EL EXPERIMENTO MODERNO DE EDDINGTON EN 2026 Y 2027

Jordi Blanca

Desde la Agrupación Astronómica de Barcelona, Aster, hemos estado trabajando desde hace varios años en un proyecto que pretende reproducir, con tecnología actual y medios al alcance de la astronomía amateur, el célebre experimento de Eddington. Nuestro objetivo es medir la desviación que experimenta la luz de las estrellas al pasar cerca del Sol, un efecto predicho por la teoría de la relatividad general de Einstein.

Según esta teoría, la masa solar curva el espacio-tiempo y modifica la trayectoria de los rayos luminosos. Desde la Tierra, la consecuencia es un pequeño desplazamiento aparente de las estrellas situadas cerca del disco solar. Para un rayo que pasa junto al limbo del Sol, la deflexión prevista es de aproximadamente 1,75 segundos de arco. La desviación disminuye a medida que aumenta la distancia angular al Sol.

El experimento histórico de 1919

En 1919, apenas cuatro años después de la formulación de la relatividad general, Arthur Eddington y sus colaboradores organizaron expediciones para fotografiar estrellas durante un eclipse total de Sol. Un equipo observó desde Sobral, en Brasil, y otro desde la isla de Príncipe, frente a la costa africana. La comparación con placas de referencia obtenidas cuando el Sol no ocupaba esa región del cielo permitió estimar el desplazamiento aparente de las estrellas.

Fue una empresa compleja, con grandes instrumentos, placas fotográficas y mediciones manuales extremadamente delicadas. El número de estrellas útiles fue reducido y los datos presentaban incertidumbres, pero los resultados contribuyeron decisivamente a dar a conocer la teoría de Einstein. Lo que entonces requería expediciones y meses de trabajo puede abordarse hoy con cámaras digitales, catálogos astrométricos y programas informáticos.

La revolución de la astrometría moderna

Una referencia fundamental para este tipo de trabajo es el experimento realizado por el astrónomo amateur Donald Bruns durante el eclipse de 2017. Su planteamiento demostró que podía intentarse una medición moderna de la deflexión gravitatoria utilizando equipos relativamente accesibles. La dificultad principal sigue siendo registrar estrellas débiles muy próximas a la brillante corona solar.

Para resolverlo, se combinan exposiciones de distinta duración: las cortas permiten trabajar cerca de la corona y las más largas facilitan la detección de estrellas alejadas del disco solar. A diferencia del método de 1919, ya no necesitamos obtener necesariamente placas de referencia seis meses antes. Los catálogos actuales, especialmente Gaia, permiten calcular las posiciones estelares esperadas en el momento del eclipse y compararlas con las medidas en las imágenes.

Las placas de vidrio y los micrómetros analógicos han sido sustituidos por sensores CMOS, programas de detección de centroides y procedimientos automáticos de calibración. Podemos medir muchas más estrellas y estudiar de manera sistemática las fuentes de error, aunque alcanzar la precisión requerida sigue siendo un reto considerable.

De Aster a una colaboración internacional

Cuando supimos que habría eclipses totales visibles desde la península ibérica en 2026 y 2027, nos propusimos repetir la experiencia. Empezamos a desarrollar programas propios para predecir con precisión las posiciones de las estrellas, identificar las que podían aparecer cerca de la corona y comparar esas posiciones con las obtenidas en las fotografías.

Después de un par de años de trabajo contactamos con Donald Bruns, quien nos puso en relación con el grupo internacional Modern Eddington Experiment (MEE). Esta colaboración reúne a astrónomos aficionados, investigadores, docentes y estudiantes. Compartimos experiencias mediante una plataforma de comunicación, programas de análisis y documentación técnica. Disponer de un método común y de los resultados de las campañas anteriores nos ha permitido avanzar mucho más rápidamente.

El grupo ya había preparado y probado sus procedimientos con motivo del eclipse de 2024, y publicó trabajos sobre la metodología y los resultados. Nuestro propósito es aprovechar ese aprendizaje y repetir el experimento durante el eclipse de 2027 con mejores condiciones de observación.

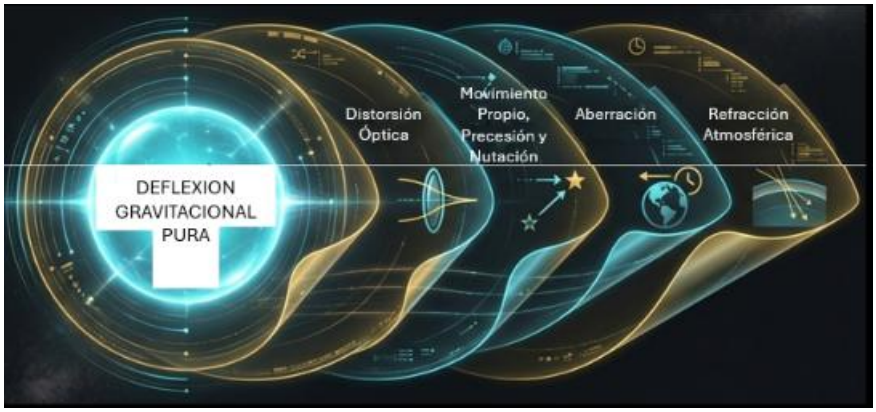

Figura 1. El modelo matemático

Cómo se realiza la medición

El trabajo tiene dos grandes partes: la adquisición de imágenes y el análisis astrométrico posterior. Durante el eclipse hay que fotografiar tanto el campo próximo al Sol como campos de calibración a ambos lados. En una de las secuencias empleadas en 2024 se dedicaron aproximadamente 50 segundos al campo derecho, 160 segundos al eclipse y otros 50 segundos al campo izquierdo. La secuencia debe planificarse cuidadosamente para no perder tiempo durante la totalidad.

Entre los instrumentos que han ofrecido buenos resultados figura el refractor Askar FRA500 con reductor 0,7× y una cámara monocroma ASI2600. Es importante disponer de un campo amplio, capaz de abarcar el Sol y suficientes estrellas circundantes, y de una óptica con distorsión muy reducida. No se trata de afirmar que sea el único equipo posible, sino de tomar como referencia una configuración contrastada por el grupo.

El catálogo Gaia proporciona posiciones, movimientos propios y otros datos que deben trasladarse a las condiciones de observación. En el cálculo intervienen el movimiento propio estelar, la precesión y nutación terrestres, la aberración, la refracción atmosférica y la distorsión del conjunto óptico. Solo después de aplicar estas correcciones podemos atribuir la desviación residual a la curvatura gravitatoria de la luz.

El programa de análisis compartido, desarrollado por Andrew Smith y Douglas Smith en Python y disponible como código abierto, automatiza operaciones como el apilado de imágenes, la detección de estrellas, la identificación de campos y el ajuste astrométrico. El resultado buscado es el coeficiente de deflexión gravitatoria, cuyo valor teórico en el limbo solar es de 1,75 segundos de arco. La amplitud del desplazamiento disminuye aproximadamente de forma inversa a la distancia al Sol.

Resultados y dificultades de las campañas recientes

En la campaña de 2024 se obtuvo un valor de aproximadamente 1,84 ± 0,24 segundos de arco, compatible con la predicción relativista, aunque con una incertidumbre mayor que la alcanzada por Donald Bruns en 2017. Las condiciones atmosféricas, con presencia de cirros durante el eclipse observado desde México, dificultaron la calidad de las mediciones.

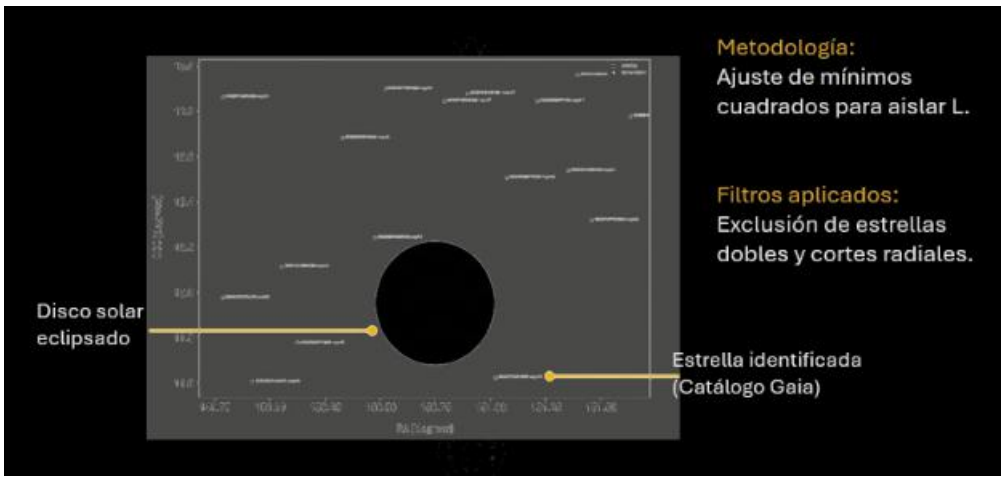

Figura 2. Calculo de la constante de deflexión L

En 2026 también intentamos efectuar el experimento, pero la geometría de observación y la refracción atmosférica complicaron mucho la astrometría. Las imágenes podían resultar espectaculares desde el punto de vista fotográfico y, sin embargo, no ofrecer la precisión necesaria para medir la deflexión. Un equipo situado en León consiguió identificar estrellas y

obtener un resultado, mientras que la mayoría de los demás equipos no logró completar satisfactoriamente el análisis.

Esta experiencia puso de relieve la importancia de mantener un seguimiento sidéreo, realizar los campos de calibración y programar por adelantado los desplazamientos de la montura y las capturas. Durante la totalidad es fácil quedar absorbido por el espectáculo y perder segundos valiosos. Por eso necesitamos automatizar la secuencia y ensayarla repetidamente, incluso con simulaciones y pruebas bajo la Luna llena.

El eclipse de 2027: una nueva oportunidad

El eclipse del 2 de agosto de 2027 presenta unas condiciones mucho más favorables, con el Sol a mayor altura y una menor influencia esperada de la refracción atmosférica. El grupo internacional tiene previsto observar desde el norte de Túnez. Por nuestra parte, el equipo de Aster se desplazará a Cádiz, donde el Real Instituto y Observatorio de la Armada nos facilitará instalaciones para situar los telescopios y realizar las observaciones.

La participación está abierta a otros equipos interesados. El proyecto demuestra que la astronomía amateur puede contribuir a una experiencia científica exigente mediante una colaboración internacional bien coordinada. No es una medición sencilla: exige instrumentos adecuados, software, calibraciones, pruebas y una preparación operativa rigurosa. Pero precisamente por ello resulta tan estimulante intentar reproducir con nuestros propios medios una de las pruebas históricas de la relatividad general.

Preguntas

¿Es cierto que en el experimento original de 1919 se cometió un error de medición que se corrigió posteriormente?

Durante el coloquio se planteó esa posibilidad. Jordi Blanca señaló que no conocía esa revisión concreta y recordó que las placas originales se conservan, por lo que pueden volver a analizarse. En una intervención posterior se explicó que distintas formas de medir las posiciones estelares pueden dar ajustes e incertidumbres diferentes, pero que ello no implica necesariamente un error que invalide el experimento. La conclusión destacada fue que el resultado histórico favorecía una desviación incompatible con la predicción newtoniana, dentro de las incertidumbres de la época.