

Análisis de las causas de las variaciones fotométricas de estrellas jóvenes

Lovos F.V.^{1,3}, Gómez M.^{1,3}, Ahumada J.A.¹, Petrucci R.^{2,3}, Jofré E.^{1,3}

¹ Observatorio Astronómico Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

² Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Buenos Aires, Argentina

³ CONICET

Introducción

Las WTTS (Weak Emission T Tauri Stars), u objetos de Clase III, son estrellas de Pre-Secuencia Principal con edades de algunas decenas de millones de años. Éstas, a diferencia de las T Tauri más jóvenes, CTTS (Classical T Tauri Stars, de 1 millón de años), generalmente carecen de evidencias observacionales de la presencia de discos circunestelares de gas y polvo. Una de las teorías más fuertes propuestas para explicar esto es que el material del disco está siendo empleado en la formación de planetas en órbita alrededor de la estrella central.

Las estrellas de Clase III son predominantemente de tipos espectrales G y K, por lo cual se corresponden con los tipos espectrales de la gran mayoría de estrellas con exoplanetas detectados ya sea mediante la técnica Doppler o por tránsitos planetarios.

En este sentido, se requiere en primera instancia, de un monitoreo fotométrico durante un periodo razonable de tiempo de regiones de formación observables desde el hemisferio sur. Las regiones seleccionadas pertenecen a las nubes oscuras de Chamaeleon I, Lupus, ρ Ophiuchi y Orión. A este fin se están usando los telescopios "Horacio Ghilmetti" (THG de 0.40 m) y el "Astrógrafo para el Hemisferio Sur" (ASH de 0.45 m) de CASLEO, elegidos en razón de la gran área cubierta por los mismos, con el objetivo de detectar variaciones fotométricas que podrían ser compatibles con las debidas a tránsitos planetarios.

Tabla 1. Parámetros físicos utilizados por los programas, extraídos de los modelos evolutivos de Siess et al. (2000)

Estrella	Radio	Temperatura
0.5 M_{Sol}	0.843 R_{Sol}	3764 K
1 M_{Sol}	1.141 R_{Sol}	4299 K

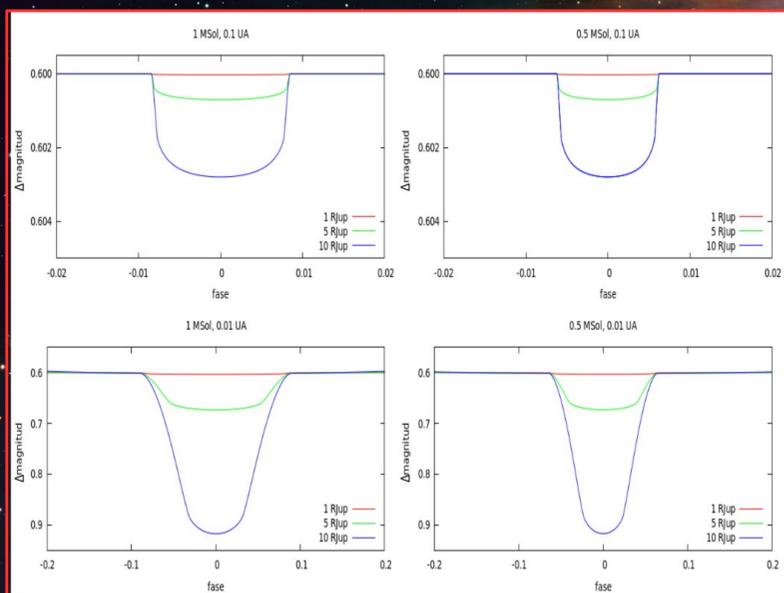


Figura 1. Curvas de luz sintéticas para estrellas de 1 y 0.5 M_{Sol} con 0.1 y 0.01 UA de semieje para las órbitas. En cada recuadro se comparan las curvas correspondientes a tres radios diferentes para el planeta.

Análisis

En el marco de un proyecto que busca detectar la presencia de embriones planetarios mediante la técnica de tránsitos en estrellas WTTS, es importante tener en cuenta que, frecuentemente, estas estrellas poseen variaciones fotométricas del orden de algunas décimas de magnitud que correlacionan con el periodo de rotación, las mismas son atribuidas a manchas frías de origen magnético (Herbst et al. 1994, Batalha et al. 1998, Ménard & Bertout 1999, Joergens et al. 2003). Lo que merece particular atención, ya que es posible que las variaciones debidas a este tipo de manchas puedan confundirse con un tránsito planetario. Esto mismo puede verse en trabajos como el de Huélamo et al (2008) donde modelan las variaciones observadas en TW Hya atribuidas a un planeta de 10 M_{Jup} por una mancha fría que cubriría el 7% de la superficie estelar. Por otra parte, hay evidencia positiva en favor de la existencia real de planetas orbitando estrellas T Tauri, como la presentada por van Eyken et al. (2012).

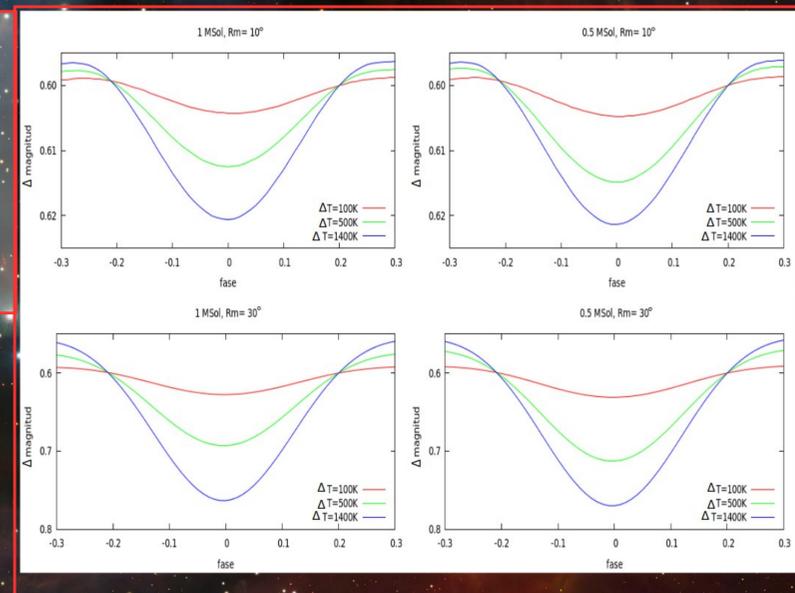
Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es analizar la similitud o diferencia entre las curvas de luz producidas por manchas y por tránsitos planetarios. Para lo cual, se calcularon curvas de luz sintéticas para estrellas de pre-secuencia principal de masas de 0.5 y 1 M_{Sol} , de 10 millones de años, mediante el uso del código JKTEBOP (www.astro.keele.ac.uk/jkt/codes/jktebop.html) para simular tránsitos y del código Wilson & Devinney (1971) para manchas. En ambos casos los parámetros estelares físicos necesarios para el cálculo fueron obtenidos de los modelos evolutivos de Siess et al. (2000) y están listados en la Tabla 1.

Para los tránsitos se consideraron órbitas circulares de 0.1 y 0.01 UA y planetas de 1, 5 y 10 R_{Jup} (Figura 1). Puede verse que las profundidades de los mínimos varían con la distancia del planeta y el tamaño del mismo. De acuerdo a esto, se encuentra que para semiejes de 0.1 UA las variaciones son del orden de las milésimas, mientras que para 0.01 UA las variaciones van de unas décimas a algunas centésimas, considerando radios entre los 5 y 10 R_{Jup} .

En cuanto a las manchas se consideró una mancha circular fría con radios (R_m) de 10° y 30°, y diferenciales de temperatura con respecto a la temperatura superficial de la estrella de 100 K, 500 K y 1400 K (Figura 2). Se aprecian variaciones de unas milésimas ($\Delta T \sim 100$ K, $R_m = 10^\circ$) hasta algunas décimas de magnitud en el caso de las manchas más grandes y con $\Delta T \geq 500$ K.

Como resultado se obtiene que las profundidades de los mínimos producidos por manchas son, muchas veces, comparables a las de planetas. Por lo tanto, se evidencia la dificultad en discernir entre curvas producidas por planetas y manchas.

Figura 2. Curvas de luz sintéticas para estrellas de 1 y 0.5 M_{Sol} con manchas frías de 10° y 30° de radio. En cada recuadro se comparan las curvas para diferentes ΔT .



Trabajo a Futuro

Los tránsitos planetarios podrían mimetizarse con manchas frías y viceversa. A los fines de dilucidar el origen de estas variaciones, de entre las estrellas que presenten variabilidad fotométrica, se seleccionarán sólo aquellas para las cuales el período de la variación no se corresponda con el período de rotación de la estrella.

Adicionalmente se realizarán observaciones en varios filtros ya que la amplitud de las manchas debería ser muy sensible a la longitud de onda. El código de Wilson & Devinney será intensivamente empleado para tratar de modelar tanto manchas como compañeras binarias y/o estrellas de fondo. El propósito será descartar, en la medida en que sea factible, todos los escenarios astrofísicos (no planetarios) que produzcan las variaciones observadas. Finalmente se prevé la posibilidad de modelar la mancha y restar su contribución de la curva de luz observada para tratar de discriminar la contribución del posible tránsito planetario.

Referencias

- Batalha, C. C., Quast, G. R., Torres, C. A. O., et al. 1998, A&AS, 128, 561
 Herbst, W., Herbst, D. K., Grossman, E. J., Weinstein, D. 1994, AJ, 108, 1906
 Huélamo N., Figueira P., Bonfils X., et al. 2008, A&A, 489, L9
 Joergens, V., Fernández, M., Carpenter, J. M., Neuhäuser, R. 2003, ApJ, 594, 971
 Ménard, F., Bertout, C. 1999, en "The Origin of Stars and Planetary Systems", eds.: C. J. Lada y N. D. Kylafis, Kluwer Academic Publishers, p. 341
 Siess, L., Dufour, E., Forestini, M. 2000, A&A, 358, 593
 Van Eyken J.C. et al. 2012, ApJ, 755, 42
 Wilson R. E. and Devinney, E. J. 1971, ApJ, 166, 605