

Figura 2 – Esquema de la dinamo híbrida.

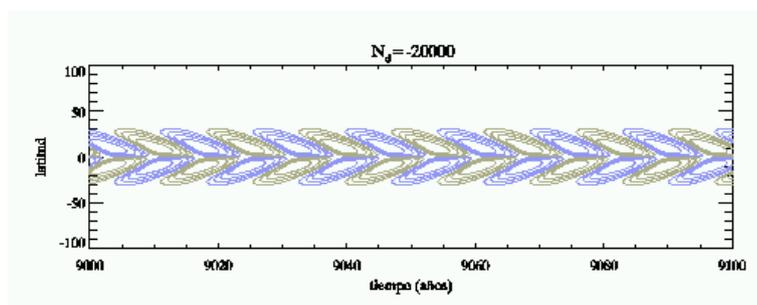


Figura 3 – Diagrama mariposa magnético obtenido para una estrella como el Sol con el modelo de dinamo híbrida.

## 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 vorticidad cerrada o cuasi cerrada (Rogers, 1995). La vorticidad 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 vorticidad 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, vorticidad) 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

de viscosidad turbulenta de la atmósfera. Esto nos lleva a concluir que para el caso de vórtices de larga vida como la GRS (*Great Red Spot*) (>300 años) o los WOS (*White Oval Spots*) (60 años) debe existir algún mecanismo que los mantenga y les aporte energía para poder explicar lo observado experimentalmente. Frente a la disipación, proponemos en este trabajo, que los grandes vórtices sobrevivan a base del aporte producido de la absorción de pequeños vórtices o parches de vorticidad.

Nuestras simulaciones numéricas en longevidad, vorticidad y velocidad de deriva de los vórtices jovianos en latitudes tropicales y templadas sirven para constreñir la estructura vertical de la troposfera superior de Júpiter en el rango de altitud de los niveles donde se forman las nubes (valores de presión entre 0.5 y 7 bares). Por un lado, en cuanto al perfil térmico (estabilidad estática) de la atmósfera de Júpiter, nuestro estudio sugiere en consonancia con otros estudios que globalmente la alta troposfera de Júpiter debajo del techo de nubes es estáticamente estable. Por otro lado, en cuanto al perfil vertical de vientos, nuestro trabajo sugiere claramente que los vórtices con velocidades de deriva bajas requieren perfiles constantes o ligeramente decrecientes con la altura y los que poseen

velocidades altas requieren perfiles moderadamente crecientes como se observa en la Figura 1.

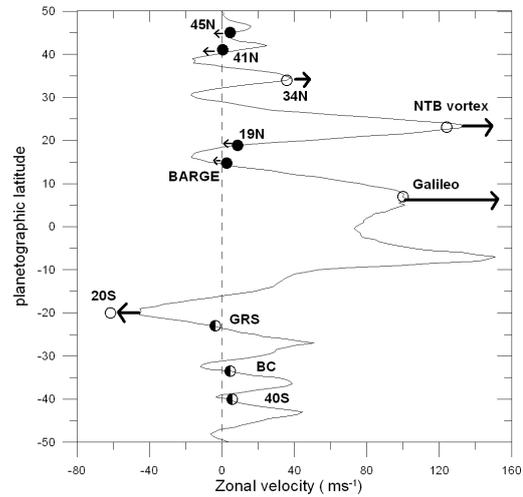


Figura 1 – Localización de los vórtices estudiados en el perfil zonal de vientos al nivel de nubes, indicando el mejor ajuste para el perfil de viento en cada caso. (a) círculo negro: viento zonal decreciente con el aumento de profundidad; (b) círculo mitad blanco mitad negro, perfil zonal constante en profundidad; (c) círculo, aumento de viento zonal en profundidad.