

## Análisis Bayesiano de la corona solar

Autora: María Montes Solís (mmsolis@iac.es)

Tesis doctoral dirigida por: Íñigo Arregui

Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias / Universidad de La Laguna

Fecha de lectura: 8 de mayo de 2019

A pesar de los últimos avances hechos en instrumentación para obtener datos y el desarrollo de nuevas técnicas para analizarlos, la corona solar es una de las regiones del Sol con más incógnitas por resolver. Nuevos métodos que permitan la comparación entre las observaciones y los modelos teóricos o numéricos son necesarios para desvelar las condiciones y los procesos físicos que tienen lugar en esta región de la atmósfera solar.

Esta tesis supone un avance en el desarrollo de esos métodos mediante la elaboración de herramientas basadas en estadística Bayesiana. La estadística Bayesiana permite incluir la información de la que se dispone previamente a las mediciones y todo tipo de incertidumbres en el estudio, además de las propias observaciones. Así, un análisis Bayesiano de la corona hace posible, entre otras cosas, la obtención de la probabilidad de que ciertos parámetros físicos tomen determinados valores o inferencia, comparar la plausibilidad de que distintos modelos expliquen lo observado y predecir la probabilidad de nuevas observaciones.

La tesis se enfoca en estudios de sismología coronal, en la que se comparan observaciones y modelos teóricos de ondas magneto-hidrodinámicas. En particular, nos hemos centrado en el estudio de las ondas transversales en dos estructuras de la corona: los bucles coronales y los filamentos que conforman la estructura fina de las prominencias.

En el caso de los bucles coronales, hemos inferido en primer lugar los valores más probables del campo magnético que los define y su dependencia con la densidad del bucle. Además, hemos inferido el contraste de densidad entre la corona y el bucle, así como otros parámetros ligados a su estructura. También hemos calculado la plausibilidad de los mecanismos de absorción resonante, mezcla de fases y fuga de ondas, de explicar el amortiguamiento de las ondas transversales soportadas. Los resultados obtenidos apuntan a que ninguno de estos mecanismos parece explicar todos los eventos de la misma naturaleza. La evidencia depende en gran medida de los valores concretos del período y el tiempo de amortiguamiento de la onda medidos y de sus incertidumbres. Finalmente, hemos

considerado la absorción resonante de ondas de propagación para ver la evidencia resultante de considerar un perfil de amortiguamiento exponencial o un perfil Gaussiano. Esta evidencia señala que ninguno de los perfiles es más adecuado que el otro en lo que respecta a los bucles coronales.

En lo que a las prominencias se refiere, hemos obtenido también los valores más probables del campo magnético que define los filamentos que las forman. A continuación, hemos considerado el cociente entre el modo fundamental y el primer armónico de las ondas transversales para inferir el contraste de densidad de estas estructuras, así como la longitud de los filamentos. Cuando el modelo para el cociente de períodos en la aproximación de filamentos cortos se compara con el mismo modelo en la aproximación de filamentos largos, los resultados indican que cocientes entre períodos con valores en torno a la unidad son mejor explicados por la aproximación de filamentos largos, mientras que el resto de valores son más plausibles cuando se considera la aproximación de filamentos cortos. Además de esto, hemos considerado un modelo que incorpora el efecto de los flujos de masa para inferir la longitud total de los tubos de flujo que contienen el filamento. Después, hemos considerado los modelos de absorción resonante en el continuo de Alfvén, absorción resonante en el continuo lento y difusión de tipo Cowling para inferir los parámetros asociados a ellos, así como calcular su plausibilidad a la hora de explicar las observaciones. En este caso, el mecanismo que parece explicar el amortiguamiento de ondas transversales es claramente la absorción resonante en el continuo de Alfvén. Por último, cuando comparamos los perfiles exponenciales y Gaussianos de amortiguamiento en los filamentos, las evidencias dependen de los valores particulares de la longitud de amortiguamiento y la longitud de onda.

Con todo ello, algunas de las líneas de investigación que pueden derivarse de esta tesis son:

- Dentro de la sismología coronal, el análisis de propiedades y procesos de otras estructuras solares como por ejemplo las espículas, la diferenciación de las contribuciones debidas a la presencia de flujos u ondas en los procesos dinámicos observados y la mejora de la caracterización de las señales ondulatorias, ofreciendo un método alternativo al ajuste por mínimos cuadrados.
- La separación de la contribución debida a la temperatura y a la densidad en las medidas de emisión diferencial (DEMs) mediante la combinación de las observaciones con los modelos teóricos de DEMs, además de la comparación entre modelos de DEMs correspondientes a diferentes procesos dinámicos de estructuras coronales.
- Finalmente, la comparación de los modelos propuestos como origen del calentamiento coronal.

Comparación de mecanismos de amortiguamiento de ondas transversales en bucles coronales. (a) Comparación entre absorción resonante y mezcla de fases. (b) Comparación entre absorción resonante y fuga de ondas. (c) Comparación entre mezcla de fases y fuga de ondas. Algunos eventos muestran una evidencia positiva a favor de uno de los modelos (rojo a favor del primer modelo o amarillo a favor del segundo modelo) pero, en general, la evidencia a favor de uno u otro modelo no es suficiente (azul) para decir que un mecanismo explica mejor las observaciones.

