

## Vientos, Turbulencia y Ondas en las Nubes de Venus

Autor: Javier Peralta Calvillo (peralta@iaa.es)

Tesis doctoral dirigida por: Agustín Sánchez

Lavega y Ricardo Hueso Alonso

Centro: Universidad del País Vasco

Fecha de lectura: 20 de marzo de 2008

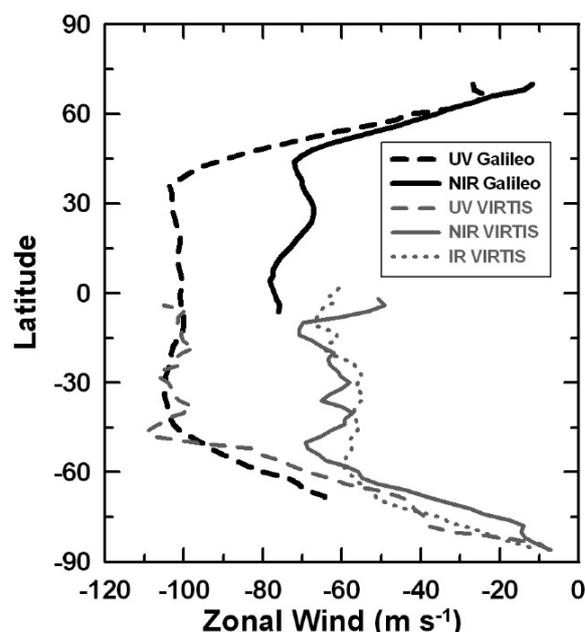
Debido a la lenta rotación propia de Venus, su dinámica atmosférica dista bastante del régimen cuasi-geostrófico dominante en la Tierra, Júpiter o Saturno, por lo que dicho planeta constituye un laboratorio único en meteorología. Venus está dominado en casi toda su atmósfera por fuertes vientos zonales de componente este que alcanzan velocidades 60 veces superiores a las de la superficie. Dicho fenómeno es conocido como "superrotación", y hasta la fecha no ha podido ser convenientemente explicado a pesar de las numerosas misiones dedicadas a este planeta (más de 30). En esta tesis nos centramos en estudiar tres temas relevantes para la dinámica atmosférica de Venus: los vientos, la turbulencia y las ondas de gravedad. Para ello hice uso de las imágenes obtenidas en 1990 por la cámara SSI (Belton et al., Space. Sci. Rev., 1992) a bordo de la nave Galileo, y por el espectrómetro de imágenes VIRTIS-M (Drossart et al., Plan. Spac. Sci., 2007) de Venus Express. Seleccionamos tres longitudes de onda para visualizar diferentes regiones de la capa de nubes: el rango UV (418 nm con SSI; 380 nm con VIRTIS-M) para observar la cima de las nubes a  $\sim 66$  km, el IR cercano (986 nm con SSI; 980 nm con VIRTIS-M) para la base de la cima de las nubes a  $\sim 61$  km, y el IR (1.74  $\mu\text{m}$  con VIRTIS-M) para las nubes inferiores a  $\sim 47$  km.

La caracterización de los vientos en Venus es crucial para determinar de forma adecuada el régimen dinámico que gobierna a nivel de las nubes. La velocidad del viento durante ambas misiones se obtuvo mediante el seguimiento de trazadores nubosos, obteniéndose por vez primera una perspectiva tridimensional y simultánea de los vientos en Venus (ver Figura) (Peralta et al., Icarus, 190, 2007; Sánchez-Lavega et al., Geo. Res. Let. 2008). Para la componente horizontal se confirma un comportamiento común a todas las alturas, con una magnitud constante en bajas latitudes y decrecimiento hacia los polos en altas latitudes. Por otro lado, en la cima de las nubes, la componente meridional (hacia los polos en ambos hemisferios) refuerza la hipótesis de la existencia de una circulación de Hadley, y la magnitud del viento zonal revela el efecto de la marea térmica solar.

El estudio de la turbulencia al nivel de las nubes proporciona información sobre el papel que juegan los fenómenos turbulencia en la circulación general. Dado que los errores de medida son superiores al de la componente turbulenta de la velocidad, no fue posible realizar un estudio de la turbulencia en términos de la energía cinética turbulenta, por lo que se decidió aplicar un método de estudio alternativo basado en la distribución de brillo de las nubes caracterizada por su espectro de

potencias (Peralta et al., Icarus, 188, 2007), técnica empleada en misiones anteriores (Travis, J. Atmos. Sc., 1978; Rossow et al., J. Geo. Res., 1980) y en nuestro caso con imágenes UV de Galileo. De los resultados cabe destacar que la cima de las nubes a bajas latitudes muestra un espectro de potencias de brillo con una pendiente de  $\sim -5/3$ , similar a la predicha por la teoría clásica de la turbulencia de Kolmogorov para el caso tridimensional (Kolmogorov, Math. and Phys. Sci., 1890), mientras que para altas latitudes tenemos una pendiente de  $\sim -3$  para escalas espaciales grandes y  $\sim -5/3$  para las pequeñas, análogo al espectro de potencias de energía cinética obtenido para la atmósfera terrestre (Nastrom et al., Nature, 1984). Este comportamiento de los espectros parece, a su vez, corresponderse con el comportamiento del viento zonal a bajas y altas latitudes previamente descrito.

El tercer tema de la tesis versa sobre las ondas de gravedad, importantes para la caracterización de la atmósfera porque pueden transportar momento lineal y porque su presencia indica estabilidad atmosférica vertical. Las imágenes obtenidas por Venus Express han permitido el estudio de las ondas de mesoescala a diferentes alturas de la atmósfera de Venus, detectándose por vez primera en las nubes inferiores (Peralta et al., J. Geo. Res., 2008). La caracterización de su morfología y dinámica nos llevó a clasificarlas como ondas de gravedad, probablemente inducidas por convección y sin relación aparente con fuentes de elevación geográfica o calentamiento solar. Como resultado de compararlas con un modelo lineal sencillo de ondas de gravedad (Holton, An introduction to Dynamic Meteorology, 1992), obtuvimos para las ondas de las nubes inferiores longitudes de onda vertical similares a las medidas en otras misiones (Hinson & Jenkins, Icarus, 1995).



Componente del viento zonal en función de la latitud y a diferentes niveles verticales de la capa de nubes en Venus. Las líneas a trazos, continua y punteada hacen referencia a los vientos a  $\sim 66$  km (imágenes UV),  $\sim 61$  km (IR cercano) y  $\sim 47$  km (IR) respectivamente.