses y comprobaciones con Stellarium

Como complemento al análisis de las coordenadas, utilicé simulaciones con Stellarium para reproducir algunas observaciones antiguas recogidas en el Almagesto. Entre ellas figuran una ocultación de Espiga por la Luna y eclipses lunares registrados en Babilonia. Estas descripciones constituyen testimonios especialmente valiosos porque relacionan un fenómeno identificable con una fecha y una configuración concreta del cielo.

La comparación entre las descripciones históricas y las simulaciones permite comprobar si la secuencia de los fenómenos es compatible con las fechas transmitidas. Debe tenerse en cuenta que, al retroceder tantos siglos, intervienen incertidumbres cronológicas y astronómicas, particularmente en la reconstrucción de los tiempos exactos de los eclipses. Aun así, las concordancias apoyan la realidad observacional de buena parte de los registros antiguos.

El astrolabio plano como instrumento de medida del tiempo

Para terminar, cabe recordar el astrolabio plano, instrumento relacionado con la tradición de las esferas armilares. Además de resolver problemas de posición astronómica, podía utilizarse para determinar la hora, junto con otros sistemas de medida del tiempo, como las clepsidras o relojes de agua.

El procedimiento parte de la altura observada de un astro, por ejemplo el Sol, y de su posición anual sobre la eclíptica. Mediante la escala zodiacal, la red y los círculos de altura o almucántaras de la lámina correspondiente a la latitud local, se obtiene la posición del astro en la representación del cielo y, a partir de ella, una estimación de la hora. El astrolabio resume así, en un dispositivo manejable, numerosos principios geométricos presentes en las esferas armilares.

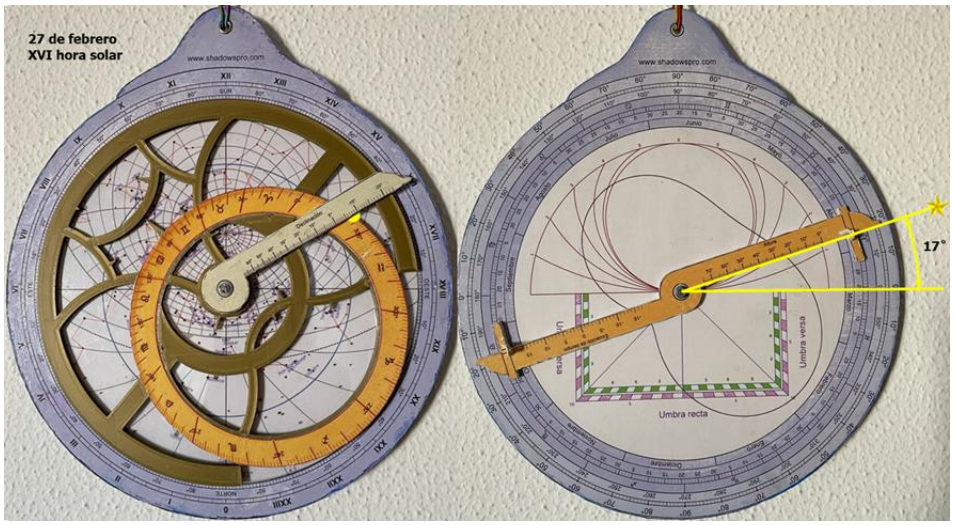

Figura 2. Astrolabio planisférico

La reconstrucción y el uso de estos instrumentos permiten comprender mejor la astronomía antigua. Más allá de sus limitaciones materiales, muestran la capacidad de los observadores para transformar la geometría celeste en procedimientos prácticos de medición y para construir registros que todavía hoy podemos estudiar y contrastar.