

A la búsqueda de exoplanetas

Luis Cuesta Crespo y Grupo de Telescopios Robóticos del CAB

1 Introducción

Una de las líneas de la Astrofísica observacional con mayor empuje actualmente es el de la búsqueda y caracterización de exoplanetas. Se piensa que sólo en nuestra Galaxia hay alrededor de 10^9 sistemas planetarios. El interés de la investigación en este campo, y en todos los directamente relacionados con él, radica no sólo en la posibilidad de conocer mejor cómo se forman y evolucionan los sistemas planetarios en general, y nuestro Sistema Solar en particular, sino que en un plazo intermedio, muy probablemente en esta década, llevará al descubrimiento, mediante misiones espaciales como COROT (Convection, Rotation et Transits, CNES, Francia) y Kepler (NASA), de planetas "tipo Tierra" o "telúricos". Pero, además, a más largo plazo, en el marco de la "Cosmic Vision 2015-2025" de ESA, se conseguirá la caracterización de sus atmósferas mediante la misión Darwin con la posibilidad de conocer si en alguno de ellos existe actividad biológica.

Por otro lado, una de las motivaciones científicas más importantes para el diseño de grandes telescopios terrestres (de clase 10 metros y superiores) y su instrumentación se enmarca dentro de estas líneas de investigación. El trabajo complementario de los observatorios espaciales y terrestres producirá, sin duda, ciencia de gran calidad. Es obvio el impacto no sólo científico, sino social, de los resultados que se deriven de este tipo de estudios.

Luis Cuesta Crespo
Centro de Astrobiología, INTA, Carretera de Ajalvir, km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid,
e-mail: cuestacl@inta.es

2 Una nueva herramienta

Los telescopios robóticos son una nueva herramienta que está cambiando en muchos aspectos la manera de hacer Astronomía. Al ser más pequeños y baratos, y por tanto mucho más versátiles, que los grandes telescopios son ideales para mantener la atención en aquellos experimentos que requieren una vigilancia constante. En general se destinan a objetos cercanos y brillantes. Sin embargo, el uso de este tipo de telescopios ha sido rápidamente adoptado en algunos de los más prolíficos campos de esta ciencia, incluyendo la búsqueda de exoplanetas. En este campo en particular, los telescopios robóticos han demostrado una eficiencia y una agilidad que difícilmente se habría conseguido con telescopios convencionales.

Dadas sus características, los telescopios robóticos son muy útiles en aquellas observaciones de tipo rutinario que no requieran operador y para las que se genere una gran cantidad de datos que puedan ser reducidos y analizados de forma automática. Se muestran, pues, muy productivos en la búsqueda de exoplaneta por el método de tránsitos, en el estudio de la microvariabilidad y la actividad cromosférica de estrellas semejantes al Sol, en la catalogación de objetos cercanos a la Tierra como asteroides y cometas, en la búsqueda de supernovas extragalácticas y en la fotometría de estrellas variables y de binarias eclipsantes. Por supuesto, la flexibilidad de estos telescopios permite cambiar con rapidez el programa de observaciones y estudiar objetos de oportunidad como supernovas, novas o explosiones de rayos γ .

3 Telescopios Robóticos del CAB

Fabricados por Optical Mechanics (www.opticalmechanics.com), los tres telescopios tienen una configuración Cassegrain clásica con apertura de 50 cm (F/10). La montura es ecuatorial con los ejes de Ascensión Recta y Declinación impulsados por motores de alta precisión. El apuntando es mejor que 0,5" y el error en el seguimiento es $< 0,3''$.

En cada observatorio el telescopio se encuentra dentro de una cúpula hemisférica rotante automática que permite una ventana de observación de 0° a 90° .

Cada telescopio está equipado con una cámara de Finger Lakes dotada de un detector CCD de 4008x2672 ($9 \mu\text{m}$) de alta eficiencia cuántica. El obturador es capaz de obtener exposiciones de hasta 0,05 segundos y están refrigeradas termoelectricamente.

Se dispone de una rueda de filtros por telescopio con el juego de fotometría Johnson UBVRI, filtros nebulares [OIII], $H\alpha$, $H\beta$) y los filtros rojo, verde y azul para tricomía.

Existen tres modos de funcionamiento:

- Local, utilizando la consola, interactivo
- Remoto, utilizando un programa de acceso, también interactivo
- Robótico, usando un programa de tareas, que es automático y no interactivo

Cada observatorio incluye dos ordenadores LINUX, uno dedicado al control del telescopio y otro para el análisis de datos, y cuenta con una estación meteorológica y GPS.

Los observatorios se controlan usando la aplicación TALON. Proporciona, mediante una sencilla interfaz gráfica, control completo sobre todo el observatorio: el telescopio, la cúpula, la rueda de filtros, el foco, autocompensado con la temperatura, la estación meteorológica, con sus alarmas, y la cámara.

Para proporcionar un control completo sobre el observatorio se dispone de varias aplicaciones como programas de cielo, que controlan el telescopio, y cámaras de vigilancia para la utilización remota.

4 Tránsitos de exoplanetas

Existen muchas posibilidades para intentar detectar planetas extrasolares que requieren el uso de diversas técnicas observacionales con diferentes precisiones. Algunas se pueden conseguir ya y otras necesitan algunos años de desarrollo tecnológico para alcanzarse.

El método de los tránsitos está basado en la observación mediante fotometría diferencial de una pequeña disminución en el brillo de una estrella cuando uno de sus planetas pasa por delante. La cantidad de luz perdida, típicamente entre 0,01% y 1%, depende de los tamaños de la estrella y del planeta. La duración del tránsito depende de la distancia del planeta a la estrella y de la masa estelar. Puesto que la masa y el tamaño de la estrella pueden ser determinados mediante observaciones



Fig. 1 Telescopio instalado en el observatorio de Calatayud

espectroscópicas, el tamaño del planeta y su distancia pueden ser determinados. La ocurrencia repetida de los tránsitos es el mejor diagnóstico para determinar si están realmente producidos por un planeta pues debe ocurrir un tránsito en cada órbita del planeta.

El método de los tránsitos es la única técnica conocida que permitirá la detección de planetas pequeños, del orden de la Tierra, usando CoRoT. El método de las velocidades radiales –por medio del cual se han descubierto la mayoría de los planetas extrasolares hasta la fecha– está fundamentalmente limitado a la detección de grandes planetas, con al menos la masa de Urano. La repetitibilidad de los tránsitos da también la oportunidad de observar un planeta transitando en el futuro con una instrumentación mejorada que actualmente está en desarrollo. Por ejemplo, será posible examinar espectroscópicamente la atmósfera del planeta mientras transita para identificar las líneas de absorción. Así se podrá detectar la presencia de oxígeno y comprobar, así, si hay indicios de vida.

5 El objetivo: buscar exoplanetas

El objetivo en este proyectos es detectar nuevos exoplanetas y, sobre todo, caracterizar los exoplanetas conocidos utilizando para ello los Telescopios Robóticos del CAB mediante el método de tránsitos.

El sistema es capaz de proporcionar precisiones de milimag en pocos segundos de exposición para una estrella de 15 mag. Teniendo en cuenta los posibles tránsitos en el Sistema Solar, con esta precisión es posible detectar tránsitos de planetas como Urano alrededor de estrellas como el Sol a 1 kpc (15 mag).

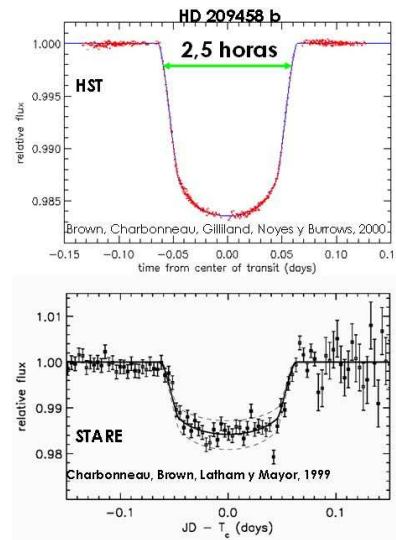


Fig. 2 Curva de luz del tránsito de un exoplaneta conocido

Para la mayoría de los exoplanetas encontrados sólo se conocen sus parámetros orbitales y con errores significativos. Aprovechando las posibilidades que ofrece la utilización de una red de telescopios robóticos se pretende estudiar a fondo los parámetros de los exoplanetas conocidos haciendo un seguimiento de sus curvas de luz y de sus ciclos orbitales y fases de máximos y mínimos de manera que se puedan reducir drásticamente las barras de error. Esto nos permitirá determinar con una mayor precisión las masas, tamaños y distancias a las estrellas centrales de los planetas. De este modo seleccionaremos con mejor criterio aquellos que podrían estar dentro de la zona de habitabilidad de la estrella.

Hasta ahora las únicas detecciones de atmósferas exoplanetarias se han conseguido con el HST. Realizando también fotometría diferencial rápida con telescopios de tamaño medio durante la fase de entrada y salida del tránsito es posible identificar una atmósfera. Aquí se presenta el efecto teórico durante la entrada del tránsito para HD 209458b, junto con la pendiente para un planeta equivalente sin atmósfera y la diferencia entre ambos.

Finalmente, las líneas de investigación previstas con los Telescopios Robóticos del CAB incluyen cometas y asteroides, galaxias y nebulosas, estrellas variables, supernovas y más.

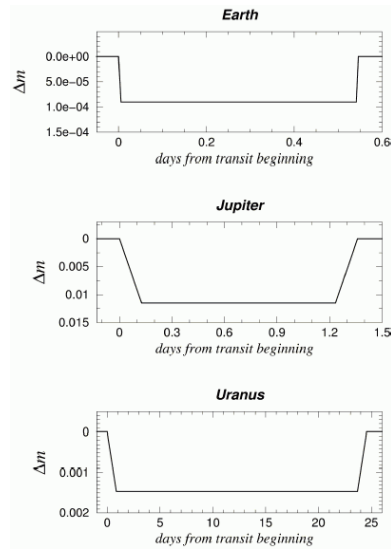


Fig. 3 Curvas de luz de tránsitos en el Sistema Solar

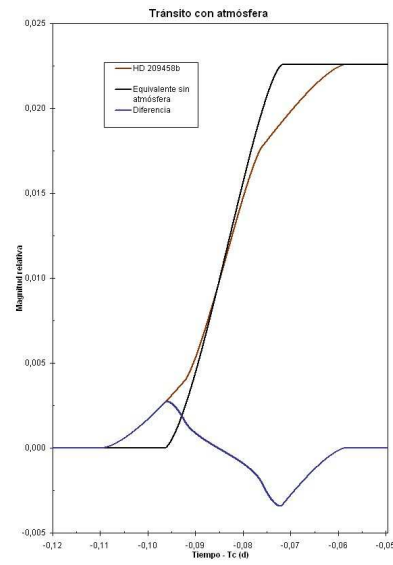


Fig. 4 Efecto teórico de la presencia de una atmósfera en la curva de luz del tránsito de un exoplaneta