

NUEVOS LOGROS EN ÓPTICA ADAPTATIVA

El día de Reyes la revista Nature publicó una noticia que representa un estupendo regalo para los astrónomos observacionales: la posibilidad de obtener imágenes astronómicas desde la Tierra sólo limitadas por la difracción del telescopio y en todo su campo de visión.

Una de las cualidades más apreciadas de un telescopio es su poder de resolución y los astrónomos han dedicado mucho esfuerzo a mejorar la fabricación de colectores para aumentar la calidad de las imágenes obtenidas. El poder separador de un telescopio es directamente proporcional al diámetro de su superficie colectora; sin embargo, el principal factor limitador es la propia atmósfera o, mejor dicho, las variaciones locales del índice de refracción generadas por turbulencia. Los distintos frentes de onda provenientes del objeto modifican su camino óptico al atravesar distintas celdas convectivas de la atmósfera. Ello produce desagradables distorsiones de la imagen real que alteran su calidad.

Hay tres formas de abordar la solución de este problema: la astronomía espacial (colocando el telescopio fuera de la atmósfera), la interferometría óptica (combinando varios telescopios como uno solo con diámetro efectivo equivalente a la máxima separación entre ellos) y la óptica adaptativa. Esta última se basa en la modificación, en tiempo real, de la superficie del espejo de tal forma que neutralice las distorsiones atmosféricas. Esto obliga a utilizar espejos más delgados (susceptibles de ser modificados mediante actuadores) y a observar simultáneamente una estrella de control en el campo que nos permita estimar las correcciones necesarias. Sin embargo la óptica adaptativa convencional no permite esta corrección en todo el campo de visión del telescopio sino sólo en aquella superficie donde podemos considerar el frente de onda plano y que denominamos superficie isoplanática.

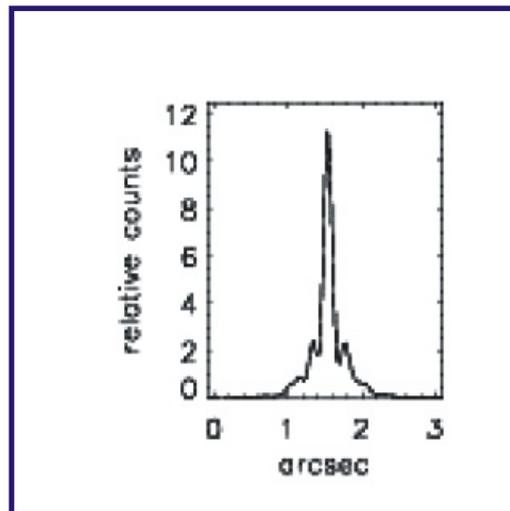
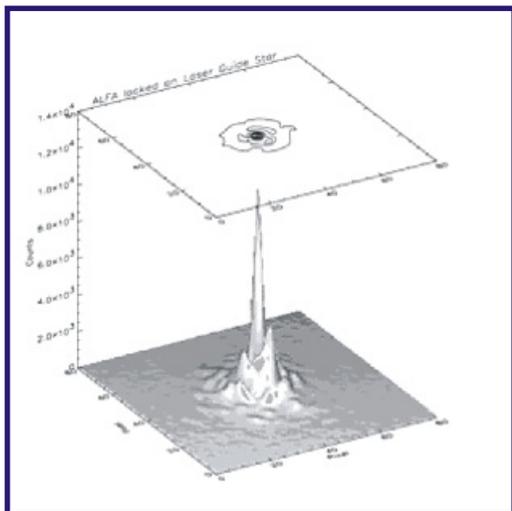
Otra limitación de esta técnica es la necesidad de estrellas brillantes en el campo que sirvan como guías. Se estima que sólo entre el 0.1% y el 1% de la esfera celeste contiene estrellas en su vecindad susceptibles de ser utilizadas para la evaluación de las correcciones atmosféricas. Este problema ha sido soslayado fabricando estrellas de guía artificiales. Un potente láser sintonizado en la línea D_2 puede excitar los átomos de sodio atmosférico a una distancia de aproximadamente 90 km y generar un estrella artificial con la luz reemitida por estos átomos cuando decaen a su nivel fundamental. Aunque las complicaciones técnicas de este método no son nimias (potencia suficiente, colimación, etc.) la óptica adaptativa convencional utilizada en telescopios de 3 y 4 metros, por ejemplo el de 3.5 m

del Observatorio de Calar Alto, ha logrado resultados espectaculares, alcanzando el límite de difracción teórico del telescopio (véase la figura 1).

Sin embargo, la utilización de guías artificiales no resuelve el problema de la limitada superficie isoplanática. Una estrella y un espejo son capaces de corregir las distorsiones producidas a lo largo de una sola dimensión, la línea de visión, pero no permite extender esta corrección a zonas más alejadas de la superficie isoplanática. En 1989 Beckers propuso un nuevo concepto denominado óptica adaptativa multiconjugada (MCAO en siglas inglesas). Esta idea se basa en la utilización de varios espejos y estrellas de guía (naturales o artificiales) que permiten la corrección de las distorsiones atmosféricas en tres dimensiones, capaz, en principio, de producir una compensación uniforme sobre un campo de visión mucho más amplio.

El artículo publicado por Ragazzoni, Marchetti y Valente (Nature, 2000, 403, 54) da un paso más en esta dirección y demuestra que esta idea es aplicable con éxito. Utilizando cuatro estrellas de guía de la constelación de Aquila y un solo espejo han obtenido la primera tomografía atmosférica. La estrella central es corregida a partir del análisis tridimensional (por mínimos cuadrados) de las distorsiones de las otras tres. La distancia angular media entre las estrellas de guía y la central es de 15 segundos de arco, muy superior a la dimensión típica de la región isoplanática que es del orden del segundo de arco. Los resultados son espectaculares: el error cuadrático medio de los residuos es 17 veces inferior a la distorsión inicial y tres veces menor que la obtenida corrigiendo por el promedio de las distorsiones. Las observaciones se efectuaron con el telescopio Galileo situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos. Aunque el experimento no se realizó en tiempo real, sino que la corrección se estimó en el "laboratorio" a partir de un conjunto de imágenes tomadas cada 8 segundos, no deja de representar un gran avance en la aplicación de esta técnica a campos de visión más amplios.

Dos espejos deformables podrían utilizar estas predicciones para corregir las distorsiones en todo el campo de visión. Los retos tecnológicos son todavía muy fuertes; si queremos corregir en tiempo real se necesitarían computadoras con una velocidad de cálculo 15 veces superior a la actual. No obstante, varios grupos de investigación están abordando este problema para la gama de telescopios de entre 8 y 10 m y representan la solución ideal para la nueva generación de colectores con diámetros entre 30 y 100 m.



En esta figura compuesta se puede observar la imagen y el perfil de la estrella SAO 68075 obtenida con el sistema de óptica adaptativa ALFA utilizado en el telescopio de 3.5 m de Calar Alto. La imagen fue obtenida en la banda K utilizando la cámara infrarroja Omega en Junio de 1999. Durante 10 segundos, la resolución angular (inicialmente de 0.65 segundos de arco) bajó a 0.14 pudiéndose observar los anillos de difracción más externos (Team ALFA, Calar Alto Observatory).

Emilio J. Alfaro (IAA)

MENOS ASTEROIDES CERCANOS A LA TIERRA

Hasta hace pocos años, los cálculos probabilísticos sobre riesgo de colisión de un asteroide de diámetro igual o superior a 1 km estaban basados fundamentalmente en el trabajo sistemático realizado por Shoemaker y sus colaboradores en 1990. En dicho trabajo se ponía de relieve que el número de asteroides cercanos a la Tierra (que normalmente se denominan NEAs, del inglés Near Earth Asteroids) con un diámetro superior a 1 km, podría estar entre 1.000 y 2.000. De estos valores, y mediante simulaciones numéricas, se llegó a la conclusión de que el número de impactos de estos cuerpos podría estar entre 1 y 2 por cada 100.000 años. Como la colisión de un asteroide de ese tamaño se considera suficiente para destruir un porcentaje alto de la vida en la Tierra, esa estimación del número de NEAs se traduce en que la probabilidad de que la civilización sea destruida en un periodo de 1.000 años está entre el 1% y el 2%. La probabilidad es baja, pero los efectos serían tan devastadores y letales, que el gobierno de los Estados Unidos decidió encomendar a NASA un rastreo sistemático de NEAs.

Recientemente, Rabinowitz y su equipo nos han traído buenas noticias de su trabajo: el número de NEAs es aproximadamente la mitad del que pensaba el matrimonio Shoemaker. Rabinowitz, conocido rastreador de asteroides y usuario asiduo

del telescopio Spacewatch (telescopio pionero en emplear las nuevas tecnologías para la detección de cometas y asteroides), nos había anticipado en 1993 unos resultados más bien contrarios a los que ahora presentan en el número del 13 de Enero de la revista Nature.

La aportación fundamental de Rabinowitz y sus colaboradores ha sido la de diseñar y llevar a cabo unas observaciones mucho más sistemáticas, sensibles y precisas que las debidas a los Shoemaker y E. Helin, quienes se dedicaron durante bastante tiempo a tomar placas fotográficas en telescopios de campo ancho tipo "Schmidt" en el Observatorio de Monte Palomar. La búsqueda de objetos se realizaba por métodos visuales no automatizados. Para este trabajo, el equipo de Rabinowitz ha utilizado el instrumento NEAT (siglas en inglés de Near Earth Asteroid Tracking), desarrollado en el Jet Propulsion Laboratory de NASA, junto con un sistema computarizado que detecta objetos débiles en movimiento respecto a las estrellas, eliminando el factor humano siempre subjetivo. La gran sensibilidad del instrumento (acoplado a un telescopio militar de un metro de diámetro en Maui, Hawaii), y la meticulosidad de las calibraciones, han permitido determinar el número de NEAs con una incertidumbre mucho menor que las alcanzadas hasta ahora.