

Título: “**Vientos, Turbulencia y Ondas en las Nubes de Venus.**”

Autor: **Javier Peralta Calvillo**

Principales Resultados de la tesis:

La tesis presentada se centra en tres temas esenciales de la dinámica atmosférica de Venus: los vientos, la turbulencia y las ondas de gravedad. Para este estudio hice uso de imágenes del planeta correspondientes a dos misiones espaciales: las obtenidas en 1990 por la cámara SSI a bordo de la nave Galileo (Belton, 1991) y las tomadas por el instrumento VIRTIS-M de Venus Express (Drossart et al. 2007) durante los años 2006 y 2007. Dependiendo de la longitud de onda a la que observemos, podemos visualizar diferentes alturas en las nubes en Venus, por lo que se seleccionaron tres rangos espectrales: el rango UV para estudiar la cima de las nubes a aproximadamente 66 km de altura, el rango de IR cercano para la base de las nubes superiores a unos 61 km, y el rango IR para las nubes inferiores a 47 km. Las observaciones en UV e IR cercano se llevan a cabo para la radiación solar reflejada en el lado diurno del planeta, mientras que las observaciones en IR corresponden a la radiación térmica emitida desde el lado nocturno.

En mi tesis obtuvimos perfiles del **viento** a partir del seguimiento de trazadores nubosos en las imágenes (Peralta et al. 2007b; Sánchez-Lavega et al. 2008). En nuestros resultados el viento zonal se comporta de forma idéntica en los tres niveles de altura, manteniéndose constante entre el ecuador y latitudes medias, y sufriendo un acusado descenso hacia los polos. La componente meridional aportó nuevas evidencias de la existencia de una circulación de Hadley en la cima de las nubes, y se detectó la influencia de la marea térmica solar así como variaciones temporales a corto y largo plazo en la componente zonal del viento. Si bien los errores de medida en la velocidad del viento impiden el estudio de la **turbulencia** examinando las escalas espaciales de la energía cinética (Nastrom et al. 1984), se puede usar la distribución espacial del brillo de las nubes como método alternativo (Travis, 1978; Rossow et al. 1980). Como resultado, se comprobó que de latitudes medias al ecuador las nubes exhiben un espectro de potencias similar al predicho para un régimen turbulento tridimensional (Kolmogorov, 1941), mientras que en latitudes altas el espectro es más parecido al espectro de energía cinética que se obtiene para la Tierra (Peralta et al. 2007a). Finalmente, se llevó a cabo una caracterización de la morfología y dinámica de las **ondas de gravedad** de mesoescala en Venus (Peralta et al. 2008), comprobando que no parecen guardar relación con la insolación o con las elevaciones de superficie en Venus, y que comparadas con un modelo sencillo de ondas (Holton, 1992), muestran longitudes de onda verticales compatibles con las estimadas en otras misiones (Hinson et al. 1995).

Posible impacto de estos resultados en campo de especialidad:

La misión europea Venus Express ha supuesto el retorno de la exploración espacial a Venus tras más de 10 años de ausencia. Los tres temas estudiados en esta tesis suponen aspectos fundamentales para el estudio de su circulación general: los vientos permiten restringir el régimen dinámico dominante, mientras que la turbulencia y las ondas de gravedad pueden ayudar a cuantificar el transporte y la conversión de energía y momento lineal. Por vez primera se ha aportado una visión tridimensional de los vientos en Venus, así como la caracterización precisa de la disminución del viento en latitudes altas y la confirmación de un perfil simétrico respecto del ecuador. El estudio de la turbulencia sugiere no sólo cambios temporales entre las diferentes misiones espaciales, sino una clara relación entre la dinámica y la distribución de brillo de las nubes. Nunca antes se había realizado una búsqueda sistemática ni caracterizado las ondas de gravedad de mesoescala; tampoco se habían observado antes en las nubes inferiores. Su localización ha permitido confirmar, de forma indirecta, las regiones de estabilidad atmosférica en Venus. El autor de esta tesis cree que estos resultados constituyen una valiosa aportación al avance en el desarrollo de modelos de circulación general que aún en la actualidad no logran reproducir ni explicar de forma satisfactoria la dinámica atmosférica de este planeta.

Futuras líneas de actuación:

El proyecto de investigación que he empezado a desarrollar con el Dr. David Luz en el Observatório Astronómico de Lisboa (Universidade de Lisboa) supone una continuidad de las líneas de investigación iniciadas en mi tesis. A las imágenes de VIRTIS-M se añadirán las proporcionadas por la cámara VMC (colaboración con MPS en Lindau, Alemania), que no sólo ofrecen un mayor ángulo de visión y más alta resolución espacial, sino que además complementan a las imágenes de VIRTIS-M, proporcionando el estudio combinado de ambas una más completa cobertura tanto espacial como temporal. Un primer objetivo es el desarrollo y perfeccionamiento de un sistema automatizado para medir vientos (Luz et al. 2008) que, combinado con el método manual, permitirá llevar a cabo un estudio exhaustivo de la variabilidad del viento, así como de la estructura vertical y morfología del vórtice polar (Piccioni et al., 2007). Asimismo, pretendemos estudiar tanto de manera teórica como experimental la presencia de inestabilidades de tipo “Kelvin-Helmholtz” en la región de las nubes y afrontar la caracterización de las ondas de gravedad, tanto a mesoescala como a escala planetaria, estableciendo en este último caso una colaboración con el IAA de Granada (CSIC, España) con objeto de estimar las perturbaciones en densidad y temperatura de las ondas mediante comparación con un modelo NLTE de transporte radiativo (Roldán et al. 2000).

Publicaciones derivadas de la tesis:

- **“Cloud brightness distribution and turbulence in Venus using Galileo violet images.”** J.Peralta, R.Hueso and A.Sánchez-Lavega. *Icarus*, 188, 305-314 (2007a).
- **“A reanalysis of Venus winds at two cloud levels from Galileo SSI images.”** J.Peralta, R.Hueso and A.Sánchez-Lavega. *Icarus*, 190, 469-477 (2007b).
- **“Variable winds on Venus mapped in three dimensions.”** A.Sánchez-Lavega, R.Hueso, G.Piccioni, P.Drossart, J.Peralta, S.Pérez-Hoyos, C.F.Wilson, F.W.Taylor, K.H.Baines, D.Luz, S.Erard and S.Lebonnois. *Geo.Res.Letters*, Vol.35, L13204 (2008).
- **“Characterization of mesoscale gravity waves in the upper and lower clouds of Venus from VEX-VIRTIS images”** J.Peralta, R.Hueso, A.Sánchez-Lavega, G.Piccioni, O.Lanciano and P.Drossart. *J. Geophysical Research*, 113, E00B18 (2008).
- **“Winds, turbulence and waves in the clouds of Venus.”** J.Peralta. *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2010.01.005 (2010).
- **“The Planetary Laboratory for Image Analysis (PLIA).”** R.Hueso, J.Legarreta, J.F.Rojas, J.Peralta, S.Pérez-Hoyos, T. del Río-Gaztelurrutia and A.Sánchez-Lavega. *Earth, Moon and Planets*, SUBMITTED (2010).

Referencias:

- Belton M.J.S., and 9 colleagues, 1991. *Science*, 253, 1531-1536.
- Drossart P., and 43 colleagues, 2007. *Planetary and Space Science*, 55, 1653-1672.
- Hinson D.P. and Jenkins J.M., 1995. *Icarus*, 114, 310-327.
- Holton J.R., 1992. *An introduction to dynamic meteorology*. Academic Press.
- Kolmogorov A., 1941. *Akademiia Nauk SSSR Doklady*, 30, 301-305.
- Luz, D. et al., 2008. *New Astronomy*, 13, 224-232.
- Nastrom G.D, Jasperson W.H. and Gage K.S., 1984. *Nature*, 310, 36-38.
- Piccioni, G. et al., 2007. *Nature*, 450, 637-640.
- Roldán C. et al., 2000. *Icarus* 147, 11–25.
- Rossow W.B., del Genio A.D., Limaye S.S. and Travis L.D., 1980. *J.Geo.Res.*, 85, 8107-8128.
- Travis L.D., 1978. *Journal of Atmospheric Sciences*, 35, 1584-1595.