

## Observación de la convección en estrellas de tipo solar

Autor: Héctor Vázquez Ramió

Tesis doctoral dirigida por: Teodoro Roca Cortés y Clara Régulo

Centro: Universidad de La Laguna;

Instituto de Astrofísica de Canarias

Fecha de lectura: 26 de noviembre de 2009

La motivación de la tesis proviene del ámbito de la Heliosismología, disciplina que se encarga del estudio de los modos propios de oscilación solar. En el espectro de potencias de las series temporales de fluctuaciones de irradiancia y velocidad solar integradas sobre el disco se observan los conocidos modos acústicos (o modos p), cuyas frecuencias discretas permiten sondear las principales propiedades físicas del interior solar (lo que es aplicable también a otras estrellas de tipos espectrales cercanos). Además está presente otra señal que, en este caso, no es periódica, consistente en distribuciones de potencia en distintas regiones de frecuencia que se atribuyen a la evolución temporal de heterogeneidades en la superficie solar tales como el efecto de la convección así como la manifestación del magnetismo solar en la superficie. Esta señal, tanto solar como la análoga en otras estrellas, es el objeto de estudio de la tesis. En este contexto se han analizado series temporales de las fluctuaciones de la irradiancia solar integrada sobre el disco provenientes del experimento espacial VIRGO ajustando, empleando el modelo de Harvey, la señal periódica (oscilación fotosférica) y no periódica, causada por las heterogeneidades espaciales y temporales presentes en la fotosfera solar. Se ha hallado necesario incluir en el modelo una componente no periódica adicional con tiempos de vida media de unos 70s. Se ha desarrollado un modelo de simulaciones numéricas fenomenológicas de la irradiancia del disco solar que incluye granulación, supergranulación, manchas solares, rotación diferencial y oscurecimiento centro-borde; basado en observaciones de alta resolución espacial del Sol. Las simulaciones reproducen satisfactoriamente la señal solar que se incluye en el modelo. Esta herramienta se puede emplear para simular otras estrellas. Se han empleado las observaciones del STARE (para la detección de planetas por el método de tránsitos) de más de un mes y sobre un campo de  $6^{\circ} \times 6^{\circ}$ . Se han clasificado las estrellas en función de su diferencia de color J-Ks del catálogo "Two Micron All Sky Survey" (2MASS) y seleccionando estrellas de Secuencia Principal de tipo espectral cercano al solar: 4 de tipo espectral A, 50 F, G y K, y 29 M; obteniendo los respectivos espectros de potencias promedio representativos de cada uno. En la región de frecuencias donde se espera señal de granulación se ha ajustado una función potencial del tipo  $P(f) = Af^B$  que equivale a realizar un ajuste lineal en el plano  $\log P$  vs  $\log f$ . La pendiente  $|B|$  crece con lo tardío del tipo espectral (de F a M). También se han llevado a cabo observaciones con los telescopios OGS del OT e INT del ORM de un mismo campo para efectuar un estudio análogo. Los resultados de los ajustes indican la misma tendencia encontrada para el campo de STARE pero sólo de G a M. Se han comparado las pendientes B del espectro de potencias del Sol (de tipo espectral G2) en ciertas regiones del mismo y se han comparado con los resultados obtenidos para conjuntos de estrellas de tipo espectral G. En el caso de estas últimas, las pendientes medidas son menores, en valor absoluto, debido principalmente a la presencia de

ruido procedente de la reducción fotométrica y al efecto adverso de la atmósfera terrestre (centelleo), además de las interrupciones que conforman la ventana observacional. Por otro lado, en base a una medida existente en la literatura de B sobre el espectro de potencias de alfa Cen A, estrella del mismo tipo espectral que el Sol, y a distintas realizaciones de la simulación fenomenológica, se ha estimado el tiempo de vida característico de la granulación en dicha estrella en 240s. Se han analizado observaciones recientes realizadas desde el espacio por la misión "Micro-variability and Oscillations of Stars" (MOST) de Procyon A, una estrella de tipo espectral F5. La serie temporal tiene un ruido suficientemente bajo como para realizar un estudio individualizado que ha permitido estimar, con la ayuda del modelo de simulaciones numéricas fenomenológicas desarrollado, que el tiempo de vida de la granulación en Procyon A es entre 120s y 240s. La amplitud raíz cuadrática media de la misma en el dominio temporal se ha estimado en 230ppm, unas diez veces mayor que la ajustada en el Sol. También se ha realizado un estudio preliminar de los datos del satélite espacial "Convection Rotation and planetary Transits" (CoRoT) que pertenecen al programa de búsqueda de planetas, donde se ha encontrado que en la zona del espectro donde en el Sol se localizan la supergranulación y las regiones activas,  $|B|$  crece del tipo espectral F al M. La presencia de la frecuencia orbital del satélite en los datos ha impedido llegar a conclusiones en la región en la que debiera de dominar la señal de granulación. La comprensión de la señal no periódica presente en estrellas de tipo espectral cercano al solar va a ser crucial a la hora de analizar la gran cantidad de datos que están suministrando misiones espaciales como CoRoT y Kepler, por ejemplo, para establecer límites para la detectabilidad de modos acústicos en otras estrellas; y su caracterización va a incidir sobre la teoría de evolución estelar y puede aportar claves que ayuden al refinamiento de modelos teóricos detallados de la convección en estrellas distintas al Sol.

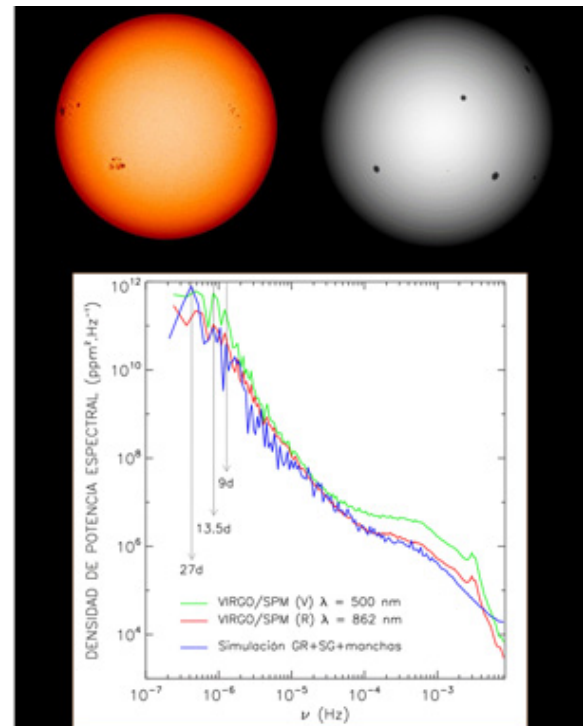


Figura: Arriba a la izquierda: imagen de la fotosfera solar tomada por MDI (SoHO). Arriba a la derecha: imagen instantánea de la fotosfera solar reconstruida a partir de una realización de las simulaciones numéricas, desarrolladas en la tesis, de la irradiancia solar. Abajo: comparación de los espectros de potencias de las fluctuaciones de la irradiancia solar integrada obtenidas a partir las simulaciones (en azul) y los obtenidos de observaciones de VIRGO desde el espacio.