

UN METODO PARA LA ESTIMACION DEL VIENTO

ZONAL MEDIO EN LA TERMOSFERA

Pablo O. Canziani y Santiago Marinaro

L.I.A.R.A. - PRO.NA.RP.

Vicente López - República Argentina

RESUMEN

Se deduce una expresión para estimar una relación para el viento zonal medio U en la termosfera. Se calcula U a partir de las mareas del viento calculadas según el modelo de mareas de J.M. Forbes y la densidad electrónica modificada. La densidad electrónica modificada se obtuvo eliminándole a la densidad electrónica total la variación diurna con el modelo empírico de Ching y Chiu.

ABSTRACT

An equation is deduced to estimate the mean zonal wind U in the thermosphere. U is calculated using the wind tides obtained from J.M. Forbes' tidal model and the modified electron densities. The modified electron density was obtained by eliminating the diurnal variation of the total electron density using Ching and Chiu's empirical model.

INTRODUCCION

El viento zonal medio es un parámetro importante en el cálculo de las mareas termosféricas, según el modelo de J.M.Forbes. Es posible determinarlo a partir de mediciones realizadas con radares de retrodispersión. En base a datos de este tipo R.G.Roble et al.(1977) desarrollaron modelos de vientos y temperaturas medias, que son los utilizados en el citado modelo de mareas. A continuación se presenta un método para estimar el viento zonal utilizando datos corregidos de la densidad electrónica y valores de mareas de viento calculadas según el modelo de mareas.

METODOLOGIA

Para despejar el viento zonal medio U , se utiliza la ec. de continuidad de las masas. Se genera un sistema de 2 ecuaciones, una para la marea solar diurna y otra para la semidiurna. De este sistema de ec. es posible despejar U (Canziani, 1985); en un referencial fijo a la tierra:

$$\begin{aligned}
 U = & \rho_0 (4 \rho_2^2 v_1^2 + \rho_1^2 v_2^2)^{1/2} [4 \rho_2^2 v_1^2 + \rho_1^2 v_2^2 - 2 \rho_1 \rho_2 v_1 v_2 \cdot \\
 & \cos(\lambda_1 + 2\phi_2 - 2\lambda_2 - \phi_1)]^{-1} \{u_1 v_2 \cos(\psi_1 + 2\phi_2 - B) - \\
 & 2 u_2 v_1 \cos(2\psi_2 + \phi_1 - B) - \sin \theta [\cos(\phi_1 + 2\phi_2 + \pi/2 - B) \cdot \\
 & \frac{\partial v_1}{\partial \theta} v_2 - v_1 \frac{\partial v_2}{\partial \theta} - v_1 v_2 \frac{\partial \phi_1}{\partial \theta} - 2 \frac{\partial \phi_2}{\partial \theta} \cos(\phi_1 + 2\phi_2 - B)] + \\
 & \sin \theta [v_2 \frac{\partial w_1}{\partial z} \cos(\eta_1 + 2\phi_2 + \pi/2 - B) - v_1 \frac{\partial w_2}{\partial z} \cdot \\
 & \cos(2\eta_2 + \phi_1 + \pi/2 - B) - v_2 w_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial z} \cos(\eta_1 + 2\phi_2 - B) + \\
 & 2 v_1 w_2 \frac{\partial \eta_2}{\partial z} \cos(2\eta_2 + \phi_1 - B)] \} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{donde: } B = & [2 \rho_2 v_1 \sin(2\lambda_2 + \phi_1) - \rho_1 v_2 (\lambda_1 + 2\phi_2) \cdot \\
 & 2 \rho_2 v_1 \cos(2\lambda_2 + \phi_1 - \rho_1 v_2 \cos(\lambda_1 + 2\phi_2))]^{-1}
 \end{aligned}$$

- u_i : amplitud del viento zonal
 v_i : amplitud del viento meridional
 w_i : amplitud del viento vertical
 ψ_i : fase del viento zonal
 ϕ_i : fase del viento meridional
 η_i : fase del viento vertical
 ρ_0 : densidad neutra media
 ρ_i : marea de densidad neutra
 λ_i : fase de la marea de densidad neutra
 $i = 1$ diurna $i = 2$ semidiurna.

Las mareas de vientos se obtuvieron a partir del modelo de Forbes. Por otra parte se disponía únicamente de la densidad electrónica. Se consideró que las fluctuaciones de la densidad electrónica son causadas por la dinámica del sistema y los procesos de fotoionización. Se supuso que estas mareas están compuestas por una superposición lineal de ambos fenómenos. Trabajando únicamente con la componente dinámica de la variación de la densidad electrónica, se postuló que la densidad electrónica media es proporcional punto a punto a la densidad neutra y que esta proporción es la misma para las mareas diurnas y semidiurnas.

Dado que el fenómeno de fotoionización es esencialmente diurno, se utilizó para eliminar esta componente, el modelo desarrollado por Ching y Chiu (1973) y Chiu (1975) que describe la variación diurna de foF2. La Fig.I muestra los espectros obtenidos para la densidad electrónica, luego de eliminada la componente de la fotoionización en la variación diurna. No fue posible aplicar este método sobre Is las Argentinas, observándose allí efectos no deseados. Según Chiu, el modelo no es confiable en la región antártica en el solsticio de verano, debido a los fenómenos magnetosféricos. En estos casos se utilizó la densidad electrónica original total.

Se destaca, en la Fig.I, la preponderancia de la marea semidiurna donde alcanza valores del mismo orden de la diurna. Esto coincide con los resultados propuestos por el modelo de mareas.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

La Fig.II muestra la evolución del viento zonal U en la termósfera entre el equinoccio y el solsticio según Roble. Se observa el paso de un sistema equinoccial simétrico respecto del ecuador a un sistema antisimétrico en los solsticios (positivo hacia el este, negativo hacia el oeste).

La Fig.III presenta las estimaciones realizadas, y la Tabla I, la comparación con los valores predichos por el modelo de Roble.

En junio se destaca el máximo sobre Buenos Aires y Concepción, con vientos del orden de los $60-70 \text{ ms}^{-1}$. Estos se aproximan bien a los valores teóricos, aunque el máximo teórico está ubicado sobre Malvinas. Sobre Islas Argentinas los valores experimentales son mucho menores que los teóricos. No es posible determinar ningún tipo de relación con R .

Las estimaciones para diciembre indican vientos muy fuertes, en contrándose sobre Malvinas valores de hasta 300 ms^{-1} . Para Islas Argentinas se observa gran variabilidad en los resultados, no siendo posible justificarlos físicamente. La diferencia entre las estimaciones y los valores teóricos son grandes, alcanzándose factores de hasta 6.

En los equinoccios se detecta la estructura propuesta por Roble, con la inversión cerca de los 50° y el máximo entre los $25-35^\circ$, con fuertes gradientes. Los valores, salvo en Islas Argentinas, y en menor grado Malvinas, son ligeramente mayores que los teóricos (ver Tabla I). Como antes, esto indicaría dificultades en el modelaje de la termósfera en altas latitudes, aún en los equinoccios. No se ob-

serva ninguna relación entre el n° de Wolf y los vientos.

CONCLUSIONES

De lo expuesto anteriormente, se puede concluir que:

- i) La metodología para estimar las densidades electrónicas y sus fluctuaciones por causas dinámicas es válida. Se observa que, a diferencia de la densidad electrónica total, la componente semidiurna es importante.
- ii) La utilización de las densidades electrónicas modificadas en lugar de las densidades neutras es válida en latitudes medias. No es sin embargo utilizable en altas latitudes, coincidiendo con Chiu.

La estimación del viento zonal se realizó combinando los resultados de las mareas de densidad electrónica modificada con las mareas de viento calculadas a partir del modelo de J.M.Forbes. Puede observarse que:

- iii) El comportamiento latitudinal se aproxima bastante bien al propuesto por Roble.
- iv) Se observa que en altas latitudes los resultados no son buenos.
- v) En el solsticio de verano los vientos estimados son siempre mucho mayores que los teóricos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el paciente asesoramiento del Dr. Giraldez en la realización del presente trabajo y la colaboración de la Srta. Mercedes Alsó en la realización de los espectros gráficos.

BIBLIOGRAFIA

- Canziani, Pablo O. (1985) Tesis de Licenciatura, U.B.A.
- Ching, B.K. y Chiu, Y.T. (1973) A phenomenological model of ionospheric density; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 35, 1615-1630.
- Chiu, Y.T. (1975) An improved phenomenological model of ionospheric density; *J. Atmos. Terr. Phys.*, 37, 1563-1570.
- Forbes, J.M. y Gillette, D.F. (1982) A Compendium of Theoretical Atmospheric Tidal Structures, Part I: Model description Due to Realistic Thermal and Gravitational Excitation, Environmental Research Papers No. 780(1). USAF.
- International Reference Ionosphere, 1979.
- Roble, R.G., Dickinson, R.E. y Ridley, E.C. (1977) Seasonal and solar cycle variations of zonal mean circulation in the thermosphere, *J. Geophys. Res.* 82, 5493-5504.

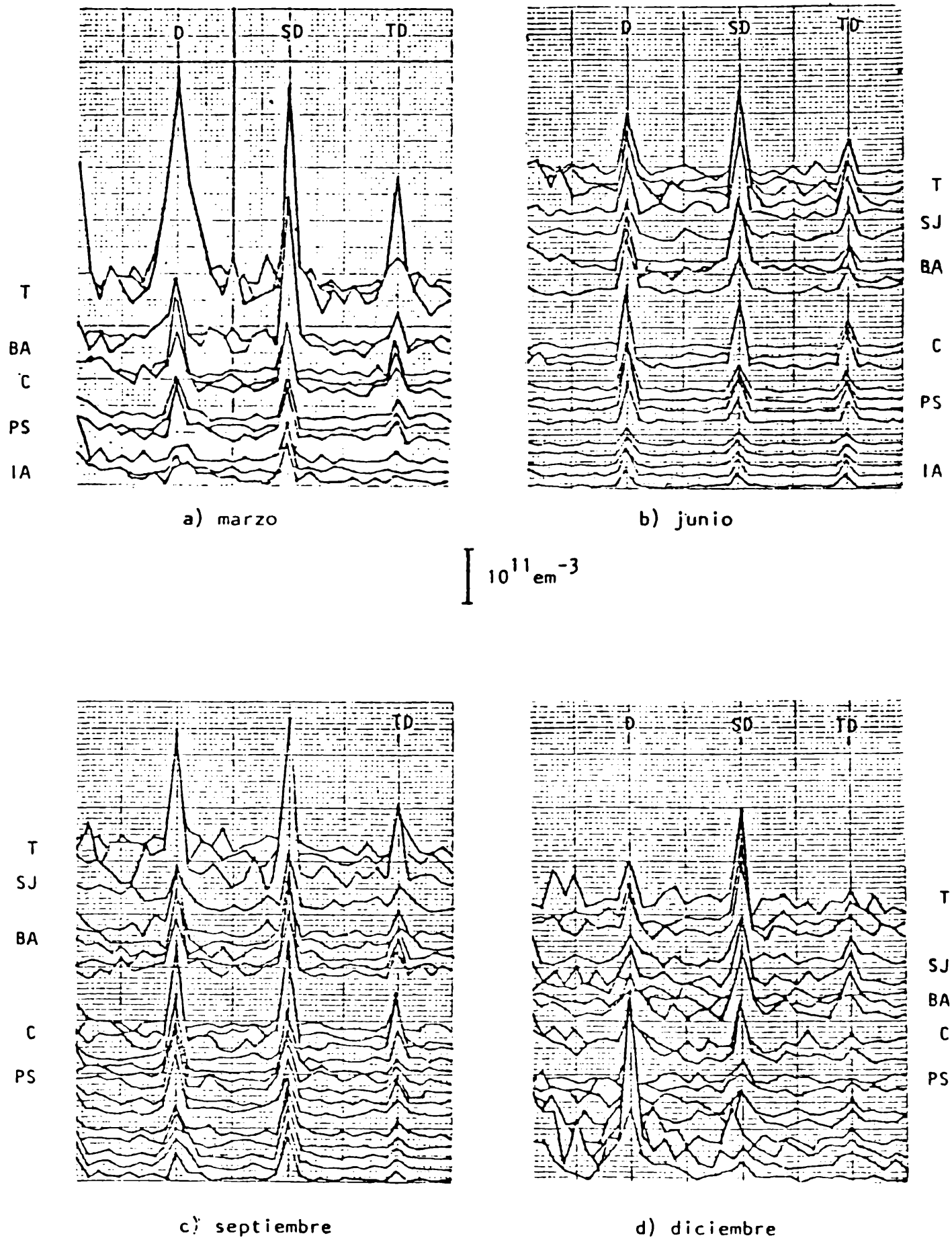


Fig.I: Espectros de la densidad electrónica modificada.

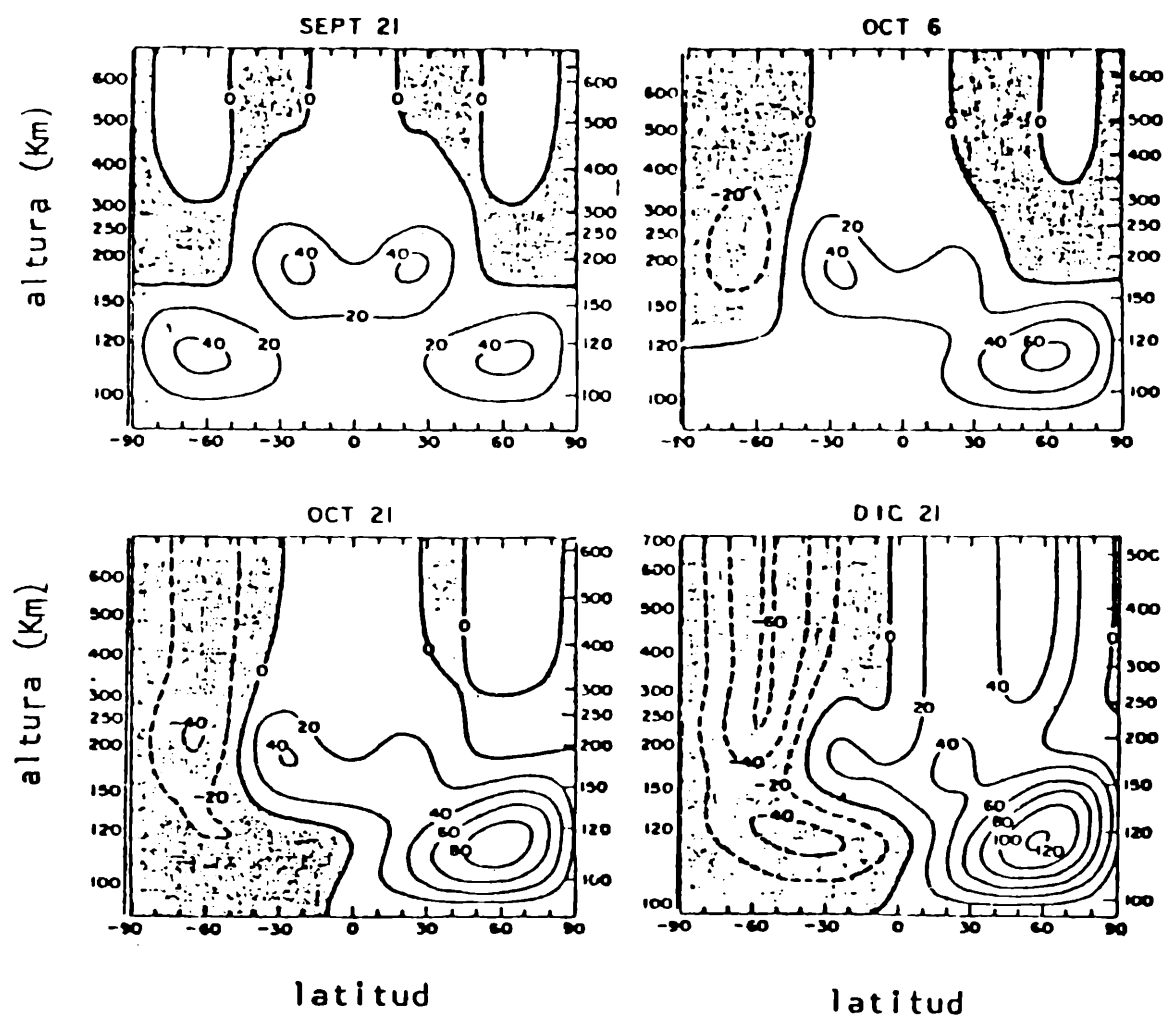


Fig.II: Evolución del viento zonal U entre el equinoccio y el solsticio según el modelo de Roble.

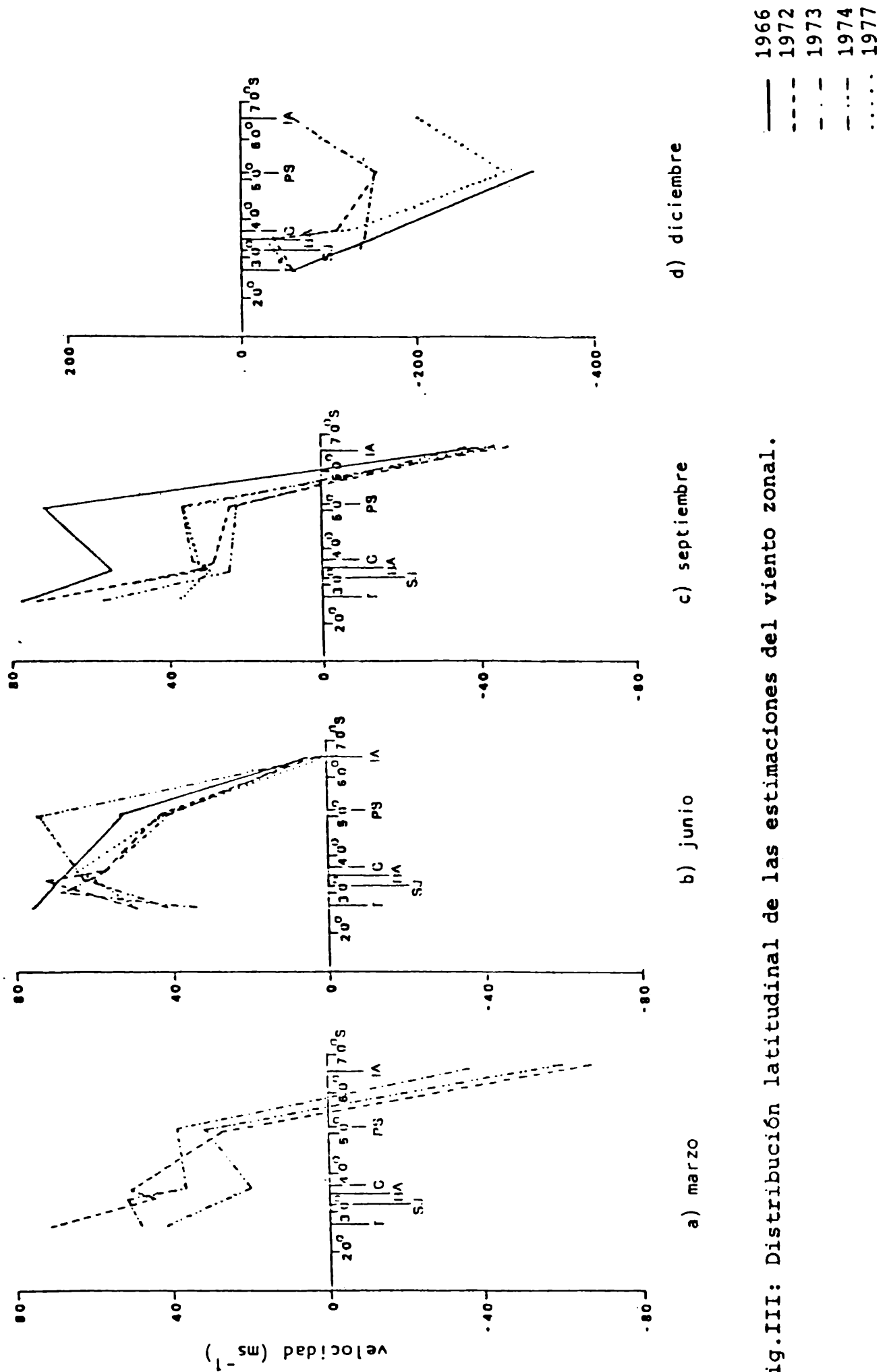


Fig.III: Distribución latitudinal de las estimaciones del viento zonal.

AMPLITUD PARA: ESTACION	MARZO					JUNIO					SEPTIEMBRE					DICIEMBRE				
	U_E ($m s^{-1}$)	σ_U ($m s^{-1}$)	U_T ($m s^{-1}$)	U_E/U_T	U_E ($m s^{-1}$)	σ_U ($m s^{-1}$)	U_T ($m s^{-1}$)	U_E/U_T	U_E ($m s^{-1}$)	σ_U ($m s^{-1}$)	U_T ($m s^{-1}$)	U_E/U_T	U_E ($m s^{-1}$)	σ_U ($m s^{-1}$)	U_T ($m s^{-1}$)	U_E/U_T	U_E ($m s^{-1}$)	σ_U ($m s^{-1}$)	U_T ($m s^{-1}$)	U_E/U_T
TUCUMAN	53.7	15.4	25.0	2.2	49.8	15.9	30.0	1.7	58.7	17.0	25.0	2.4	-71.1	35.4	-10.0	7.1				
BUENOS AIRES	47.9	5.3	20.0	2.4	66.6	5.1	45.0	1.5	34.4	11.6	20.0	1.7	-80.11	60.3	-20.0	4.0				
CONCEPCION	35.9	15.1	20.0	1.8	60.4	3.6	45.0	1.3	31.4	2.7	20.0	1.6	-106.8	9.9	-20.0	5.3				
PUERTO ARGENTINO	32.4	6.0	-5.0	-6.5	50.6	14.2	55.0	0.9	38.0	19.7	-5.0	-7.6	-235.9	116.2	-60.0	3.9				
ISLAS ARGENTINAS	-54.7	16.3	-5.0	10.9	2.8	2.2	30.0	0.1	-42.4	3.9	-5.0	8.6	-116.2	91.2	-50.0	2.3				

Tabla I: Comparación entre el viento zonal estimado U_E y el viento zonal teórico U_T (σ_U dispersión).