

## PREDICCIÓN DE CICLOS MAGNÉTICOS EN ESTRELLAS DE ÚLTIMOS TIPOS ESPECTRALES

Rosario Lorente

Rosario.Lorente@sciops.esa.int

Tesis doctoral dirigida por Benjamín Montesinos

Centro: Universidad Complutense de Madrid (UCM)

Fecha de lectura: 6 de julio de 2007

La campaña iniciada en 1966 en el Observatorio de Mount Wilson para la detección de ciclos de actividad en estrellas de últimos tipos espectrales similares al ciclo solar de 11 años, ha permitido establecer su existencia en una treintena del centenar de estrellas estudiadas. Paralelamente, diversos modelos de generación de campos magnéticos se han ido desarrollando para reproducir el comportamiento de la actividad observado en el Sol, siendo el modelo de *dinamo* el más aceptado actualmente. Algunos de estos modelos se habían intentado aplicar a las estrellas con ciclos magnéticos detectados, en general bajo hipótesis poco realistas o con un éxito limitado.

En este trabajo de tesis doctoral se abordó desde distintas aproximaciones la predicción teórica de la duración de dichos ciclos. En primer lugar se elaboró un modelo de *dinamo de interfaz local*, en el que, según consideraciones tenidas en cuenta anteriormente para el caso del Sol, los dos mecanismos responsables de mantener la dinamo actúan en capas distintas: la rotación diferencial retuerce el campo poloidal en la zona subadiabática, mientras que el efecto de la fuerza de Coriolis lo regenera en la capa convectiva a partir del campo toroidal.

Partiendo del hecho de que el conocido ciclo de 11 años del Sol es intrínsecamente variable, no se intentó predecir de forma individual cada uno de los ciclos detectados en la treintena de estrellas de la muestra. Por el contrario, la finalidad perseguida y alcanzada fue la de reproducir las tendencias entre la duración del ciclo y otros parámetros estelares. En concreto en la Figura 1 se muestra la similitud de las relaciones entre los períodos de actividad observado y calculado teóricamente, y el período de rotación.

Por último se desarrolló un modelo de dinamo unidimensional para poder predecir la distribución latitudinal del campo magnético en las estrellas con ciclos. Para ello se utilizó como ingrediente un perfil de rotación diferencial realista para el Sol. El hecho de que la rotación diferencial deducida en el Sol por observaciones heliosismológicas se extiende hacia la zona convectiva a altas latitudes, hizo necesaria la introducción del nuevo concepto

de *dinamo híbrida*, esquematizada en la Figura 2, y constituida:

- a bajas latitudes por una dinamo de interfaz como la descrita anteriormente.
- a latitudes altas por una dinamo clásica concentrada en la base de la zona convectiva donde actúan los dos mecanismos de generación del campo magnético, junto con la acción aislada de la rotación diferencial en la zona subadiabática.

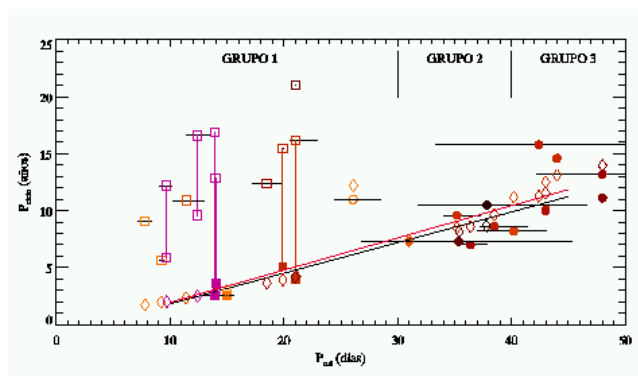


Figura 1 – Períodos de actividad observados (círculos y cuadrados) y calculados con el modelo de dinamo (rombos) frente al período de rotación de las estrellas de la muestra de Mount Wilson con detecciones seguras de ciclos de actividad.

Este modelo unidimensional de dinamo se validó al reproducir el conocido diagrama mariposa que presenta la evolución temporal de la distribución latitudinal del campo magnético observado en la superficie del Sol, como se muestra en la Figura 3: actividad concentrada a bajas latitudes y con distinta polaridad en cada hemisferio. Dicha validación predice además que para estrellas muy activas con períodos de ciclo muy cortos, la distribución del campo magnético es simétrica con respecto al ecuador. Esta topología distinta a la solar podría explicar la presencia de dobles periodicidades detectadas en este tipo de estrellas.

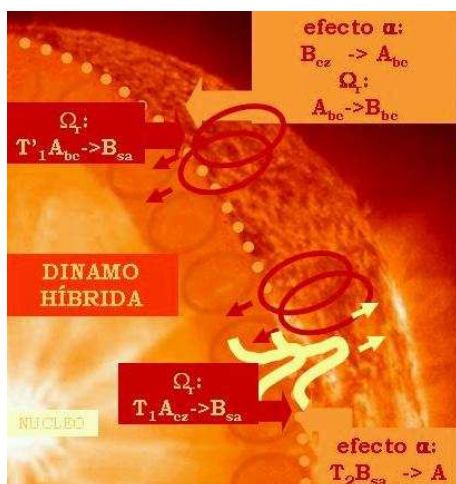


Figura 2 – Esquema de la dinamo híbrida.

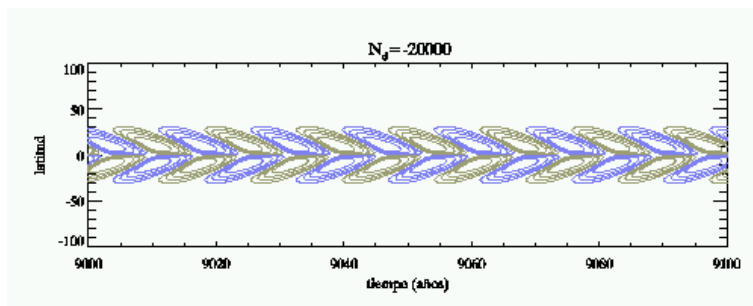


Figura 3 – Diagrama mariposa magnético obtenido para una estrella como el Sol con el modelo de dinamo híbrida.

## VORTICIDAD Y SIMULACIONES NUMÉRICAS DE LOS VÓRTICES DE JÚPITER

Jon Josu Legarreta Etxagibel

jonjosu.legarreta@ehu.es

Tesis doctoral dirigida por Agustín Sánchez-Lavega

Centro: Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea

Fecha de lectura: 16 de julio de 2007

La meteorología de los planetas gigantes Júpiter y Saturno está caracterizada al nivel de nubes por la presencia abundante de vórtices. En escalas medias, la mayoría de los vórtices se distinguen por los patrones de nubes que forman, mostrando una forma ovalada que encierra una región de vorticiudad cerrada o cuasi cerrada (Rogers, 1995). La vorticiudad es probablemente, la propiedad más importante de un vórtice para poder entender su naturaleza (Dowling & Ingersoll, J. of Atmos. Sci., 1989; Marcus, Annu. Rev. Astron. Astrophys., 1993). La distribución de la vorticiudad en el interior del vórtice, su intensidad en función de la latitud y la cizalla del flujo ambiental, y su cambio debido a interacciones con otros vórtices, son importantes indicadores del flujo atmosférico y de los mecanismos en el origen de los vórtices. Esto es más importante en los planetas gigantes donde la naturaleza de los vientos es desconocida.

En la primera parte de este trabajo hemos realizado un estudio experimental de medida de velocidades y vorticidades en el interior de los vórtices. Para ello, utilizamos imágenes obtenidas por las naves Voyager 1 y 2, la sonda Galileo y el Telescopio Espacial Hubble para medir la estructura (tamaño) y dinámica (velocidad tangencial, vorticiudad) tanto de vórtices anticiclónicos como ciclónicos localiza-

dos en un amplio rango de latitudes en la atmósfera de Júpiter (Legarreta, J., Sánchez-Lavega, A., Icarus, 2005). Entre los resultados más importantes obtenidos podemos destacar que hemos desarrollado no solo la metodología y el software necesario para la medida de movimientos, sino que además hemos realizado un estudio que abarca el análisis de 24 vórtices de escala sinóptica que no se había realizado hasta la fecha.

En la segunda parte del trabajo establecemos un modelo de atmósfera para simular la dinámica de los vórtices en distintas latitudes. Para ello, utilizamos el código EPIC (Dowling, Icarus, 1998), un modelo numérico que resuelve las ecuaciones de movimiento en coordenadas isentrópicas, en donde las parcelas de fluido se mueven en superficies de temperatura potencial constante. Este estudio teórico, basado en simulaciones numéricas, analiza la estabilidad y velocidad de deriva en la atmósfera de Júpiter tanto de vórtices anticiclónicos como ciclónicos. De acuerdo con las simulaciones, hay disipación o pérdida de energía en los vórtices que conlleva una vida media corta ( $<1$  año). Esta disipación puede ser debida a diferentes mecanismos: fricción entre el vórtice y el sistema zonal de vientos, una anisotropía provocada por la fuerza de Coriolis, radiación de ondas de Rossby o efectos