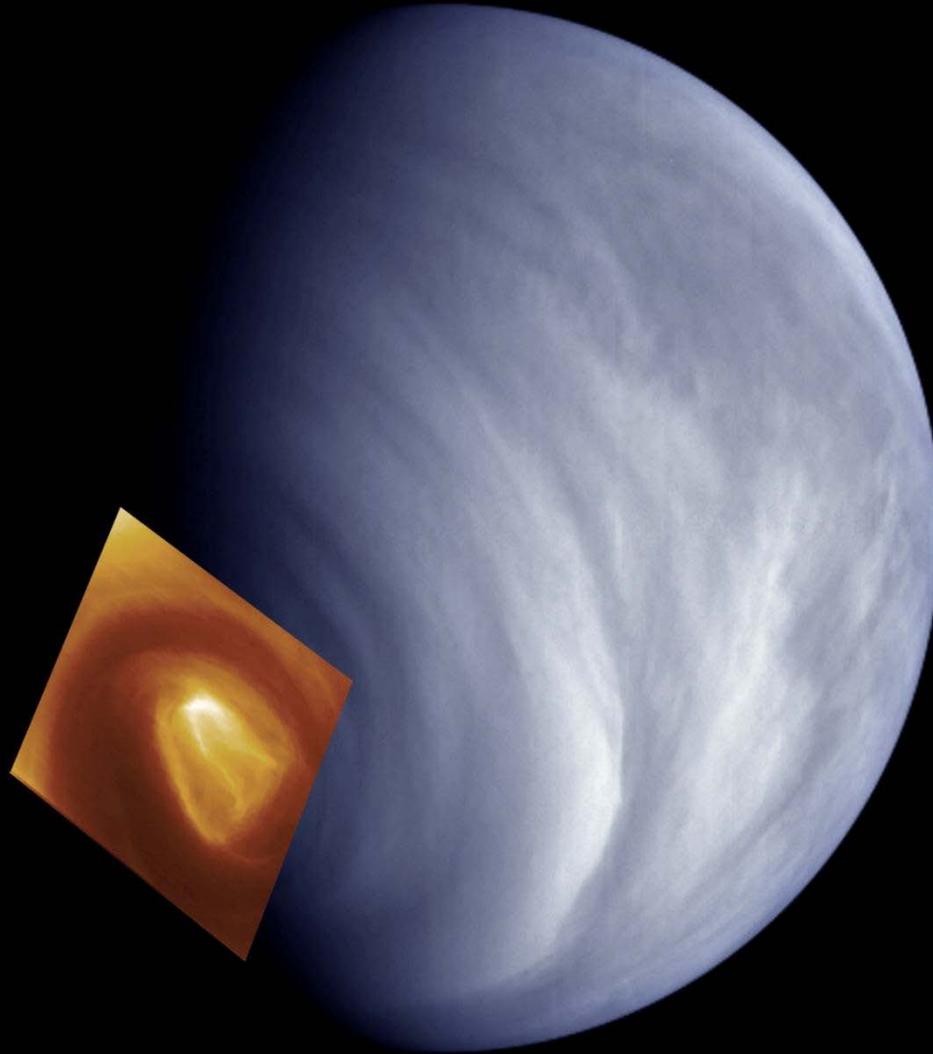


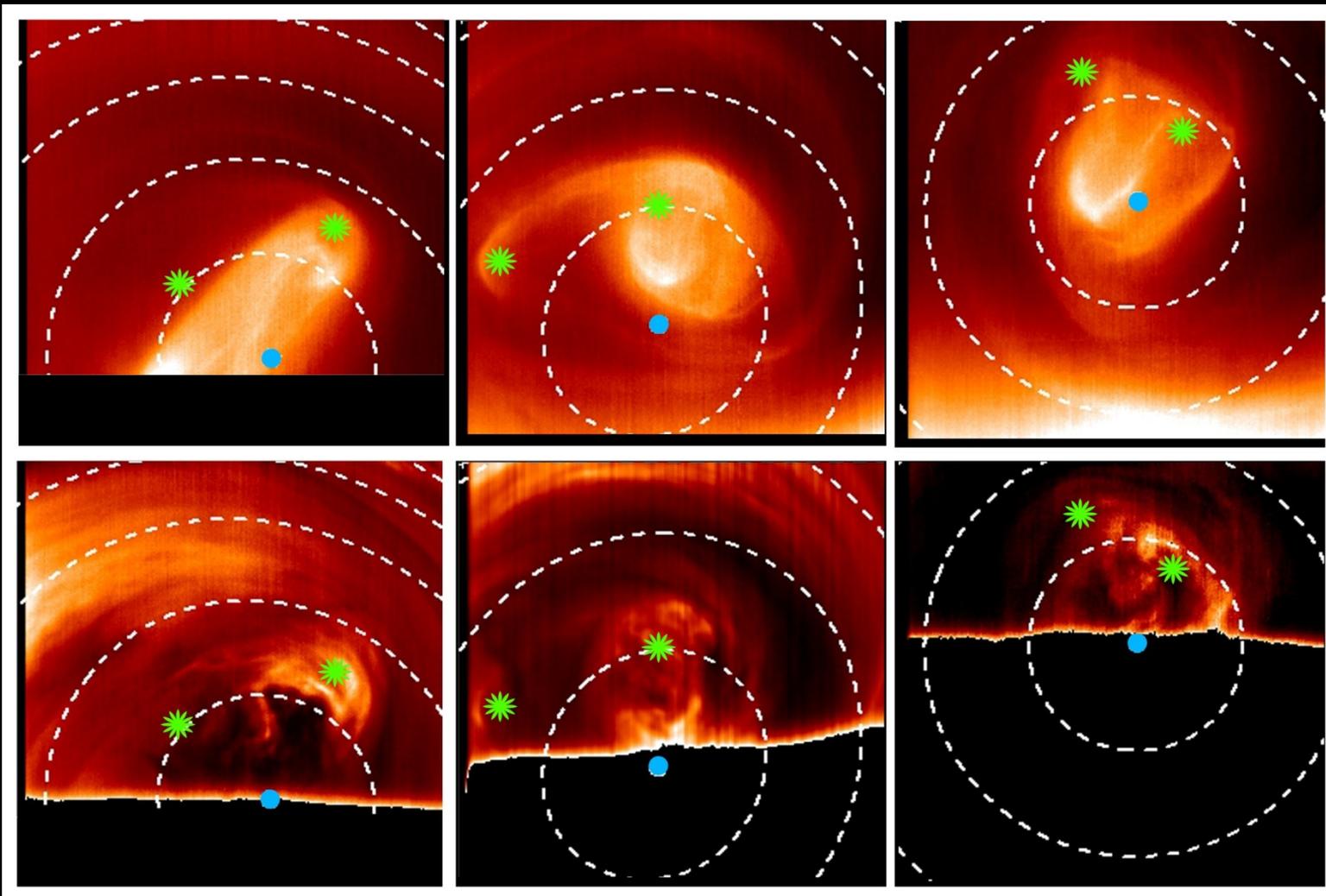
# VORTICIDAD POTENCIAL DEL VÓRTICE POLAR SUR DE VENUS

Itziar Garate Lopez



# VÓRTICE POLAR SUR DE VENUS

Imágenes infrarrojas del instrumento VIRTIS-M (Venus Express)



Nube superior  
~ 63 km

(3.8/5.1  $\mu\text{m}$ )

Nube inferior  
~ 42 km

(1.74  $\mu\text{m}$ )

Órbita 038

Órbita 310

Órbita 475

# VORTICIDAD POTENCIAL DE ERTEL

Garate-Lopez et al. (2013):

Campo de viento zonal y meridional

$$u(x, y, P)$$

$$v(x, y, P)$$

$$\xi_P(x, y, P) = \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{u \tan \varphi}{R}$$

Componente vertical  
de la vorticidad relativa

Bajo aproximación hidrostática y  
para fluidos no turbulentos:

$$q_E \sim -g \left( f + \xi_P \frac{\partial \theta}{\partial P} \right)$$

Garate-Lopez et al. (2015):

Perfiles de temperatura

$$T(x, y, P)$$

$$\theta = T \left( \frac{P_0}{P} \right)^{R_g^*/c_p}$$

Temperatura  
potencial

Vorticidad potencial de Ertel

# TEMPERATURA POTENCIAL A 360mbar (~ 55 km)

Extended Potential Temperature (K)



265.0

275.8

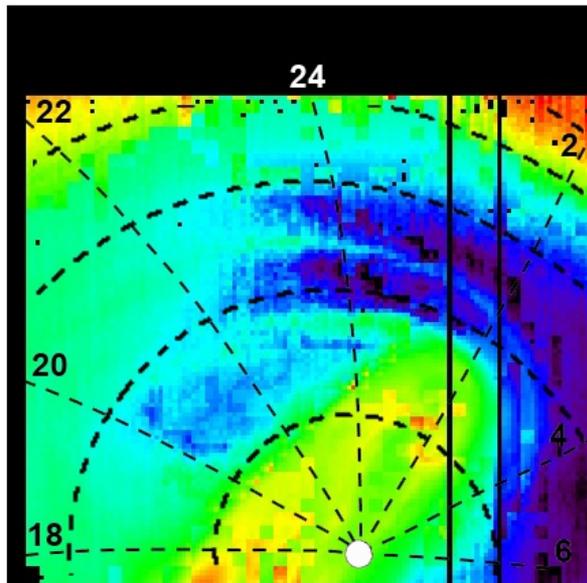
286.7

297.5

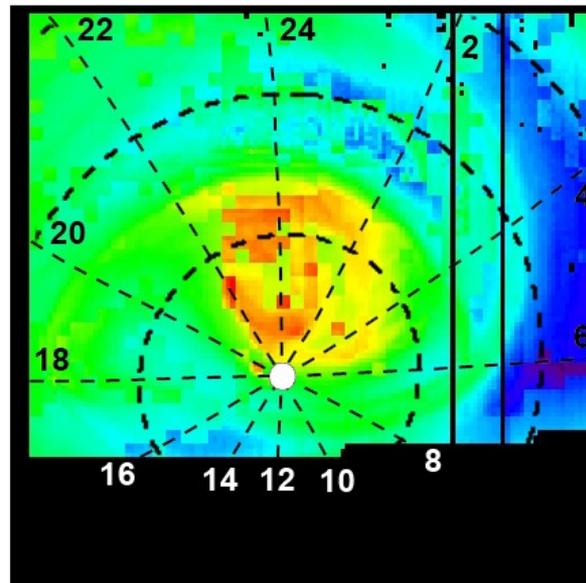
308.3

319.2

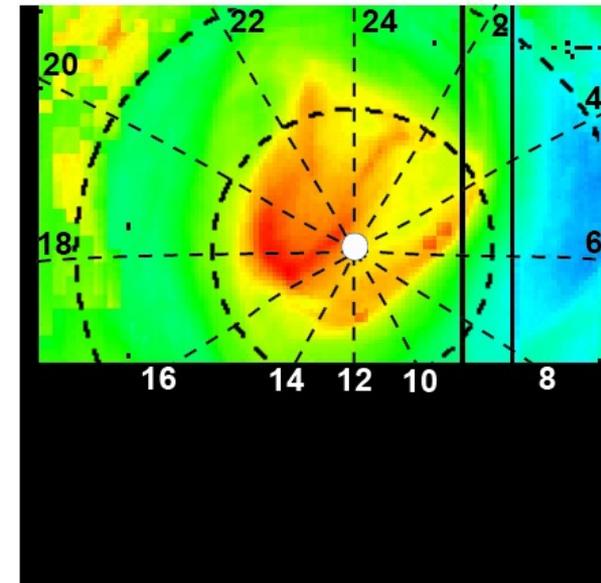
330.0



Órbita 038



Órbita 310

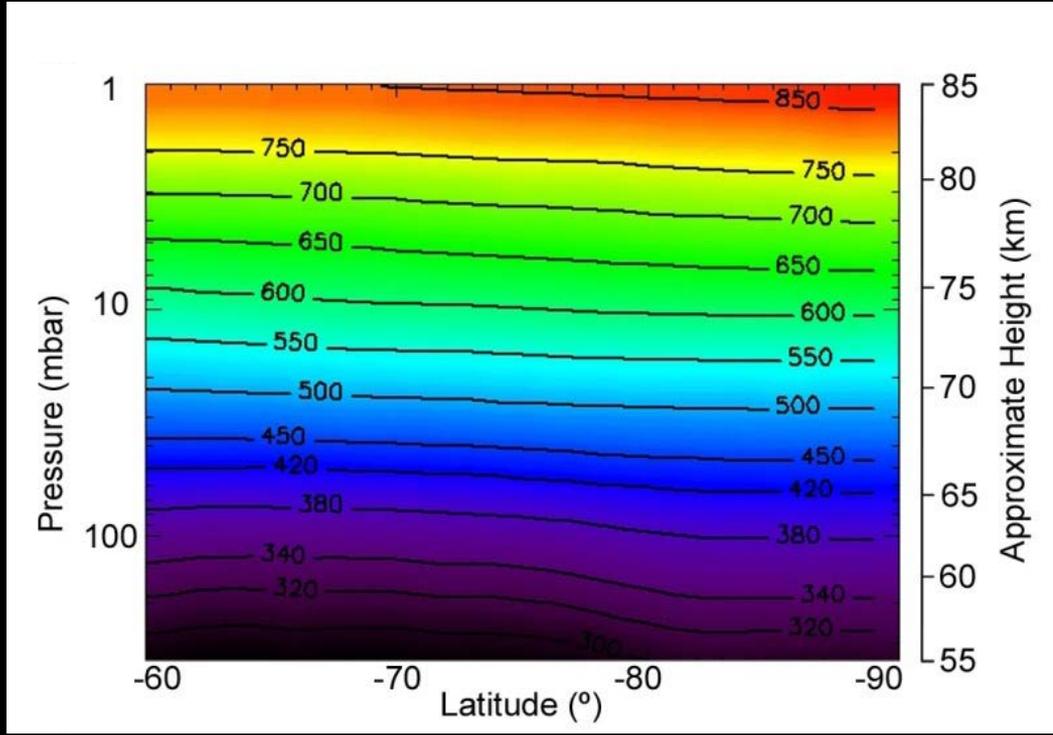


Órbita 475

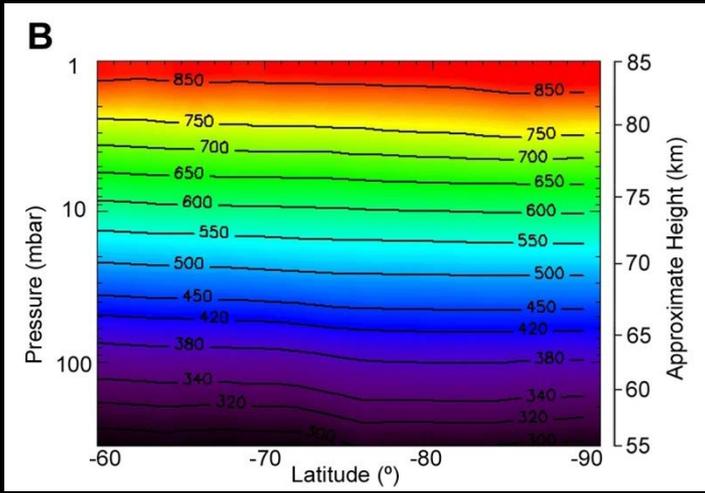
La estructura de pequeña escala característica del vórtice en las imágenes originales, también se aprecia en los mapas de temperatura potencial. El vórtice se presenta como una región de alta temperatura con filamentos más cálidos dentro y rodeado por un collar de aire frío, tal y como se ve en los mapas de temperatura atmosférica.

# VARIACIÓN DE ALTURA DE LAS SUPERFICIES ISENTRÓPICAS

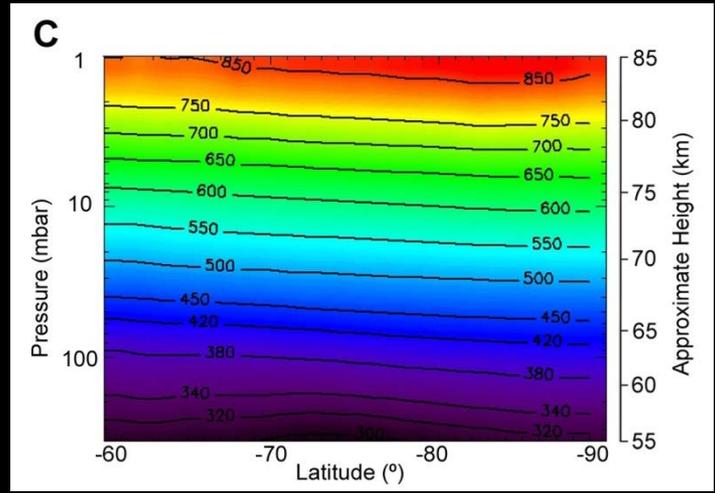
Promedio zonal



Órbita 038

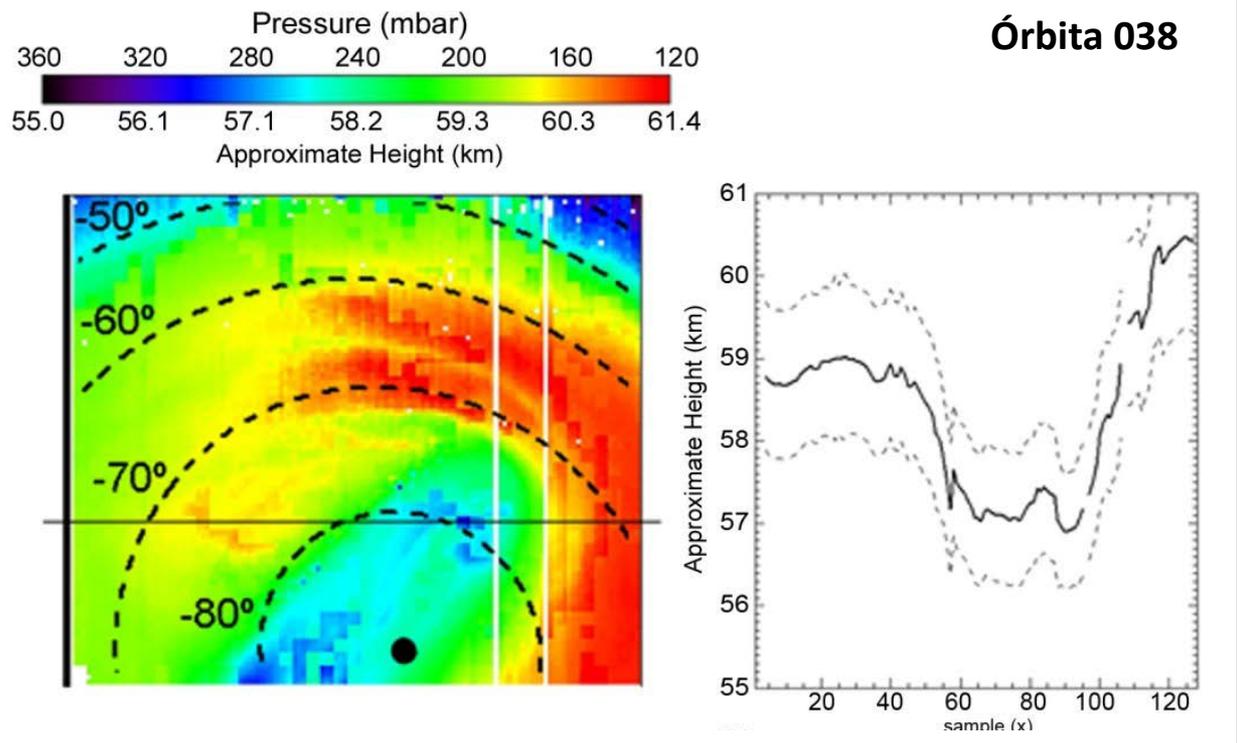


Órbita 310



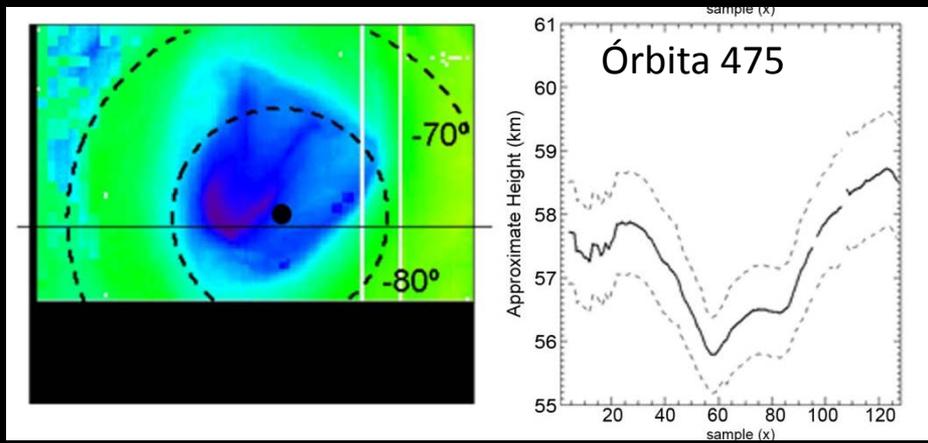
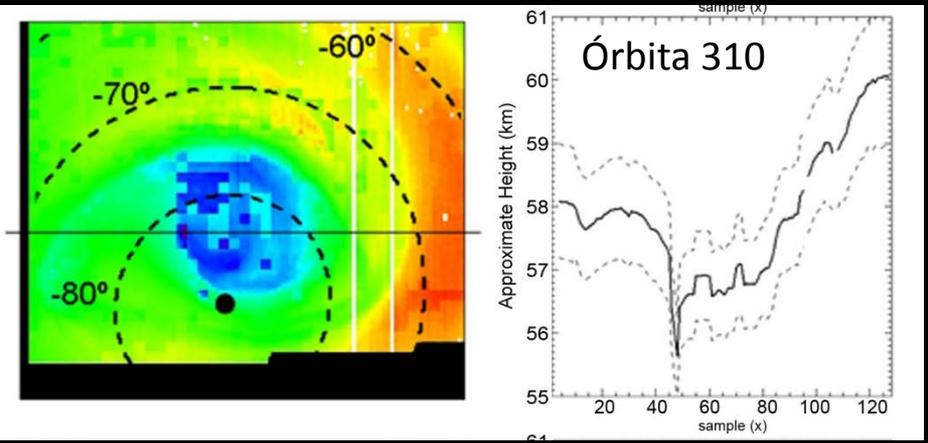
Órbita 475

# VARIACIÓN DE ALTURA DE LAS SUPERFICIES ISENTRÓPICAS 330K

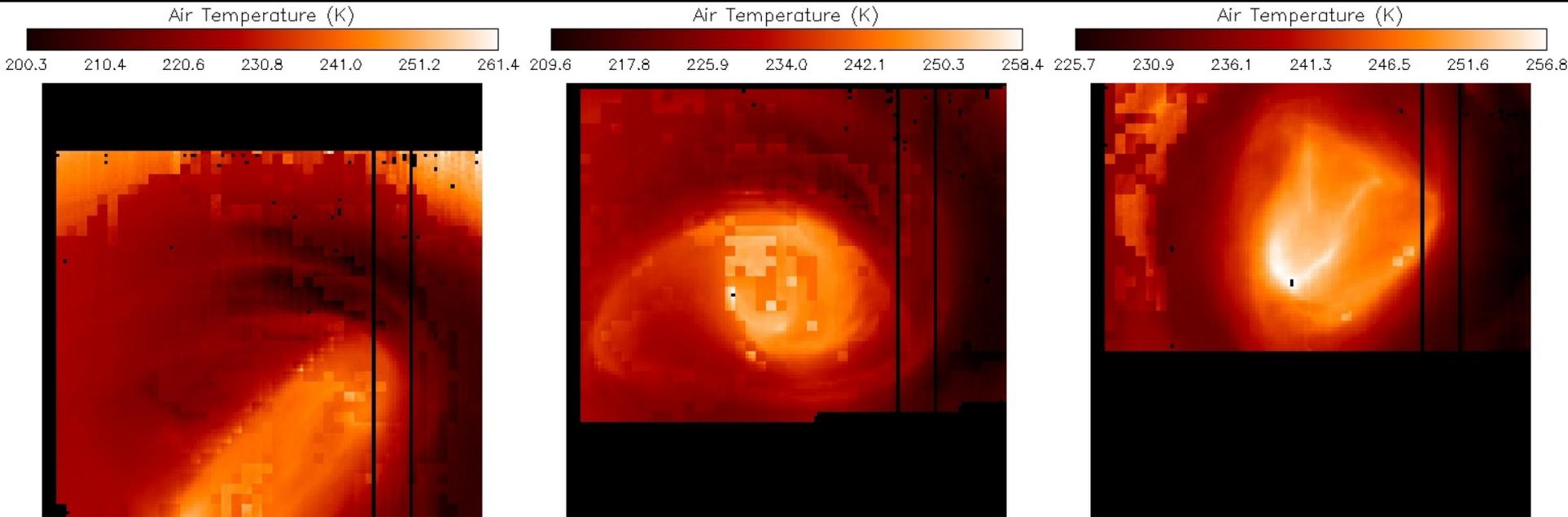


Al observarlo en las superficies isentrópicas de entre 55 y 85 km de altura, el vórtice se muestra como una estructura deprimida en la vertical.

En la superficie isentrópica de 330 K, el centro del vórtice se hunde 2-3 km en apenas 240-300 km horizontales.



# TEMPERATURA ATMOSFÉRICA EN LA SUPERFICIE ISENTRÓPICA DE 330K



Órbita 038

Órbita 310

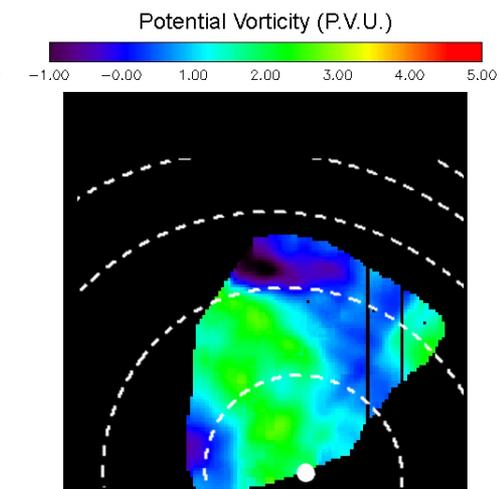
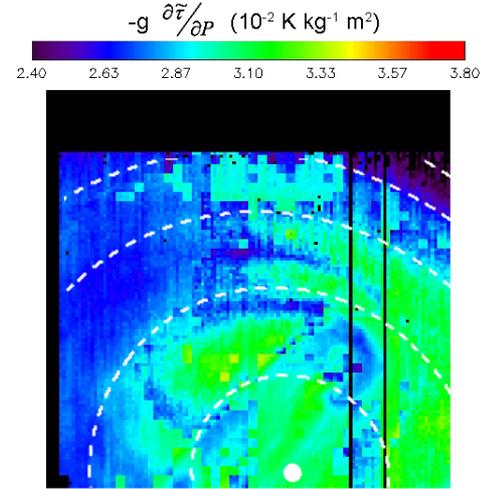
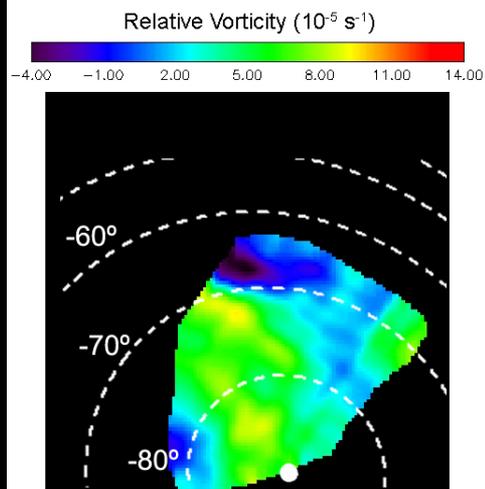
Órbita 475

Debido al gran parecido de los mapas de temperatura atmosférica en la superficie isentrópica de 330K con las imágenes tomadas a  $5\mu\text{m}$ , asumimos que el campo de velocidades medido mediante las imágenes infrarrojas corresponde a la superficie isentrópica de 330K.

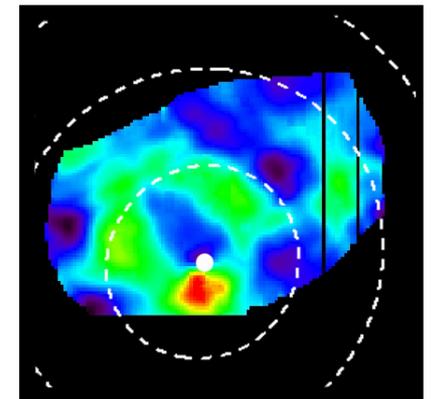
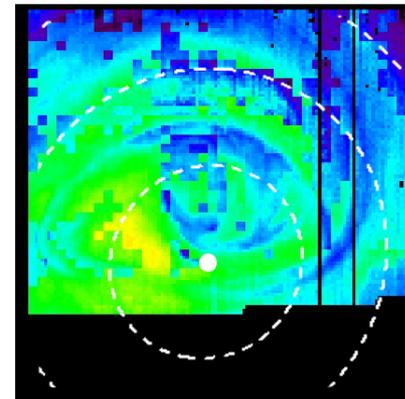
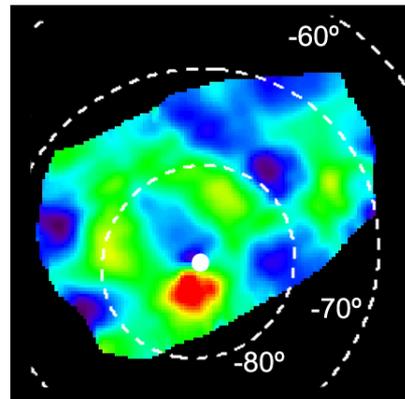
# VORTICIDAD POTENCIAL DE ERTEL

*nube superior*

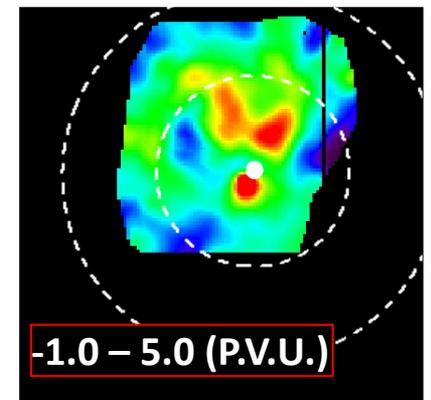
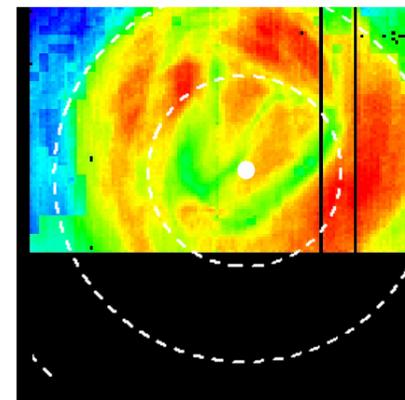
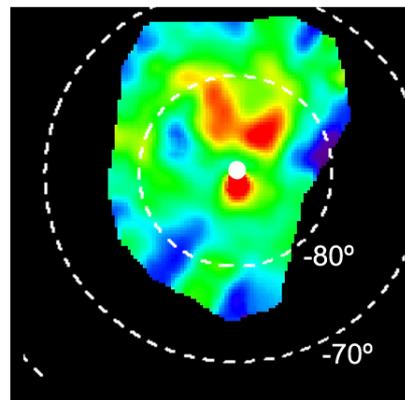
Órbita 038



Órbita 310

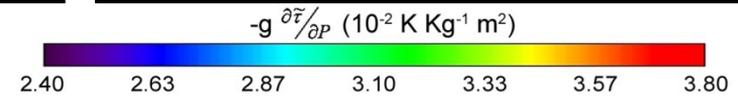
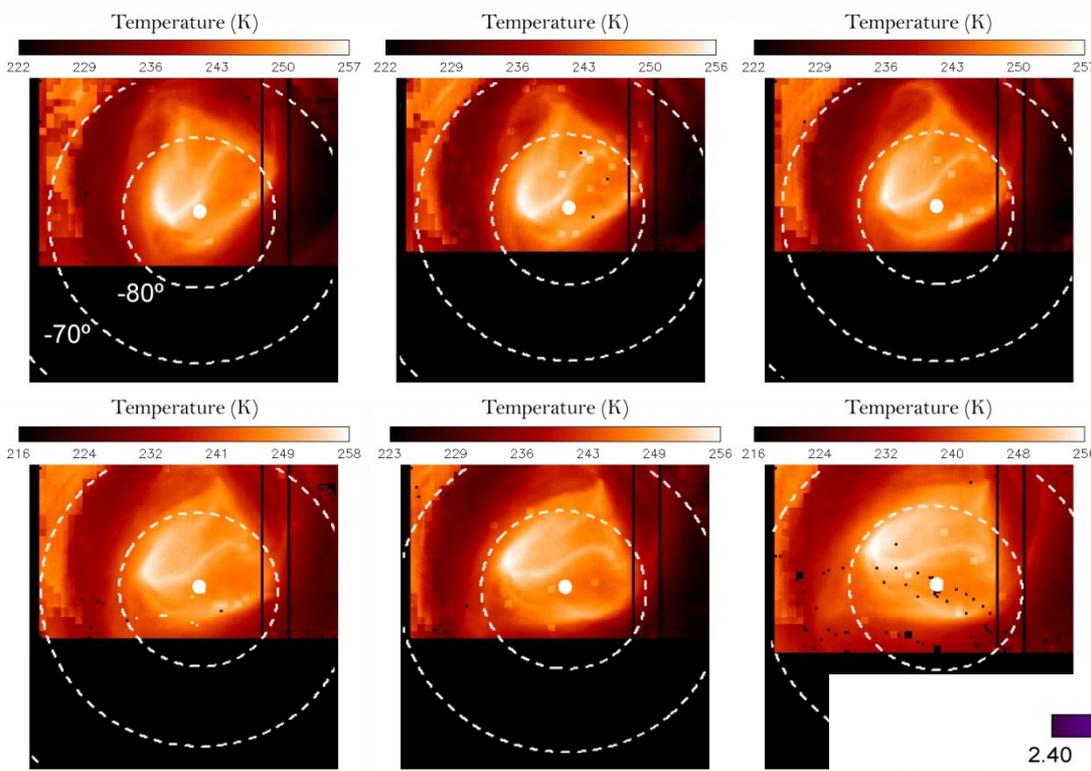


Órbita 475

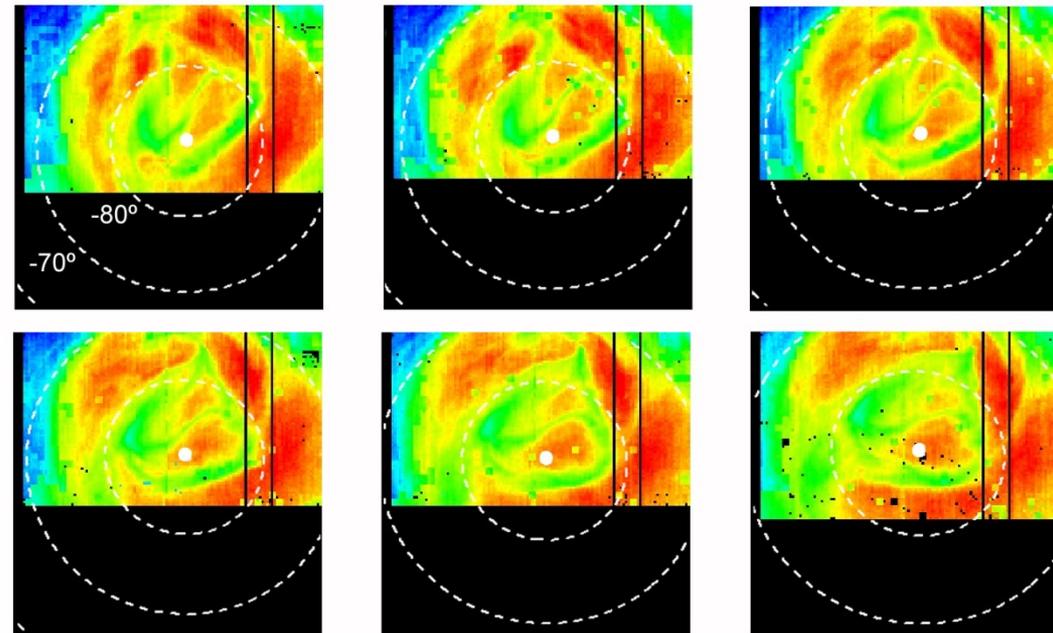


# VORTICIDAD POTENCIAL DE ERTEL

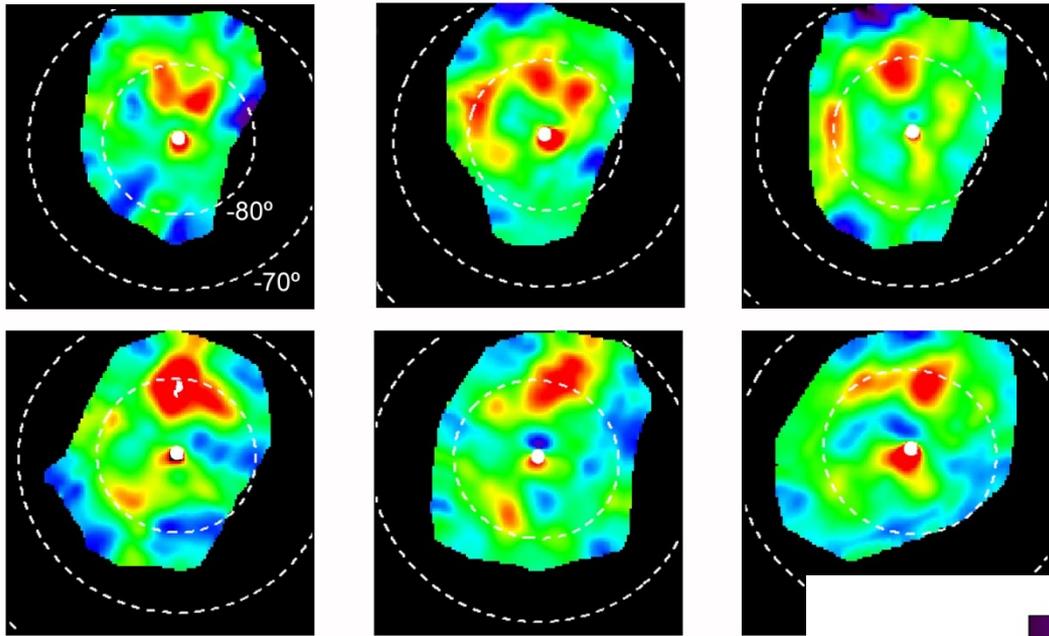
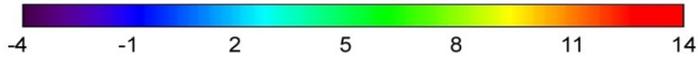
*nube superior  
evolución a corto plazo*



Órbita 475



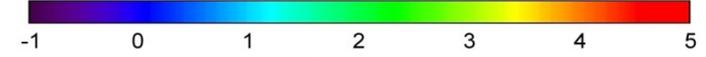
Relative Vorticity ( $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ )



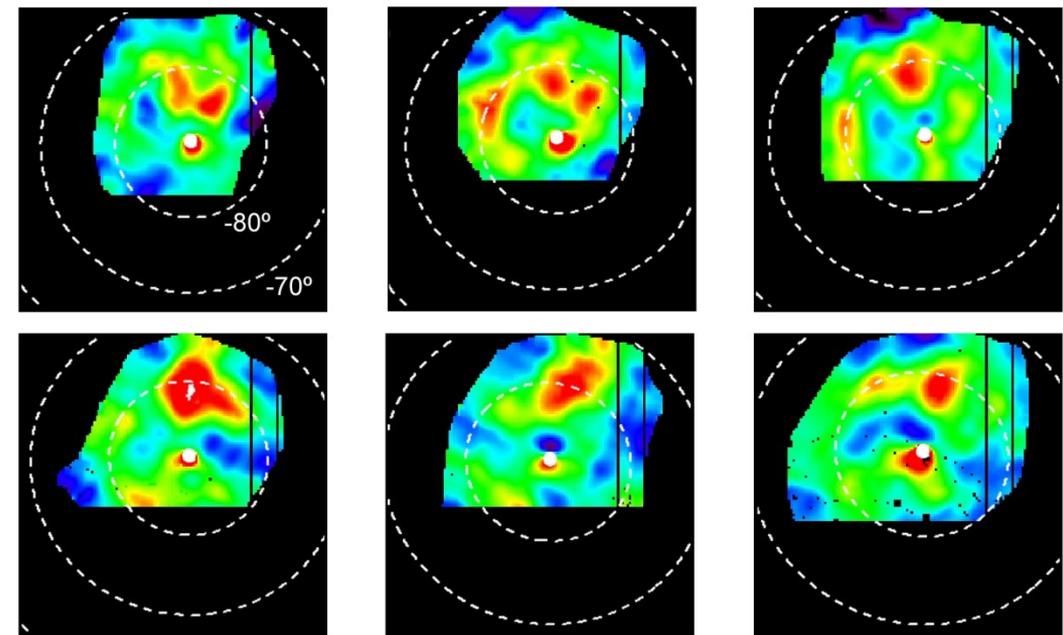
# VORTICIDAD POTENCIAL DE ERTEL

*nube superior  
evolución a corto plazo*

Potential Vorticity (P.V.U.)



Órbita 475

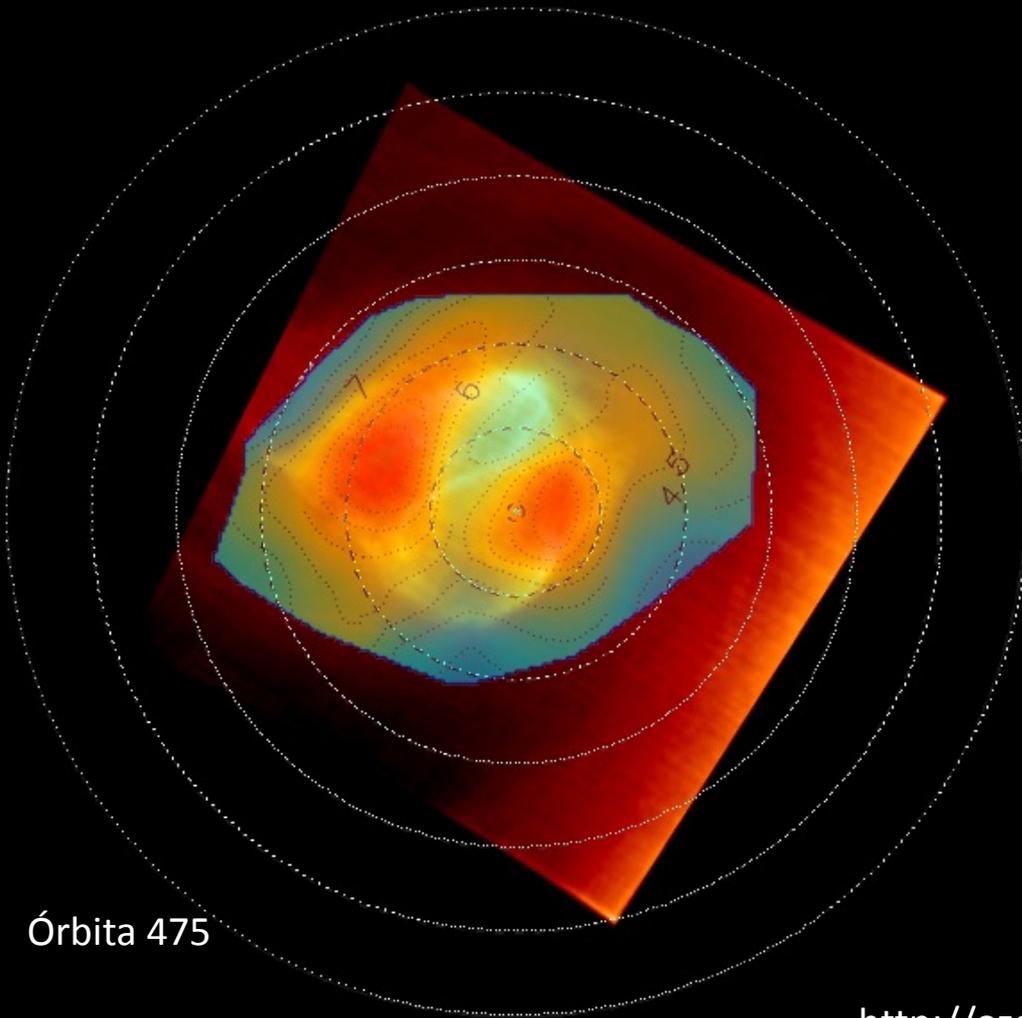


# VORTICIDAD POTENCIAL DE ERTEL

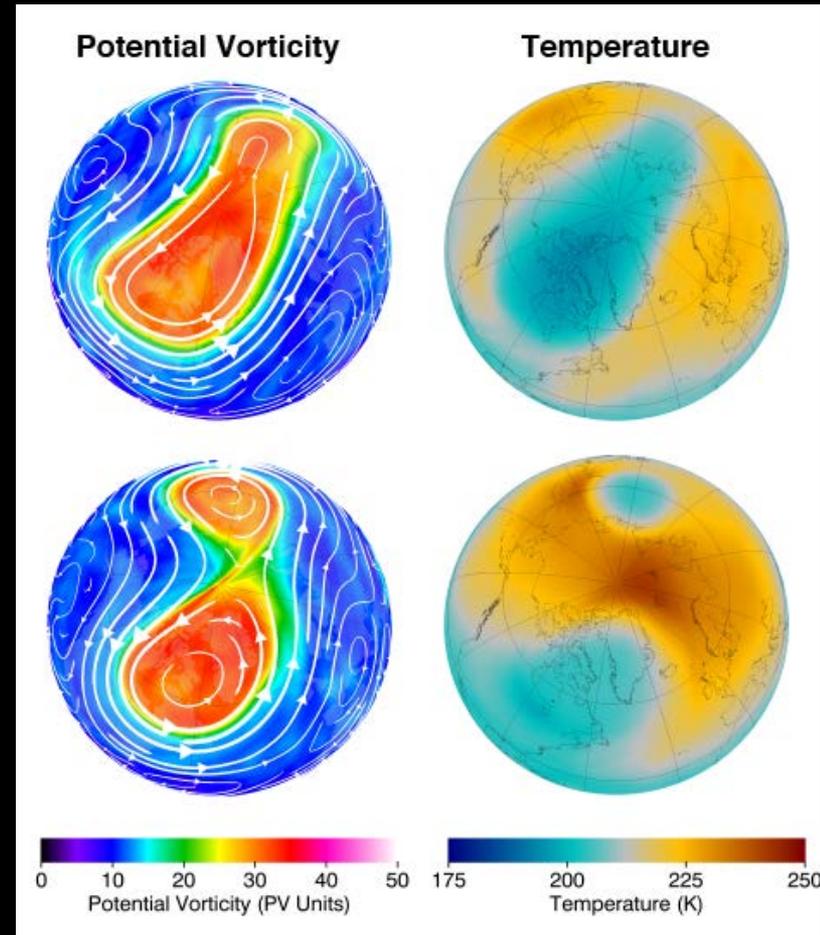
*nube superior*

VENUS

TIERRA



Órbita 475



[http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/warming\\_NH.html](http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/warming_NH.html)

# VORTICIDAD POTENCIAL DE ERTEL

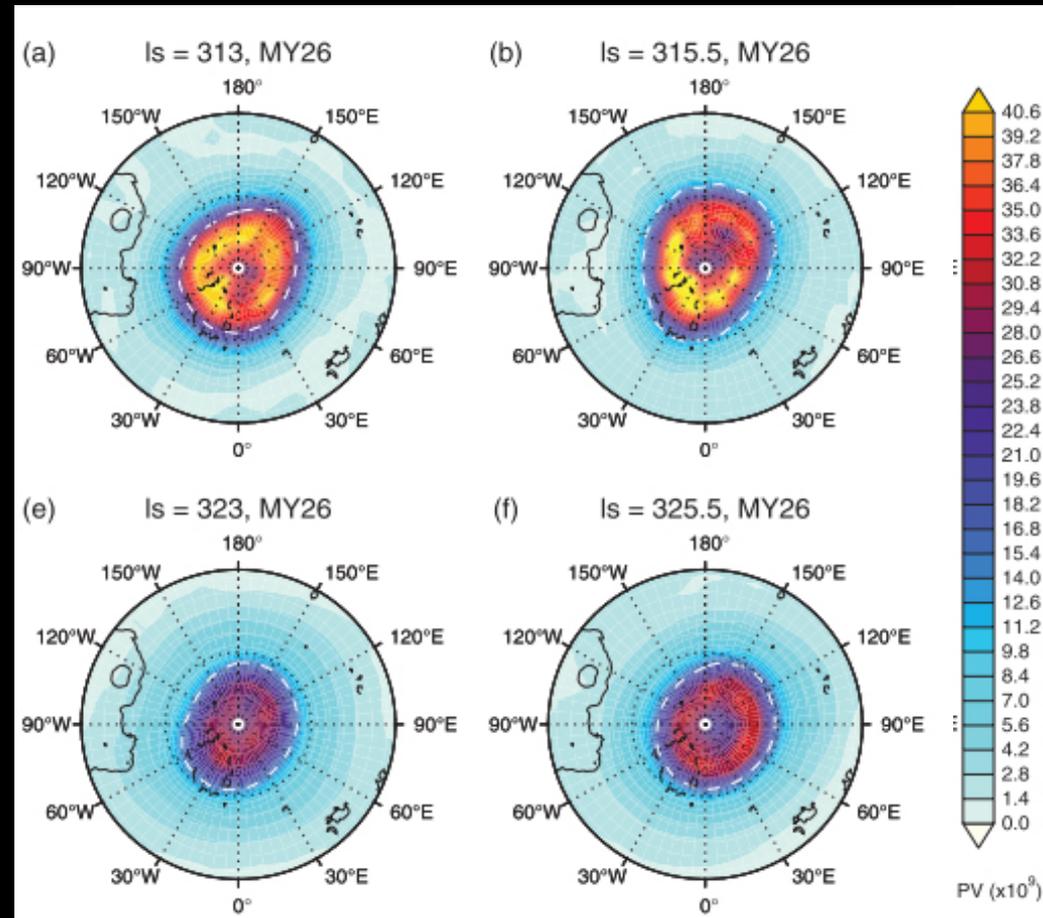
*nube superior*

VENUS

MARTE

Órbita 310

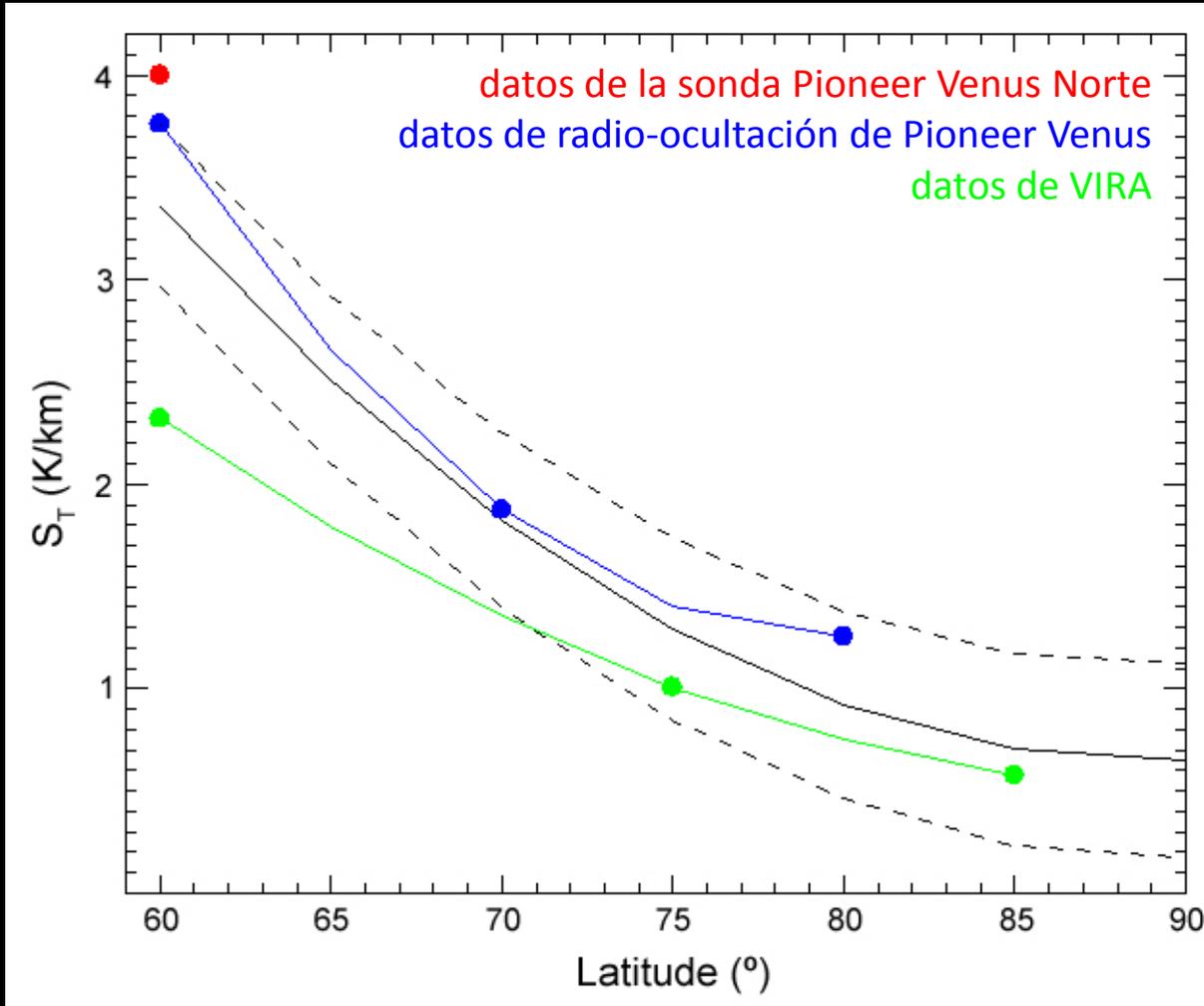
Órbita 475



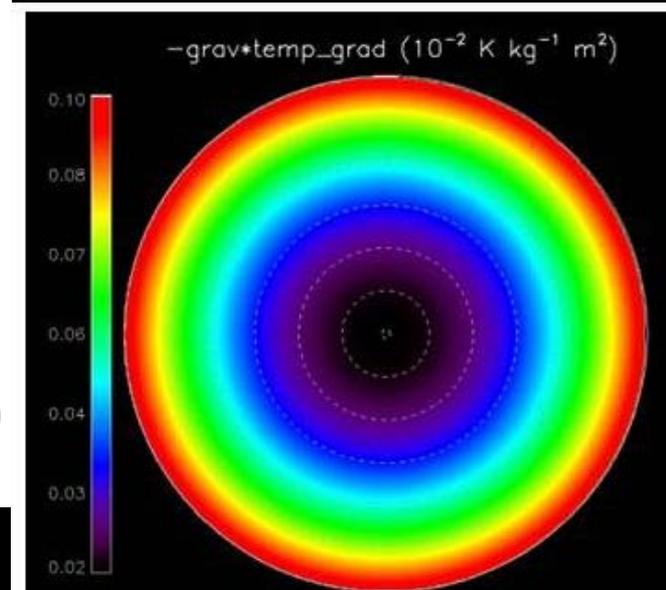
Mitchell et al. (2014)

# VORTICIDAD POTENCIAL DE ERTEL

*nube inferior*



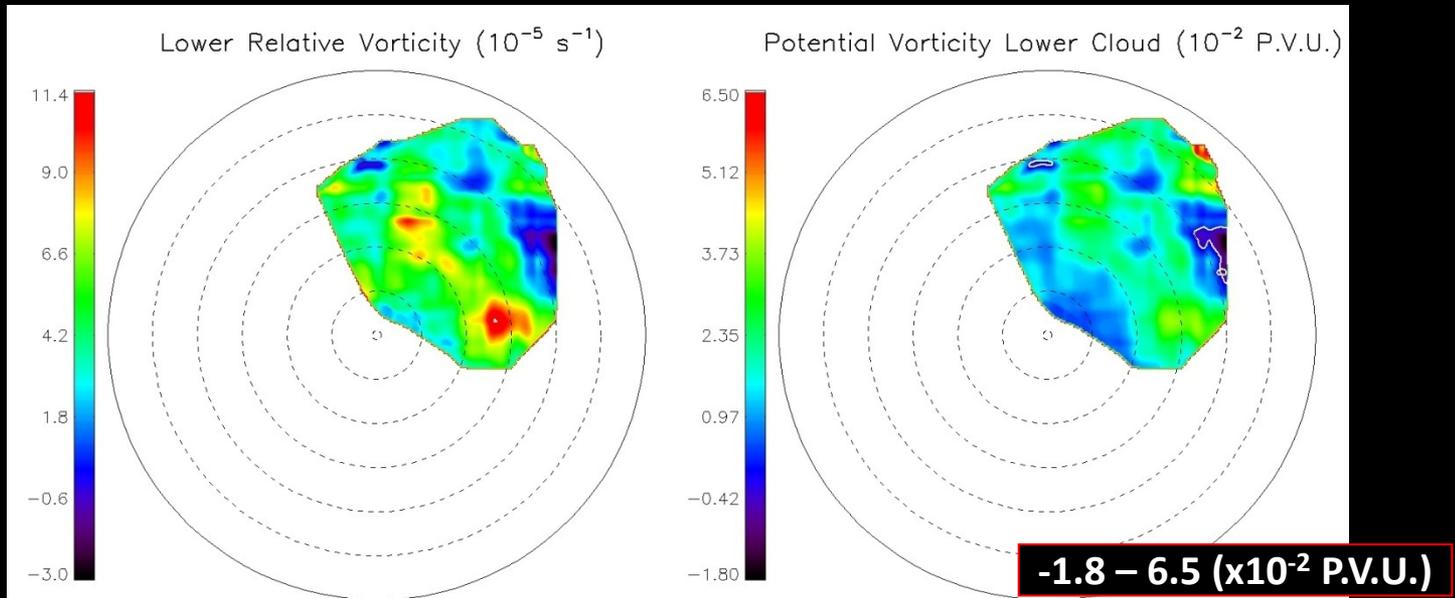
La distribución de la estabilidad estática usada para la nube inferior se basa en los datos medidos por la sonda Norte de Pioneer Venus, los resultados de radio-ocultación del orbitador Pioneer Venus y el modelo VIRA.



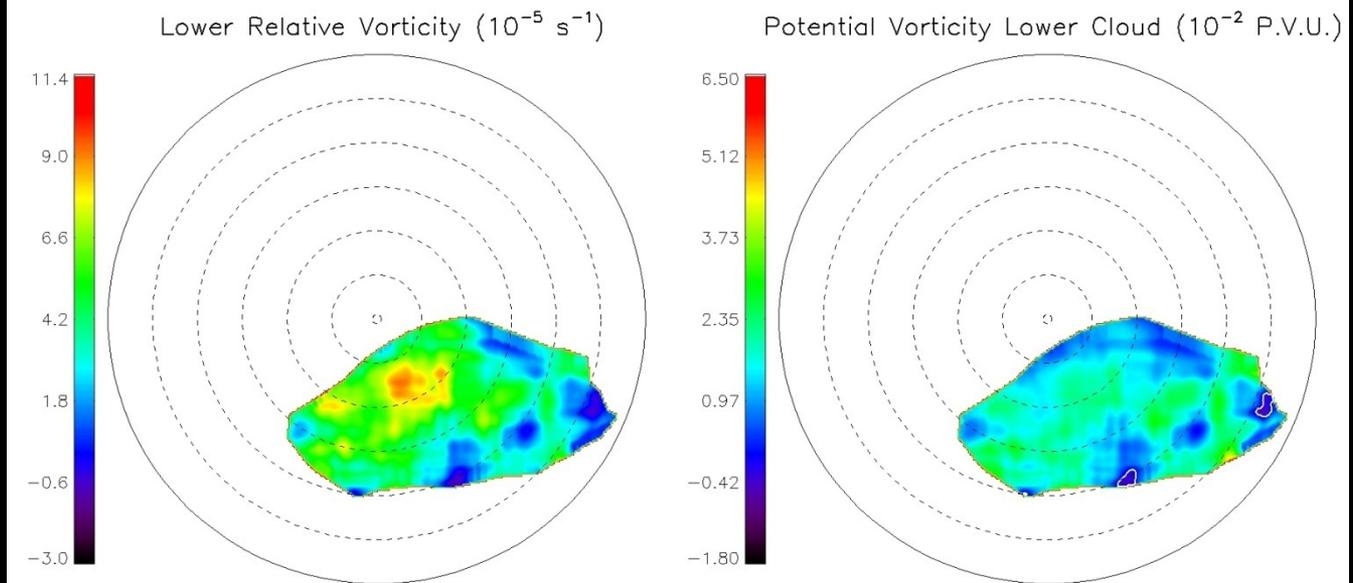
# VORTICIDAD POTENCIAL DE ERTEL

*nube inferior*

Órbita 038



Órbita 310



# CONCLUSIONES

- La distribución de la Vorticidad Potencial de Ertel (VPE) en la nube superior no retiene la estructura observada en las imágenes de radiancia (a  $5\ \mu\text{m}$ ) o en los mapas de temperatura, sino que se asemeja mucho a la distribución de la vorticidad relativa. En la nube inferior, el término relacionado con la temperatura tiende a homogeneizar la distribución de la VPE entre los  $75$  y los  $90^\circ\text{S}$ , respecto a la distribución de la vorticidad relativa.
- Las altamente variables y cálidas estructuras de pequeña escala visibles en las imágenes tomadas a  $5\ \mu\text{m}$  (y que definen el Vórtice Polar Sur de Venus), están situadas en regiones donde la VPE sobre la superficie isentrópica  $330\text{K}$  es localmente mínima. Este resultado es interesante ya que la relación entre valores altos de VPE y temperaturas bajas también se observa en los vórtices polares estratosféricos de la Tierra.
- La estructura global de la VPE obtenida en la nube superior apunta hacia un anillo de vorticidad potencial sin ningún gradiente latitudinal fuerte. Sin embargo, encontramos máximos y mínimos locales cercanos entre sí y con diferencias de hasta  $4\ \text{P.V.U.}$ .
- La forma anular de la vorticidad potencial es una característica en común con los vórtices polares de Marte, mientras que la gran extensión vertical del vórtice es una propiedad común con los vórtices polares de la Tierra. Aparentemente, el Vórtice Polar Sur de Venus es una estructura intermedia entre los vórtices polares Marcianos y Terrestres.