

Turbulencia y Ondas en la Atmósfera de Júpiter

Autor: Naiara Barrado Izagirre
(naiara.barrado@ehu.es)

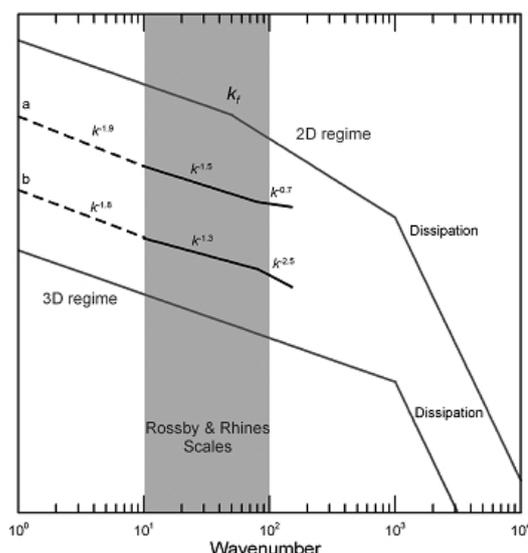
Tesis doctoral dirigida por: Agustín Sánchez Lavega y Santiago Pérez Hoyos

Centro: Universidad del País Vasco

Fecha de lectura: 25 de noviembre de 2009

El estudio de la meteorología y la dinámica de las atmósferas jovianas es fundamental para el avance en el conocimiento del origen y mantenimiento de su circulación general. La turbulencia y las ondas juegan un papel esencial en la transferencia de energía y momento entre diferentes lugares y escalas espaciales. En esta Tesis Doctoral nos hemos basado en el estudio de ambos fenómenos en la atmósfera de Júpiter por ello hemos utilizado imágenes de tres fuentes: Hubble Space Telescope (HST), Cassini ISS (Image Science Subsystem) e IOPW (International Outer Planet Watch) de diferentes épocas y en diferentes longitudes de onda (ultravioleta cercano, azul, banda de absorción del metano e infrarrojo cercano). Un total de 323 imágenes han sido analizadas y procesadas usando las técnicas descritas en Barrado-Izagirre et al. (Icarus, 194, 2008, 202, 2009 y A&A, 507, 2009). Para empezar, realizamos una búsqueda global de ondas y estructuras periódicas en la atmósfera del planeta en tres niveles atmosféricos. En un estudio más exhaustivo hemos estudiado las ondas circumpolares que confinan las neblinas superiores que cubren los polos. Estas han sido observadas tanto en el filtro de absorción del metano (890nm) como en el ultravioleta (255nm) (Sanchez-Lavega et al., Geophys. Res. Lett., 25, 1998 y Vincent et al., Icarus, 143, 2000). Usando imágenes de diferentes épocas (desde 1993 hasta 2006) determinamos las principales propiedades de las ondas circumpolares y observamos que la mayor parte de las mismas se mantienen constantes en el tiempo, lo cual implica que son un fenómeno permanente en Júpiter. Finalmente, las interpretamos en términos de onda de Rossby planetaria delimitando los valores de los números de onda vertical y meridional. Dado que no somos capaces de medir el espectro de energía cinética con la resolución espacial requerida con las imágenes y técnicas disponibles, utilizamos la misma aproximación propuesta para la Tierra y Venus (Travis, Journal Atmos. Sci., 35, 1978) y más tarde aplicada en Venus (Peralta et al., Icarus, 188, 2007) y en la radiación térmica de Júpiter (Harrington et al., Icarus, 124, 1996). Esta aproximación se basa en la hipótesis de una relación entre el espectro de potencia de la variación del brillo observada y el espectro de la energía cinética. En nuestro estudio meridional encontramos un buen acuerdo con los resultados obtenidos en trabajos previos, tanto teóricos como experimentales, cuando aplicamos la técnica a los perfiles de velocidad del planeta, ajustándose a una ley de potencias k^{-5} (Galperin et al., Phys. Fluids, 13, 2001, Geophys. Res. Lett., 31, 2004, Sukoriansky et al., Phys. Rev. Lett., 89, 2004), excepto en el ultravioleta, donde encontramos pendientes sustancialmente más suaves de -2.5. Pero, lo que es más importante, encontramos las mismas pendientes cuando procedemos del mismo modo sobre los cortes de bri-

llo promedio latitudinales, lo cual indica una buena correlación entre el perfil de vientos y la estructura bandeda del planeta. Además, refuerza la hipótesis de la aproximación del espectro de potencias del brillo al problema de la turbulencia. En el análisis zonal del brillo, tanto en el azul como en el infrarrojo cercano, obtenemos pendientes alrededor de -1.3 para las escalas grandes y de -2.5 para las escalas pequeñas con un número de onda de transición de ~ 80 (que corresponde a una escala espacial de aproximadamente 1000 km). Estos resultados son coherentes con un régimen de turbulencia 2D (ver Figura 1). Sin embargo, en el ultravioleta, también observamos un comportamiento de dos pendientes con valores -1.5 y -0.7 cuya interpretación es más complicada. En términos generales, los resultados de ambos análisis, zonal y meridional, muestran un muy buen acuerdo con resultados presentados previamente que describen un régimen turbulento bidimensional anisótropo para el caso de una esfera rápidamente rotante (Huang et al., Phys. Fluids, 13, 2001). Finalmente, hemos analizado el campo turbulento en la estela de una perturbación de escala planetaria ocurrida en 2007 en la Banda Templada Norte (NTB) del planeta. El estudio del espectro de potencia del brillo junto con la morfología muestran una transición de una región dominada por estructura de pequeña escala a la formación de detalles de mayor escala dando lugar a un cambio en las pendientes espectrales, sobretudo en la región anticiclónica del jet. En las observaciones de un año después de la perturbación detectamos un gran cambio en la velocidad del viento del jet hacia el Oeste situado en el flanco ecuatorial (anticiclónico) del jet de la NTB. Las simulaciones dinámicas sugieren que dicho cambio puede estar relacionado con la transferencia de energía durante la perturbación y la disipación de la onda de Rossby que reproduce la propagación de los parches turbulentos oscuros que aparecen en la estela de dicha perturbación. Concluyendo, en esta Tesis se ha usado la distribución espectral del brillo como aproximación al análisis de dos fenómenos dinámicos fundamentales en la atmósfera Júpiter: ondas y turbulencia, centrándonos básicamente en la caracterización de las ondas de Rossby planetarias y analizando el posible régimen turbulento subyacente a la meteorología Joviana.



Esquema que compara las pendientes espectrales obtenidas en la dirección zonal en este trabajo: (b) infrarrojo cercano y azul y (a) ultravioleta con lo predicho por las teorías clásicas de la turbulencia en los regímenes 2D y 3D. (Figura adaptada de Barrado-Izagirre et al., Icarus, 202, 2009).