## UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Tema de Tesis:

Estudio de las ondas atmosféricas en la región de la mesopausa a partir de las temperaturas rotacionales de OH(6-2) y de O<sub>2</sub>b(0-1)

Autor:

Esteban Rodolfo Reisin

Director de Tesis:

Dr. Jürgen Scheer

Lugar de trabajo:

Centro Argentino de Estudios de Radiocomunicaciones y Compatibilidad Electromagnética (CAERCEM)

- Octubre 1994 -

Tesis presentada para optar el Título de Doctor en Ciencias Físicas.

### ABSTRACT

The dynamical behaviour of the neutral atmosphere in the region between 80 and 100km is discussed. Data from zenith measurements of the nightglow emission of O\_b(O-1) and OH(6-2) have been used to obtain temperatures around 95 and 85km, respectively. Data from 117 nights, measured in a series of campaigns at El Leoncito (32°S, 69°W) and El Arenosillo (37°N, 7°W), from 1986 to 1992. Krassovsky's n has been used, with the help of the model of Hines, Tarasick and Shepherd, to determine the vertical propagation of gravity waves and of the semidiurnal tide. Using an iterative method of spectral analysis for non-equidistant data, about one thousand gravity wave events, for each emission, has been found, in the period range between 200s and more than 6h. A statistical analysis with respect the vertical propagation and the spectral distributions of the number of waves and power and  $\eta$  has been done. Most of the observed waves have big vertical wavelength, or are evanescent. Thirty percent of the waves shorter than 100km propagate downward. A vertical attenuation length of 22km has been determined, approximately independent of period, confirming the lidar results of Collins et al. With respect to the shape of the power spectral density of all the observed waves it is concluded that the spectral slope is less pronounced than the theoretical value of -2 according to Dewan's model. The model of Hines, Tarasick y Shepherd agrees reasonably with the  $\eta$  values found, but with respect to the model of Walterscheid et al., there are big discrepancies in periods less than 1000s. The phases of  $\eta$  cover the first and fourth guadrant, which means that not all values are zero, and there is nearly none at 180°. For the semidiurnal tide, upward propagation was observed, with a mean vertical wavelength of 29km and 43km at the height of the OH and the O2 layers, respectively. On the average, the temperature tide precedes intensity in phase, by approximately 70min for 0, and 140min for OH. The mean  $|\eta|$  for semidiurnal tide is approximately 5 in both layers. These values are incompatible with the predictions of the model of Walterscheid et 21.

#### RESUMEN

Se discute el comportamiento dinámico de la atmósfera neutra en la región entre 80 y 100km. Los datos utilizados provienen de mediciones cenitales de las emisiones del cielo nocturno de O<sub>2</sub>b(O-1) y OH(6-2), obteniéndose la temperatura alrededor de 95km y 86km de altura, respectivamente. Se analizaron los datos de 117 noches, medidos en una serie de campañas en El Leoncito (32°S, 69°W) y El Arenosillo (37°N, 7°W), entre 1986 y 1992. El parámetro  $\eta$  de Krassovsky, con la ayuda del modelo de Hines, Tarasick y Shepherd, ha sido utilizado para caracterizar la propagación vertical de las ondas gravitatorias y de la componente semidiurna de la marea. Se hallaron, mediante un método de análisis espectral iterativo para datos no equidistantes, alrededor de mil eventos de ondas gravitatorias, para cada una de las emisiones, en el rango de períodos entre 200s y más de 6h, y se hizo un análisis estadístico con respecto a la propagación vertical y a las distribuciones espectrales de la cantidad y potencia de ondas, y de  $\eta$ . La mayoría de las ondas observadas tienen gran longitud de onda vertical, ó son evanescentes. De las ondas más cortas que 100km, un 30% se propaga hacia abajo. Se determinó una longitud de atenuación vertical de 22km, aproximadamente independiente del período, confirmando resultados de Collins et al., obtenidos con lidar. Con respecto a la forma de la densidad de potencia espectral del conjunto de ondas observadas, se concluye que la pendiente espectral es menos pronunciada que el valor -2 del modelo de Dewan. El modelo de Hines, Tarasick y Shepherd concuerda aceptablemente con los valores de n encontrados, pero, con respecto al modelo de Walterscheid et al., hay grandes discrepancias en períodos menores a 1000s. Las fases de  $\eta$  cubren el primer y el cuarto cuadrante, por lo cual no todos los valores están en 0°, y casi ninguno en 180°. Para la marea semidiurna, se observó propagación hacia arriba, con una longitud de onda vertical media de 29km y 43km a la altura de la capa de OH y del O2, respectivamente. En promedio, la marea en temperatura precede en fase a la intensidad por aproximadamente 70min para el 0, y 140min para el OH. El promedio de  $|\eta|$  para la marea semidiurna es aproximadamente 5 para ambas capas. Estos valores no son compatibles con las predicciones del modelo de Walterscheid et al.

# Estudio de las ondas atmosféricas en la región de la mesopausa a partir de las temperaturas rotacionales de OH(6-2) y de O<sub>2</sub>b(0-1)

## INDICE

1 - Introducción	1
2 - Método experimental para mediciones de intensidades y temperaturas	
rotacionales del O <sub>2</sub> b(0-1) y del OH(6-2)	6
2.1 - Instrumento y técnica de medición	6
2.2 - Mejoras y avances en la técnica de medición	14
2.2.1 - Intensidades de banda	14
2.2.2 - Corrección de altos fondos	16
3 - Mediciones realizadas	21
3.1 - Campañas de mediciones	21
3.2 - Variaciones nocturnas	22
3.3 - Promedios nocturnos y de campañas	39
4 - Método para el análisis espectral de los datos	47
4.1 - Dificultades con diversos métodos	47
4.2 - El periodograma Lomb-Scargle (LS)	48
4.3 - Modificaciones al períodograma LS	50
4.4 - Análisis de coincidencias	57
5 - El modelo de Hines, Tarasick y Shepherd de los efectos de ondas gravitato-	
rias sobre la luminiscencia del cielo nocturno, y su aplicabilidad a la marea	
semidiurna	60
5.1 - El modelo de Hines, Tarasick y Shepherd	60
5.2 - Extensión del modelo de Hines, Tarasick y Shepherd a bajas frecuencias	
y su validez para la marea semidiurna	63

6 - Resultados observacionales con respecto a la marea semidiurna	67
6.1 - Estudio cuantitativo de la marea semidiurna	67
6.1.1 - Método usado	68
6.1.2 - Estudio de la marea en una noche particular	68
6.1.3 - Coincidencias espectrales observadas simultáneamente en	
ambas alturas	71
6.1.4 – Análisis estadístico del $\eta$ de Krassovsky y de la longitud de	
onda vertical	74
6.1.5 - Análisis comparativo de la marea entre las diferentes campañas.	. 76
6.2 - Comparación de los resultados de la marea semidiurna con modelos y	
otras mediciones	79
7 - Ondas gravitatorias.	83
7.1 - Método de detección de ondas gravitatorias	83
7.2 - Resultados de ondas gravitatorias	89
7.2.1 - Cantidad de ondas encontradas	89
7.2.2 - Características generales del $\eta$ de Krassovsky	91
7.2.3 - Distribución de longitudes de onda verticales y sentido de	
propagación	92
7.2.4 - Amplitudes medias y atenuación entre capas	00
7.2.5 - Variación de $\eta$ con la frecuencia	02
7.3 - Comparación de los resultados de ondas gravitatorias con modelos y	
otros resultados 1	08
7.4 - Pendientes espectrales 1	19
8 - Conclusiones	30
Agradecimientos 1	36
Andradian A. Daduardian I. A.	
Apendice A: Deducción de las ecuaciones del períodograma LS modificado 1	37
Anépdico P. Doducción do Jon polociones de disconstituito a la seconda de la constituita de la const	
Apendice B. Deducción de las relaciones de dispersión y polarización y de los	
paralletros $\mu$ y $\nu$ del modelo de Hines y Tarasick, incluyendo la fuerza de Carialia	
	41
Bibliografía	10
	46