

EFECTO DEL CAMPO GEOMAGNETICO EN LA  
PREDICCIÓN DE LA FRECUENCIA DE APANTALLAMIENTO  
DE LAS E-ESPORADICAS

Marta E. Mosert de González

Centro de Investigaciones Regionales de San Juan

San Juan, República Argentina

Alberto Giraldez

Laboratorio Ionosférico de la Armada

Buenos Aires, República Argentina

Sandro M. Radicella

Centro de Investigaciones Regionales de San Juan

San Juan, República Argentina

RESUMEN

Se utiliza un estudio realizado anteriormente del comportamiento de la frecuencia de apantallamiento de las capas esporádicas (fbEs) para estaciones ionosféricas de la red americana de sondadores, para dos años de baja y alta actividad solar: 1964 ( $\bar{R}=10$ ) y 1967 ( $\bar{R}=94$ ), respectivamente.

Los resultados obtenidos indican la necesidad de tener en cuenta una variación con la latitud geomagnética en el modelo de predicción de fbEs, que en su formulación actual tiene en cuenta únicamente el ángulo cenital solar, la actividad solar y la latitud geográfica.

La nueva expresión obtenida provee valores de predicción de fbEs con un error menor que con el modelo anterior, para latitudes geomagnéticas medias.

ABSTRACT

A former study on the behavior of the sporadic-E blanketing frequency (fbEs) for the american chain of ionospheric station, for two years of low and high solar activity: 1964 ( $\bar{R}=10$ ) and 1967 ( $\bar{R}=94$ ) respectively, has been used. The results

obtained indicate the need of taking into account the variation with the geomagnetic latitude in the prediction model for fbEs. In the present form it takes into consideration only: solar Zenith angle, solar activity and geographic latitude.

The new expression obtained gives fbEs prediction values with a lower error than the former, for middle geomagnetic latitudes.

#### INTRODUCCION

Como se sabe, a altura de la región E aparecen estratos o gradientes pronunciados de ionización conocidos con el nombre de esporádicas o Es.

Una de las formas de "observar" dichas capas es a través de los ionogramas, que proveen información sobre parámetros tales como la frecuencia crítica (foEs), la altura virtual (h'Es) y la frecuencia de apantallamiento (fbEs).

De todos ellos la fbEs es la que, según muchos autores, mejor representa la densidad electrónica de dichas capas (Rawer, 1962; Reddy y Rao, 1968; Whitehead, 1972; Smith y Mechtly, 1972), y es por otra parte la que, según otros, acompaña generalmente a la frecuencia crítica de la región E normal, foE (Matsushita y Reddy, 1967; Radicella y otros, 1976).

Muchos han sido los trabajos que se han realizado para analizar el comportamiento de las capas esporádicas y definir sus variaciones temporales, latitudinales y frecuencia de ocurrencia (Matsushita y Reddy, 1967; Giraldez, Mesterman, 1973) y también para determinar métodos de predicción (Giraldez, 1981). En este último trabajo, analizando el comportamiento de las fbEs, en particular para el sector americano, el autor ha encontrado un método de predicción que calcula el valor de fbEs, para horas diurnas y latitudes medias, utilizando la expresión:

$$fbEs = A(R) \cdot B(\alpha) \cdot C(\lambda, \alpha) \quad (1)$$

en donde:

$$A(R) = 3,844 \cdot (1 + 1,7378 \cdot 10^{-3} \cdot R)$$

$$B(\alpha) = (\cos \alpha)^{0,25}$$

$$C(\lambda, \alpha) = \exp \left[ \left( (|\lambda| - \Omega) / 50,26 \right)^2 \cdot (\cos \alpha)^{0,73} \right]$$

siendo:

$$\Omega = 150^\circ (\cos x - \cos^2 x + \cos^3 x / 9) + 7^\circ$$

R = número de manchas solares (Zürich)

$x$  = ángulo cenital solar

$\lambda$  = latitud geográfica

El objeto de este trabajo es el de mostrar la necesidad de tener en cuenta una variación con la latitud geomagnética en el modelo de predicción de fbEs antes mencionado, a la luz de los resultados obtenidos, del análisis del comportamiento de la fbEs en diez estaciones del sector americano para dos años de baja y alta actividad solar: 1964 ( $\bar{R}=10$ ) y 1967 ( $\bar{R}=94$ ), respectivamente (González, M.M.de; Radicella, S.M.; Abarca O. y González R., 1982; "Morfología de las capas esporádicas en las Américas". Informe de proyecto presentado en la XII Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Santiago Chile. En adelante G. y otros).

#### ANALISIS DE LOS DATOS

Los datos utilizados en G. y otros, han sido los valores horarios mensuales de fbEs correspondientes a diez estaciones de la red americana de sondadores y para dos años de baja y alta actividad solar: 1964 ( $\bar{R}=10$ ) y 1967 ( $\bar{R}=94$ ), respectivamente. En la tabla I aparecen las coordenadas geográficas y geomagnéticas de dichas estaciones.

Hay que hacer notar que en algunos casos los datos publicados han debido ser ajustados de acuerdo con las normas aceptadas internacionalmente, con el objeto de unificar criterios de interpretación, siendo dichos ajustes, en ciertos casos, importantes.

Los datos han sido agrupados para cada año en tres grupos o estaciones:

V = Promedio de las medianas horarias mensuales de los meses enero, febrero, noviembre y diciembre.

E = Promedio de las medianas horarias mensuales de los meses marzo, abril,

setiembre y octubre.

I = Promedio de las medianas horarias mensuales de los meses mayo, junio, julio y agosto.

La Figura 1 muestra las isolíneas de fbEs medidas a partir de 2MHz cada 0,5MHz en función de la latitud geográfica y de la hora del día para los dos años en estudio y para los tres grupos de meses: V, E, I. (G. y otros).

Como hecho más destacable puede observarse una simetría de las curvas con respecto al Ecuador geomagnético para los meses E a diferencia de lo que debería esperarse si el factor dominante para la densidad electrónica máxima de la capa E, (representada por fbEs) fuese el ángulo cenital solar  $\alpha$ . Este comportamiento es más definido en mínima actividad solar (1964) que en alta (1967).

Durante los meses de verano local se observa un pico de fbEs entre las 12.00 y las 14.00 (tiempo medio local) ubicado alrededor de los 30°-35°sur para los meses V y de los 10°-20°norte para los meses I; en ambos casos al sur del punto subsolar correspondiente, lo que nuevamente indica un apartamiento con respecto a la dependencia directa solar.

Tanto para los meses I como para los meses V, se notan picos secundarios en el hemisferio opuesto al máximo principal con mínimo sobre el Ecuador geomagnético representado por los datos de Huancayo.

Cabe recordar que este comportamiento estacional-latitudinal es similar al que se observa para la foF2 (frecuencia crítica de la región F2) en las latitudes geomagnéticas bajas.

Estos resultados llevaron a tener en cuenta una variación con la latitud geomagnética en el método de predicción de fbEs de Giraldez, 1981.

El análisis de los datos ha llevado a modificar la expresión (1) según:

$$fbEs = A(R) \cdot B(\alpha) \cdot C(L, \alpha) \quad (2)$$

con:  $A(R) = 3,844 (1 + 1,7378 \cdot 10^{-3} \cdot R)$

$$B(\alpha) = (\cos \alpha)^{0,25}$$

$$C(L, \alpha) = \exp \left[ \left( (|L| - \Omega) / 50,26 \right)^2 (\cos \alpha)^{0,73} \right]$$

$$\Omega = 150^\circ (\cos \alpha - \cos^2 \alpha + \cos^3 \alpha / 9) - 3^\circ$$

siendo  $R$  = número de manchas solares (Zurich)

$\alpha$  = ángulo cenital solar

$L$  = latitud geomagnética

El nuevo valor de  $\Omega$  tiene en cuenta la diferencia promedio entre la latitud geográfica y la magnética de las estaciones de la cadena americana, reflejando así la influencia del campo geomagnético sobre el sistema de mareas en la región E.

La Figura 2 muestra los valores de fbEs calculados con la expresión (2) para los días 15 de enero, 15 de abril y 15 de julio que se consideran como representativos de los meses V, E e I, respectivamente, para índices de actividad solar  $\bar{R}=10$  y  $\bar{R}=100$  correspondientes a los años usados en el análisis de G. y otros, 1982.

Del análisis de dicha Figura se ve que las isolíneas de fbEs calculadas tienen una distribución similar a las correspondientes de la Figura 1, particularmente considerando que el método de predicción es simétrico con respecto al mediodía local.

Hay que hacer notar que para las estaciones de latitudes superiores a  $40^\circ$  no hay gran coincidencia, sobre todo para el verano local.

Los resultados anteriores muestran que la inclusión de la latitud geomagnética en lugar de la geográfica en la expresión de predicción de fbEs mejora los resultados.

Para hacer más evidente lo anterior se comparan, en las Tablas II, III y IV, los valores de fbEs medidos con los calculados por los dos métodos: el de Giraldez (1981) (método 1) y el aquí propuesto (método 2) para cada una de las estaciones analizadas, para las 12.00 (tiempo medio local) y el año 1964 y los tres grupos de meses: V, E e I, respectivamente.

Del análisis de las mismas se ve que los valores de fbEs predichos con el método 2, han mejorado en general con respecto a los predichos con el método 1, menos en latitudes mayores a  $\pm 40^\circ$  de latitud geomagnética, aproximadamente.

### CONCLUSIONES

El método de predicción presentado en este trabajo reproduce los valores de fbEs medidos, en general, con un mayor acuerdo que el de Giraldez (1981) para las horas centradas alrededor del mediodía local y para latitudes medias. Para latitudes magnéticas mayores que 40° el método debería ser corregido.

Reconocimientos: Este trabajo se encuadra en un proyecto del Programa Nacional de Radiopropagación. (PRONARP)

### BIBLIOGRAFIA

- GIRALDEZ, A.E., "Daytime Sporadic-E Blanketing Frequency Prediction" S.T.P Prediction Proceedings, 4, p. C-87, NOAA-ERL. Editor R. Donnelly, 1979.
- GIRALDEZ, A.E. y MESTERMAN, I., "Procesos físicos y pautas para la predicción de la E esporádica". Publicación LIARA, C-21, 1973.
- MATSUSHITA, S and REDDY, C.A., "A Study of Blanketing Sporadic-E at Middle Latitudes", J.G.R., 72, N° 1; p. 2903, 1967.
- RADICELLA, S., GONZALEZ, M. y KURBAN, L. "Estudio sobre la Región E en San Juan (Argentina)", Revista GEOFISICA, 4, p. 43-61, 1976.
- RAWER, K., "Structure of Es at Temperate Latitudes" Ionospheric Sporadic-E, E. K. Smith and Matsushita (Editores), Mc Millan Co, N.York, p. 292-343, 1962.
- REDDY, C.A. and RAO, M.; "On the Physical Significance of the Es Parameters fbEs, fEs and FoEs", J.G.R., 73, 215-224, 1968.
- SMITH, G.S., and MECITLY, E.A., "Rocket Observation of Sporadic-E Layers", Radio Science, 3, p. 367, 1972.
- WHITEHEAD, J.D. "The Structure of Sporadic-E from a Radio Experiment" Radio Science 7, p. 355-358, 1972.

EPIGRAFES DE LAS FIGURAS

- Figura 1.- Isolíneas de las frecuencias de apantallamiento (fbEs) medidas en función de la latitud geográfica y de las hora local para los años 1964 (R=10) y 1967 (R=94) para los tres grupos de meses V, E e I.
- Figura 2.- Isolíneas de las frecuencias de apantallamiento calculadas con el método propuesto para los días 15 de enero, 15 de abril y 15 de julio representativos de los meses V, E e I respectivamente, para índices de actividad solar de R=10 y R=100.

ESTACION	G E O G R A F I C A		G E O M A G N E T I C A	
	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD
Boulder	40.00 N	105.18 0	48.90 N	316.4 0
Washington	38.43 N	77.07 0	50.10 N	350.1 0
México	19.20 N	99.30 0	29.10 N	326.8 0
Paramaribo	05.49 N	55.13 0	17.00 N	14.4 0
Bogotá	04.38 N	74.05 0	15.90 N	354.6 0
Huancayo	12.00 N	75.20 0	0.60 S	353.8 0
Tucumán	26.50 S	65.23 0	15.40 S	03.3 0
Buenos Aires	34.35 S	58.30 0	23.20 S	9.4 0
Concepción	36.50 S	73.01 0	25.10 S	355.5 0
P. Stanley	51.42 S	57.51 0	40.40 S	09.1 0

T A B L A I

## MESES V - 12.00 (T.M.L.) - 1964

ESTACION	fb Es medida (MHz)	METODO 1 fbEs calculada (MHz)	METODO 2 fbEs calculada (MHz)
Boulder	2,8	3,3	3,2
Washington	2,9	3,3	3,1
México	3,6	3,2	3,7
Paramaribo	3,7	2,9	3,8
Bogotá	3,8	2,9	3,8
Huancayo	3,6	3,7	3,6
Tucumán	4,3	4,0	3,9
Buenos Aires	4,5	3,8	3,9
Concepción	4,0	3,8	3,8
P. Stanley	3,8	3,5	3,5

T A B L A I I

## MESES E - 12.00 (T.M.L.L.) - 1964

ESTACION	METODO 1		METODO 2	
	fb Es medida (MHZ)	fbEs calculada (MHZ)	fbEs calculada (MHZ)	fbEs calculada (MHZ)
Boulder	3,1	3,8	3,1	3,1
Washington	3,2	3,8	3,2	3,2
México	3,7	3,9	3,7	3,7
Paramaribo	4,8	3,4	3,9	3,9
Bogotá	3,8	3,4	3,9	3,9
Huancayo	3,4	3,4	3,5	3,5
Tucumán	3,8	3,5	3,7	3,7
Buenos Aires	4,1	3,5	3,7	3,7
Concepción	3,6	3,5	3,7	3,7
P. Stanley	3,3	3,3	3,5	3,5

TABLA III

## MESES I - 12.00 (T.M.L.) - 1964

ESTACION	METODO 1		METODO 2	
	fbEs medida (MHz)	fbEs calculada (MHz)	fbEs calculada (MHz)	fbEs calculada (MHz)
Boulder	3,4	3,7		2,7
Washington	3,4	3,7		2,6
México	3,8	3,9		3,6
Paramaribo	4,3	3,2		3,9
Bogotá	3,9	3,1		3,9
Huancayo	3,3	3,0		3,0
Tucumán	3,2	3,2		3,2
Buenos Aires	3,6	3,2		3,3
Concepción	3,2	3,2		3,4
P. Stanley	2,7	2,8		2,9

T A B L A I V

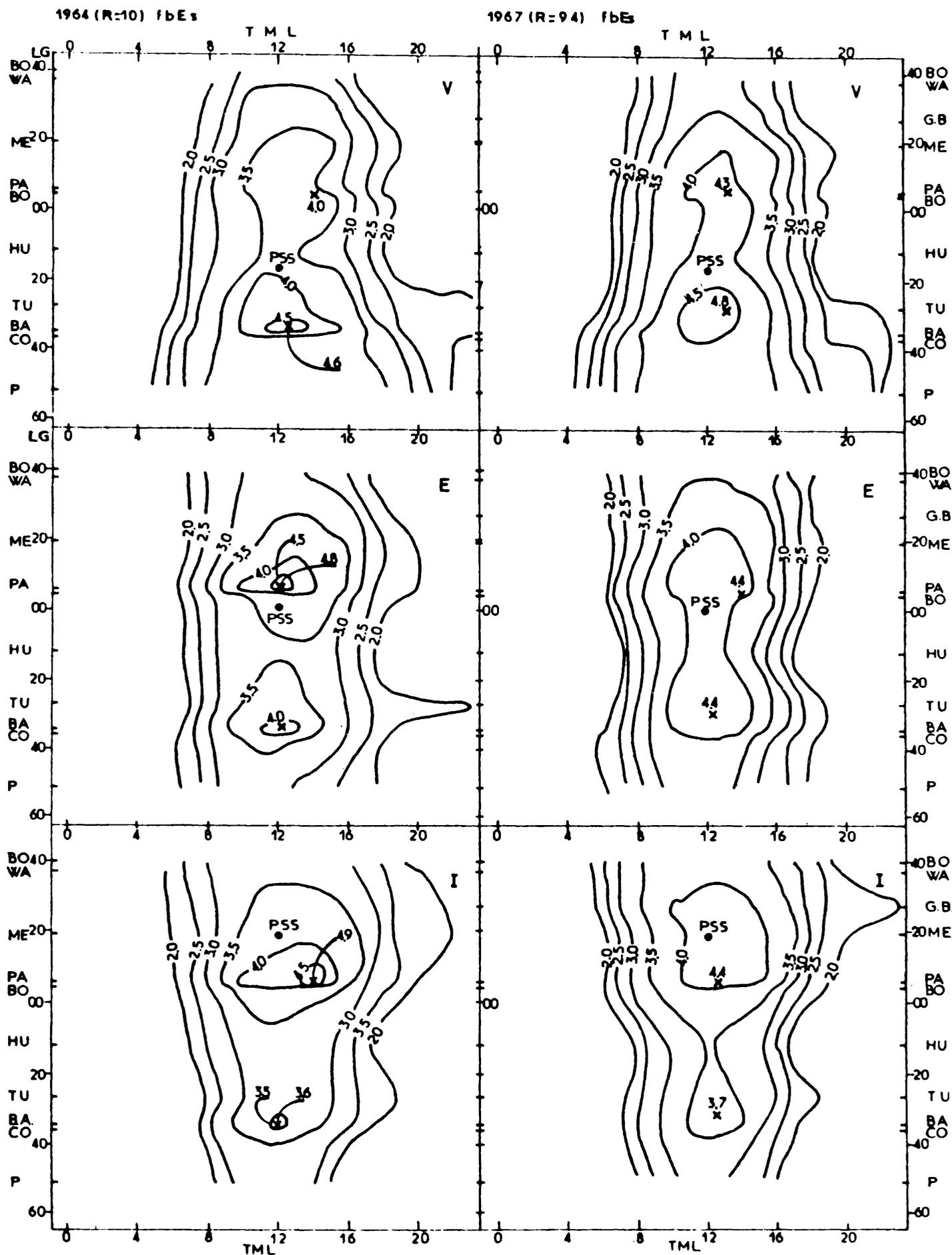


FIGURA 1

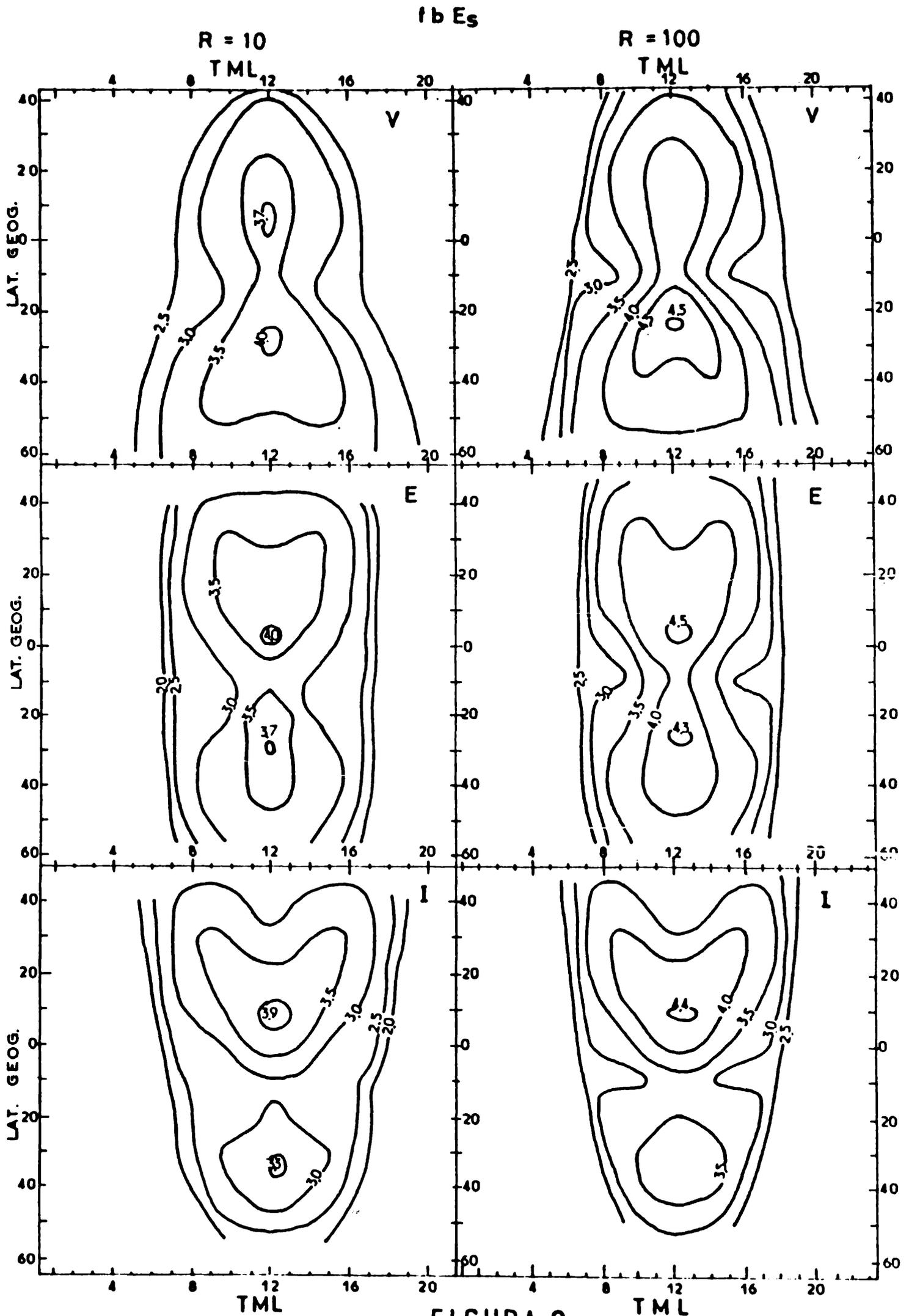


FIGURA 2

