

Caracterización de atmósferas de planetas extrasolares basada en espectroscopía con HST/WFC3

Santiago Pérez-Hoyos, Elene Zaldua, Joan Roy-Pérez, Asier Munguira, Hao Chen-Chen, Naiara Barrado-Izagirre

Grupo de Ciencias Planetarias, Universidad del País Vasco UPV/EHU

Resumen

La espectroscopía de transmisión es una técnica fundamental para conocer la temperatura, composición y la presencia de nubes y aerosoles en las atmósferas de algunos planetas extrasolares (Kreidberg, 2018). Cuando estos planetas reúnen una serie de condiciones adecuadas, el análisis de espectros adquiridos incluso a baja resolución puede indicar la presencia de algunas bandas de absorción y de partículas en la atmósfera. **Este trabajo es el resultado de una serie de Trabajos Fin de Grado (Física) y Trabajos Fin de Máster (Ciencia y Tecnología Espacial).**

Planetary Spectrum Generator

Para modelar estos espectros hemos empleado la herramienta Planetary Spectrum Generator de NASA/GSFC (Villanueva et al., 2018). Este código permite simular una gran variedad de situaciones relevantes para el estudio de atmósferas y superficies de cuerpos del Sistema Solar y exoplanetas. Para simular las absorciones atmosféricas emplea tanto bases de datos de secciones eficaces como de tablas *correlated-k* precompiladas.

Para realizar la inversión de los espectros de estos planetas hemos empleado un algoritmo de estimación óptima (Rodgers, 2000) y también algoritmos MCMC de inferencia Bayesiana para hacer una caracterización preliminar de los parámetros atmosféricos más relevantes y hemos estudiado la posible presencia de capas de nubes en algunos de ellos, con herramientas propias desarrolladas a tal efecto basadas en nuestro conocimiento previo de las atmósferas del sistema solar (West, 2018).

Por último, estudiaremos en el futuro cómo este tipo de objetos podrán ser analizados por las próximas misiones que pueden explotar este campo, como son el James Webb Space Telescope o ARIEL.

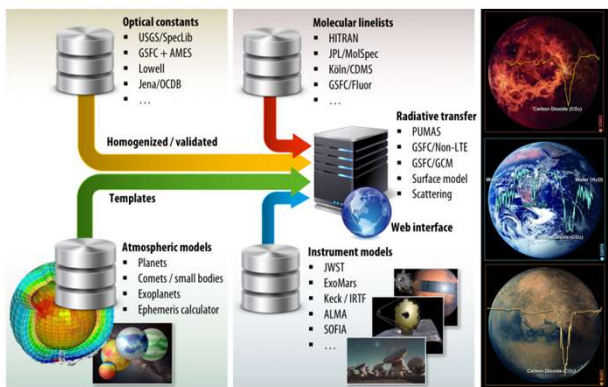


Figura 1: Esquema del funcionamiento general del Planetary Spectrum Generator y de su relación con diversas bases de datos espectroscópicas y geométricas. Tomado de <https://psq.gsfc.nasa.gov/>

Observaciones HST/WFC3

En este trabajo hemos analizado un conjunto público de 30 exoplanetas gaseosos observados por el Hubble Space Telescope (HST) con el instrumento WFC3 (Tsiaras et al., 2018). Estos planetas poseen temperaturas entre 600 K y 2400 K y radios entre 0.35 y 1.9 R_{JUP} , todos ellos con masas superiores a diez masas terrestres. Para cada caso se ha observado un número variable de tránsitos (1 – 6) para conseguir un espectro de transmisión entre 1.0 y 1.7 μm con resoluciones entre 50 y 70.

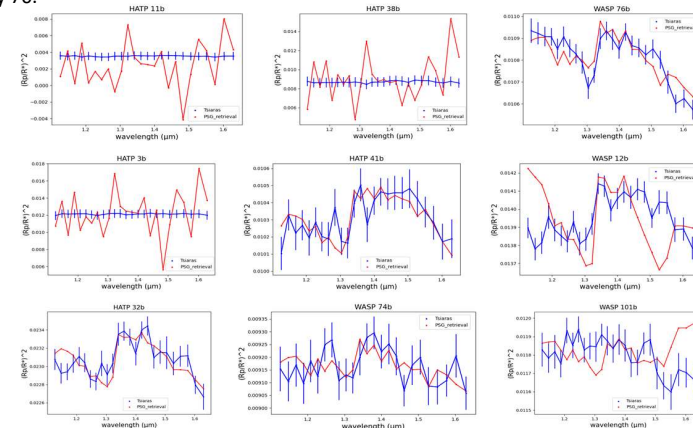


Figura 2: Ejemplos de algunas profundidades de tránsito observadas por HST/WFC3 (azul) y los modelos de mejor ajuste obtenidos con el ajuste de tres parámetros libres (rojo).

Referencias

Kreidberg L. (2018) Exoplanet Atmosphere Measurements from Transmission Spectroscopy and Other Planet Star Combined Light Observations. In: Deeg H., Belmonte J. (eds) Handbook of Exoplanets. Springer

Rodgers, C.D. (2000). Inverse methods for atmospheric sounding, World Scientific Publishing

A. Tsiaras et al. (2018) A population study of gaseous exoplanets, The Astronomical Journal 155, 156

G.L. Villanueva et al. (2018), Planetary Spectrum Generator: an accurate online radiative transfer suite for atmospheres, comets, small bodies and exoplanets, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Volume 217, pp. 86-104.

West R.A. (2018) Temperature, Clouds, and Aerosols in Giant and Icy Planets. In: Deeg H., Belmonte J. (eds) Handbook of Exoplanets. Springer

Resultados

En un primer análisis, hemos realizado el ajuste a la profundidad de tránsito con tres parámetros libres: el diámetro planetario, la temperatura superficial y la cantidad de agua. Para ello hemos utilizado el formalismo del estimador óptimo. Aunque los ajustes son en general buenos en lo que respecta a la profundidad de tránsito promedio, se observan algunas discrepancias (Figuras 2 y 3), funcionando mejor el método con atmósferas calientes y extendidas, como es lógico.

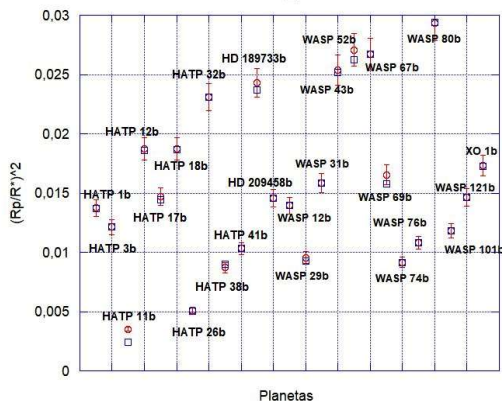


Figura 3: Profundidades de tránsito promedio observadas (rojo) y mejores ajustes obtenidos (azul) para la muestra.

Algunos de los planetas con mejor y peor comportamiento han sido después analizados mediante técnicas MCMC de inferencia bayesiana, con varios miles de modelos explorados en cada caso. Esto nos permite estudiar la correlación entre los parámetros libres y nuestra capacidad de discriminarlos.

En una siguiente fase, estamos añadiendo la presencia de nubes o aerosoles en algunos de los planetas que muestran signos como ausencia de bandas esperadas.

El objetivo final de este trabajo es incorporar modelos microfísicos testados en los planetas del Sistema Solar para incluir modelos de formación de nubes.

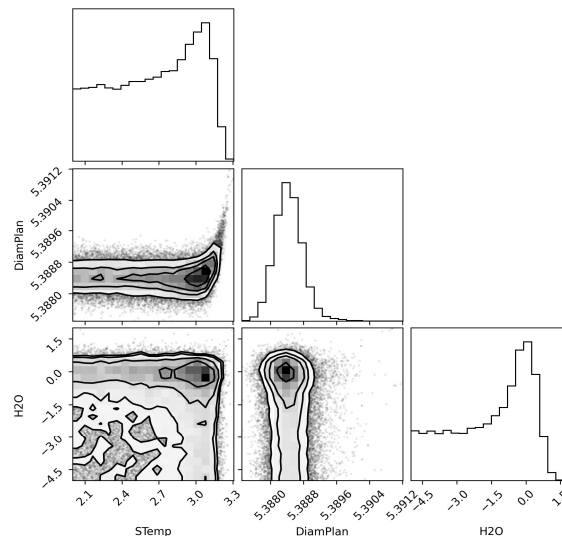


Figura 4: Exploración del espacio de parámetros a posteriori para el planeta WASP-74b con técnicas MCMC.