

ANALISIS DE LAS VARIACIONES DEL CAMPO GEOMAGNETICO MODELADAS POR EL IGRF

Julio César Gianibelli (1)

**(1)Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas.
Univesidad Nacional de La Plata . Paseo del Bosque S/N, 1900, La Plata, Argentina. TE:
(0221)4236593/4 ext 132. Email: geofisicogianibelli@yahoo.com.ar**

RESUMEN

Los modelos Internacionales del Campo Geomagnético de Referencia (IGRF por International Geomagnetic Reference Field) se determinan a partir del año 1900. Cada 5 años son actualizados sus coeficientes correspondientes al desarrollo en esféricos armónicos aplicado a los datos provistos por los Observatorios geomagnéticos permanentes, Estaciones de repetición y relevamientos. En el presente trabajo se analiza la intensidad total F del Campo Geomagnético evaluada en un perfil desde el Polo Norte al Polo Sur Geomagnéticos para el intervalo temporal 1900 a 2010, cada 5 años. Dicho perfil atraviesa América y llega hasta la Antártida abarcando 23 observatorios magnéticos. Para cada Observatorio se tiene una serie temporal de valores de F . Se calcula la variación de F cada 5 años y luego es analizada por medio de un análisis espectral no lineal para determinar los períodos predominantes. Los resultados muestran que se detectaron períodos comprendidos en las bandas de 80 años, 30 años y un aporte del ciclo solar en la banda de los 12 años. Se concluye que las dos primeras bandas corresponden a fenómenos generados en el geodínamo terrestre, mientras que la onda solar corresponde a modulaciones inducidas por el ciclo solar sobre las fuentes secundarias de los sistemas de corrientes equivalentes residentes en la magnetósfera e ionósfera que se intensifican con dicha periodicidad.

Palabras Claves: Geomagnetismo, IGRF, variaciones, Observatorios, ciclo solar.

ABSTRACT

The International Geomagnetic Reference Field (IGRF) models are determined starting from year 1900. Their coefficients, corresponding to a spherical harmonic analysis applied to data supplied by permanent geomagnetic observatories, repeat stations and surveys, are updated each 5 years. In the present work total intensity F of the Earth's magnetic field is analyzed evaluated in a profile from the Geomagnetic North Pole to the Geomagnetic South Pole for temporary interval 1900 up to 2010, every 5 years. This profile crosses America and arrives until the Antarctic including 23 magnetic observatories. For each Observatory a temporary series of values of F is had. The F variation every 5 years is calculated and next is analyzed by means of nonlinear spectral analysis to determine the predominant periods. The results shows that periods included in the bands of 80 and 30 years, and a contribution of the solar cycle in the band of the 12 years, were detected. One concludes that the two first bands correspond to phenomena generated in terrestrial geodínamo, whereas the solar wave corresponds to modulations induced by the solar cycle on the secondary sources of the systems of resident equivalent currents in the magnetosphere and ionosphere that intensifies with this regularity.

Keywords: Geomagnetism, IGRF, Variations, Observatories, Solar Cycle.

INTRODUCCION.

Los Modelos Geomagnéticos Internacionales de Referencia (IGRF por International Geomagnetic Reference Field) del Campo Magnético Terrestre (CMT) consisten en un desarrollo en esféricos armónicos hasta el orden 10 basados en la información provista por la Red de Observatorios Magnéticos Permanentes (OMP) en la superficie terrestre y que representan el campo generado por el efecto magnetohidrodinámico de una geodínamo residente en el núcleo externo de la Tierra (Langel, 1987; Barraclough, 1978). Estos modelos son actualizados cada 5 años a partir de 1900.0. Sus coeficientes son provistos por la IAGA (International Association for Geomagnetism and Aeronomy) y la determinación de los elementos geomagnéticos D , I , X , Y , Z , H y F , se obtienen on-line conociendo la latitud y longitud geográficas, altura y fecha, del punto geográfico a calcular, por medio la facilidad web provista por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA): <http://ngdc.noaa.gov/geomagmodels/IGRFWMM.jsp> . El objetivo de este trabajo es analizar la variación de la intensidad total F en nT del CMT, desde 1900.0 hasta 2010.0 cada 5 años y observar su estructura espectral. A este respecto se utilizaron los observatorios que se encuentran distribuidos

desde el Polo Norte al Polo Sur Geográficos a través del Continente Americano. La figura 1 muestra dicha distribución sobre la representación de F correspondiente al IGRF 2000.0, donde cada observatorio aparece con el código de la IAGA y en correspondencia con ella la tabla 1, donde se describe el nombre del observatorio, su colatitud norte, su longitud y altura en metros.

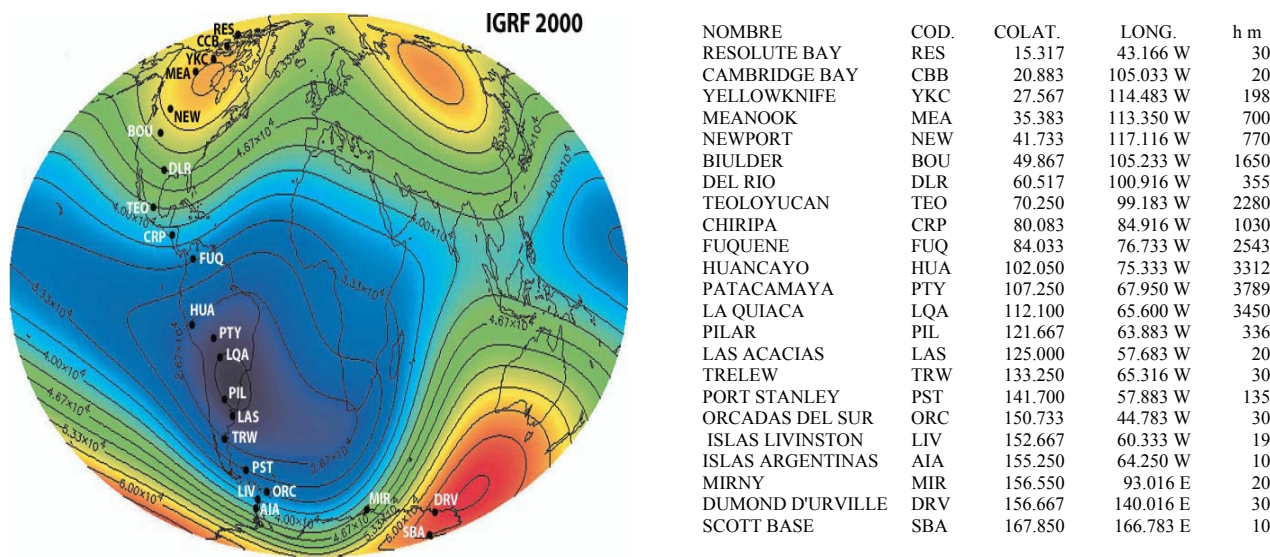


Figura 1: Ubicación de los Observatorios Magnéticos. Tabla 1: Descripción de los Observatorios.

Puede observarse en la figura 1 que el perfil cubre las regiones de los Polos Norte y Sur Geomagnéticos y la Anomalia Magnética del Atlántico Sur (AMAS).
La variación en 100 años de F en cada observatorio se presenta en la figura 2.

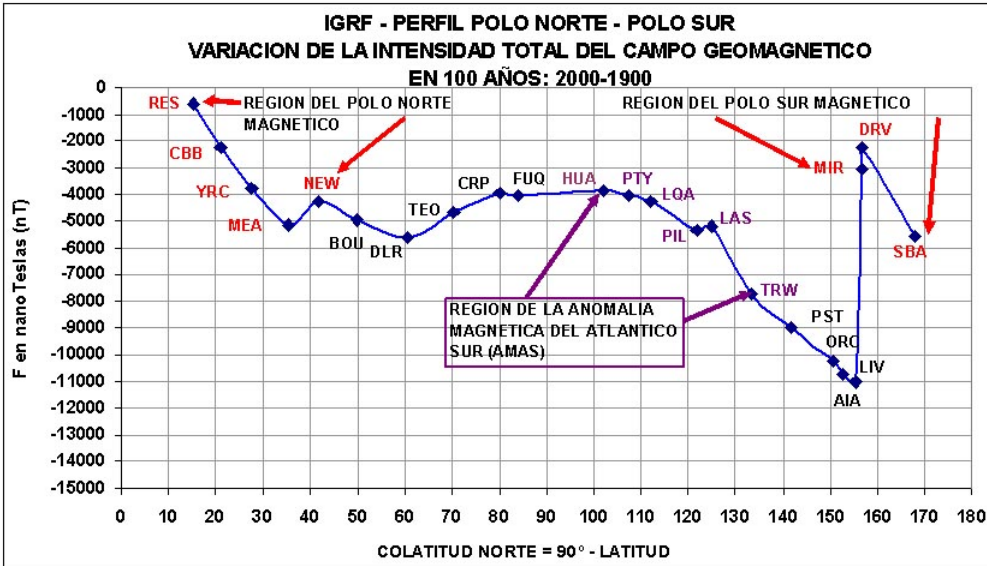


Figura 2: Variación de F para cada observatorio en 100 años: F 2000.0 – F 1900.0.

ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

Para cada OMP del perfil se calculó por medio del IGRF la intensidad total F desde 1900.0 a 2010.0 cada 5.0 años y se determinó la variación cada 5 años de tal manera que quedó constituida una serie de tiempo de la variación de F como se muestra en la figura 3

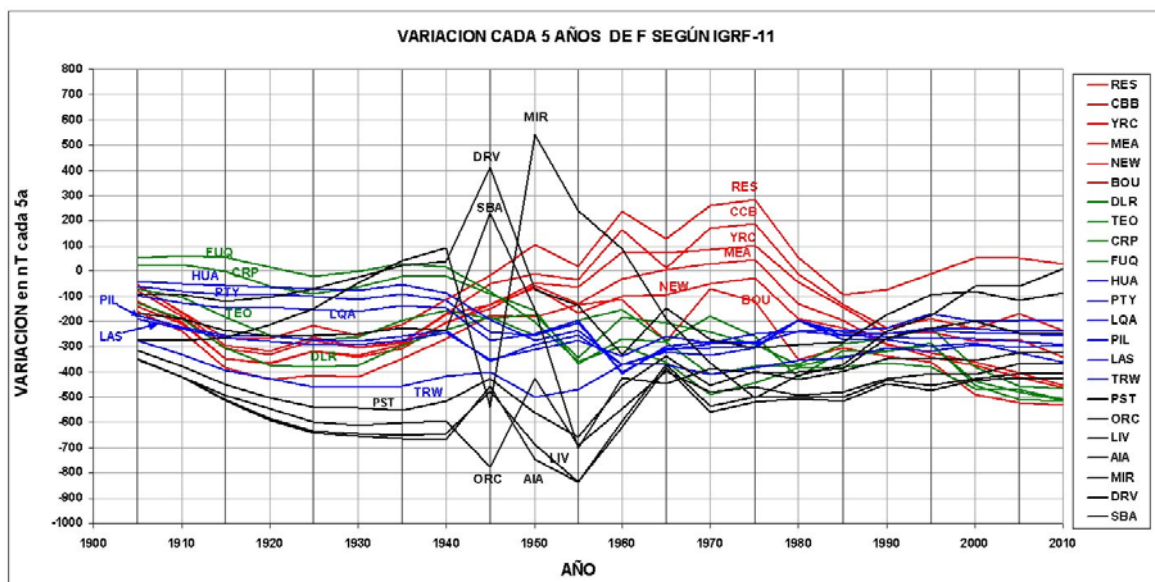


Figura 3. Variación de F para cada OMP desde 1900.0 a 2010.0

El modelo matemático propuesto para esta variación está dado por la Ec. 1

$$\delta F / \delta T = (A + B \cdot T) + \sum C_k \cdot \exp(i\omega_k T + \phi_k), \text{ donde } \omega_k = 2\pi / T_k \quad (\text{Ec.1})$$

donde A y B representan los coeficientes de la tendencia lineal, y ω_k la frecuencia de las componentes de la variabilidad. La metodología consistió en determinar por el método de mínimos cuadrados la recta de mejor ajuste y al residuo resultante de la variabilidad menos dicha recta, se le aplicó un análisis espectral por el método de máxima entropía (Wu, 1977) utilizando el algoritmo de Ulrych y Bishop (1975). Del mismo se obtiene la frecuencia (o periodo) de cada componente espectral. En la tabla 2 se describe los resultados de los periodos determinados, como las amplitudes y fases del modelo para cada período detectado por mínimos cuadrados.

OBS	PER.	AMP.	FASE	OBS	PER.	AMP.	FASE	OBS	PER.	AMP.	FASE	OBS	PER.	AMP.	FASE
	años	nT.	rad.		años	nT.	rad.		años	nT.	rad.		años	nT.	rad.
RES	70.2	162.9	2.2	TEO	96.6	37.0	3.5	PIL	98.5	43.9	1.2	AIA	89.8	90.6	1.5
	32.2	45.3	0.3		43.1	34.0	0.9		39.4	16.7	1.3		30.3	77.7	6.0
	24.6	53.5	1.6		28.6	57.6	5.8		22.2	13.1	5.0		20.0	73.6	6.2
	12.9	36.0	3.1		21.4	20.5	0.5		15.3	29.0	4.9		14.7	48.4	6.3
	10.9	36.2	4.4		11.5	27.0	5.6		12.6	19.4	6.2		10.8	45.0	0.7
CCB	74.2	193.9	2.4	CRP	98.5	23.9	0.3	LAS	96.6	42.8	1.3	MIR	70.2	228.0	3.6
	27.6	37.1	3.5		54.5	64.6	3.4		30.5	15.3	0.2		35.8	154.8	4.2
	17.0	38.3	5.0		26.3	49.4	4.8		18.7	9.2	1.6		24.1	128.7	5.9
	11.5	32.5	0.1		13.8	22.7	4.1		14.9	20.3	4.7		17.4	99.6	1.3
YRC	76.4	190.4	2.4		11.3	24.5	4.8		12.2	15.6	5.4		14.0	123.7	3.5
	33.7	30.9	1.1	FUQ	67.4	93.7	4.8	TRW	85.4	52.5	1.2		11.8	116.5	5.9
	24.8	25.0	1.5		24.5	37.8	4.3		31.1	25.0	0.1	DRV	72.1	147.5	4.5
MEA	78.8	187.8	2.6		17.5	23.7	4.5		19.1	20.5	6.1		45.7	52.0	1.3
	32.6	30.3	0.2		14.9	19.1	0.2	PST	94.8	65.9	1.6		34.4	66.0	0.3
	23.4	32.3	1.0	HUA	74.2	68.5	5.7		30.3	53.2	6.0		24.0	82.8	2.4
	12.9	22.1	2.6		42.7	36.5	2.2		20.8	44.0	0.4		17.8	52.6	4.3
NEW	78.8	149.6	2.7		22.4	20.8	4.1		17.4	32.6	4.4		11.7	50.1	2.9
	33.9	27.4	0.2		14.8	21.5	4.2		14.6	32.5	6.2	SBA	74.2	148.5	5.0
	22.6	36.3	0.4		12.1	25.5	4.7	ORC	91.5	77.2	1.5		36.6	116.6	0.5
	13.1	24.5	3.0	PTY	84.0	65.8	0.0		53.9	49.1	0.5		24.8	112.3	2.9
BOU	78.8	150.0	2.8		41.3	35.2	2.1		30.1	32.8	0.2		18.3	100.3	4.7
	41.0	37.0	0.7		22.2	16.0	4.3		18.6	33.7	3.8		14.2	75.6	5.8
	22.4	35.9	6.2		15.1	31.1	4.7		14.2	66.7	4.5				
	16.5	41.4	5.1		12.4	27.2	5.6		11.6	60.0	5.4				
	12.0	28.9	1.5	LQA	91.5	56.6	0.5	LIV	89.8	86.2	1.5				
DLR	82.6	96.4	2.9		41.3	32.0	2.1		30.5	74.7	6.0				
	47.0	46.3	1.4		21.4	17.0	4.4		20.2	68.2	6.3				
	27.4	44.6	5.2		15.3	35.0	5.0		14.6	44.4	6.0				
	16.8	33.9	5.2		12.7	29.0	6.2		10.8	30.5	0.7				

Tabla2: Descripción de los periodos detectados en cada observatorio.

Estos resultados están representados en la figura 4, 5 y 6 en función de la colatitud. En la Fig 4 se muestra las variaciones por bandas de periodos donde se observa claramente la banda correspondiente al ciclo solar y del doble de este ciclo. Otra banda (17.0-19.5 años) que podría estar relacionado con el ciclo de marea lunar de 18.6 años (CCB, FUQ, LAS, TRW, PST, ORC, MIR, DRV y SBA) correspondiente al periodo del nodo

ascendente de la Luna; y los periodos mayores a 30 años de origen interno. En las Figuras 5 y 6 se muestran las amplitudes detectadas en bandas con más detalle.

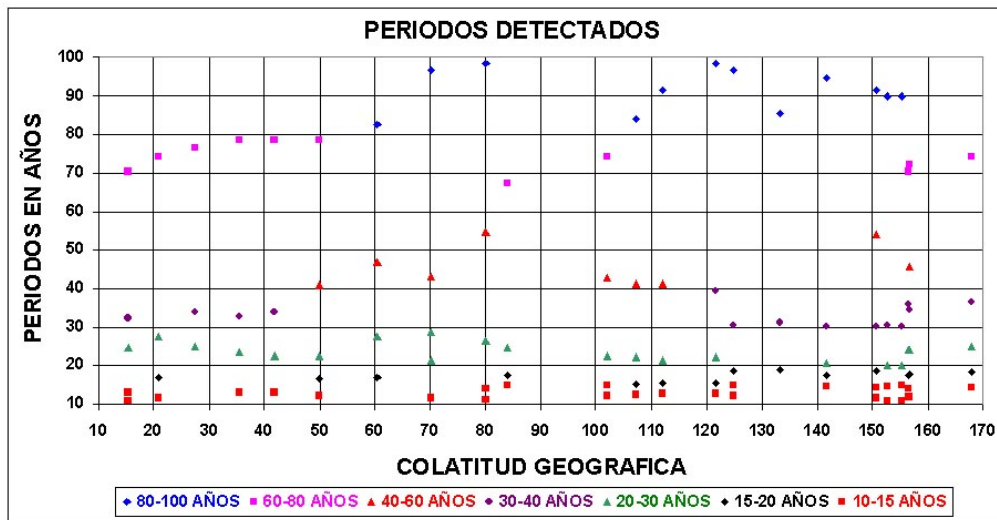


Figura 4: Periodos detectados y amplitud de la variación según la Ec. 1.

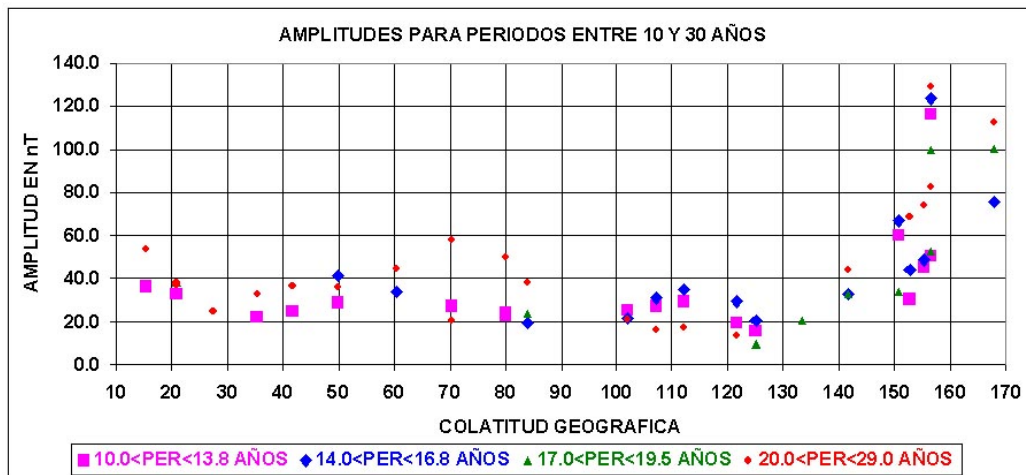


Figura 5: Amplitudes detectadas para cada OMP entre 10 y 30 años.

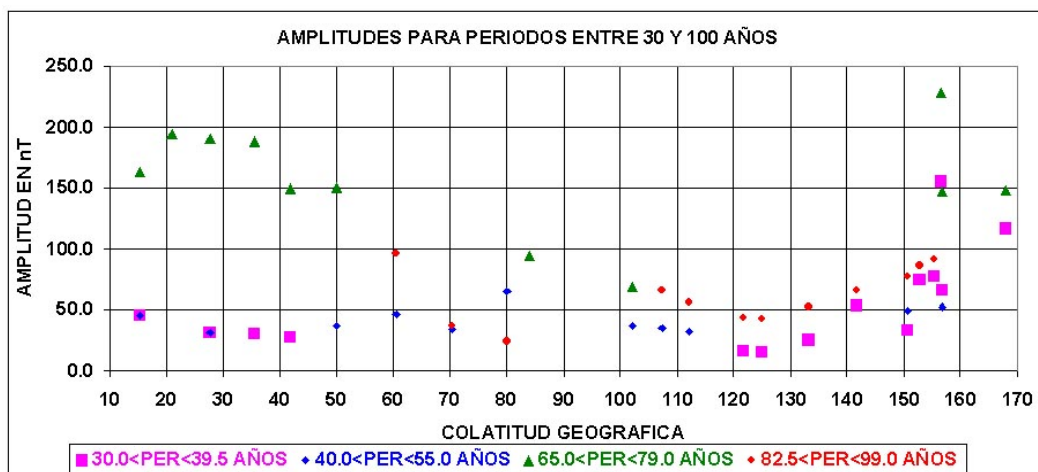


Figura 5: Amplitudes detectadas para cada OMP entre 30 y 100 años.

El modelo aditivo (Ec 1) es adecuado desde el punto de vista del error medio cuadrático del ajuste (RMS) que se obtiene al aplicarlo en la representación de la variabilidad cada 5 años. Su resultado se muestra en la figura 6. La región Subantártica es donde los OMP de MIR, DRV y SBA muestran un RMS mayor que 70 nT.

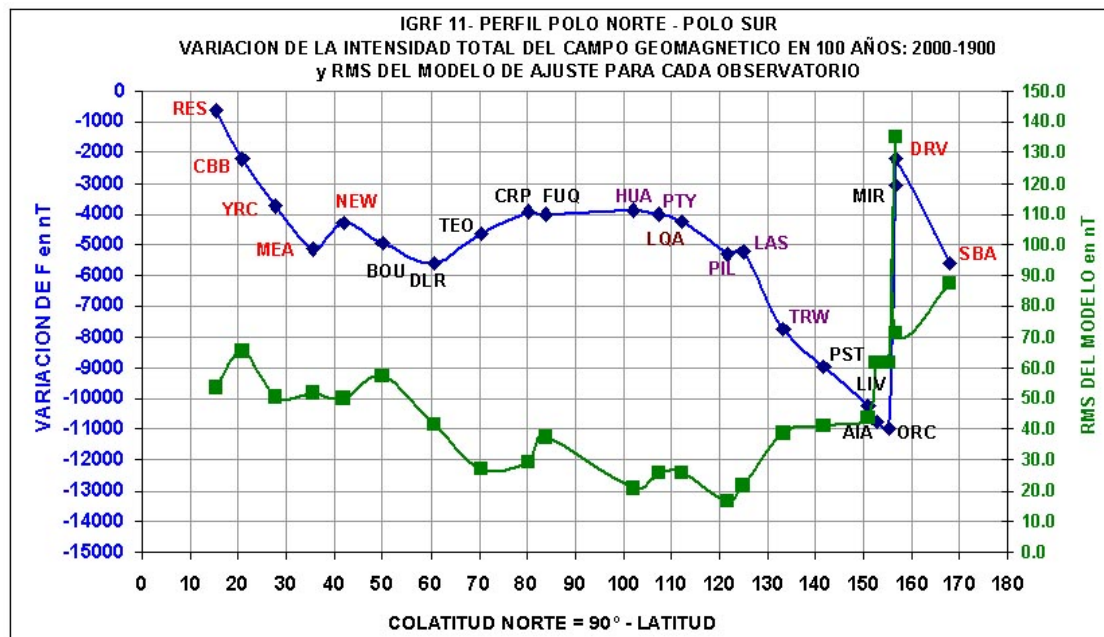


Figura 6. Variación del CMT y RMS del modelo para cada OMP

CONCLUSIONES

El modelo del IGRF contiene aportes de períodos relacionados con el ciclo solar con amplitudes importantes y detectables por métodos no lineales de análisis espectral. Estos resultados demuestran que en la serie de tiempo de variación de F cada 5 años de los OMP, existen efectos producidos de la actividad del acoplamiento CMT con el Viento Solar. Los datos que dan origen al modelo podrían tener una contaminación. Estos también poseen un efecto de acción de marea lunar, además de las variaciones propias de origen interno residentes en el manto y núcleo. Este método podría entonces pronosticar los valores del CMT por medio de este tipo de análisis de su variabilidad, además del lineal.

BIBLIOGRAFIA

- Barraclough, D. R. 1978. Spherical Harmonic Models of the Geomagnetic Field. Institute of Geological Sciences. Geomagnetic Bulletin 8. Pp: 1-66.
- Langel, R. A. 1987. Main Field in Geomagnetism. ED by Jacobs J. A. Academic Press N. Y., VOL I. Pp 249-512.
- Ulrych, T. J. and T. N. Bishop. 1975. Maximum Spectral Analysis and Autoregressive Decomposition. Reviews of Geophysics and Space Physics, Vol 13 N 1. Pp: 183-200.
- Wu N., 1977. The Maximum Entropy Method. Springer. Pp 1 – 327.