

Las variaciones de largo período en el observatorio geomagnético de Las Acacias (Prov. de Buenos Aires)

Julio C. Gianibelli, Eduardo A. Suárez, Oscar Sidoti, Iris R. Cabassi y Daniel O. Gargano

Departamento de Magnetismo Terrestre y Electricidad Atmosférica, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. UNLP (1900) La Plata.

RESUMEN

Se determinan la amplitud y fase de las ondas de largo período en las series de valores medios mensuales, de los elementos geomagnéticos de Declinación y Componentes Horizontal y Vertical. Se aplica el Método de Máxima Entropía y síntesis por medio de un modelo armónico lineal. Los resultados que se presentan son utilizados por la magnetotelúrica para la determinación de características geofísicas y geológicas de la corteza y el manto por medio de los campos inducidos y a través de las curvas de conductividad geoeléctrica.

PALABRAS CLAVES: Geomagnetismo - Magnetotelúrica - Análisis Espectral - Largos Períodos - Método de Máxima Entropía.

ABSTRACT

The amplitude and phase of long period waves of month mean values times series, corresponding to the geomagnetic elements are determined. The maximum entropy method and linear harmonic model are applied. The geologic and geophysical characteristics of crust and mantle, by means of induced field, produced by this long period waves or geomagnetic elements are studied by the magnetotelluric method and geoelectric conductivity.

KEY WORDS: Geomagnetismo - Magnetotelluric - Spectral Analysis - Long periods - Maximum entropy method.

INTRODUCCIÓN

Dentro del espectro de las variaciones temporales del campo geomagnético, las de largo período presentan un especial interés, debido a que se mezclan los efectos de las fuentes de origen externo e interno, en el intervalo comprendido entre los 10 y 25 años.

En dicho intervalos aparecen las ondas de 11 y 22 años aproximadamente, correspondiente al efecto del ciclo solar, los pulsos del campo geomagnético de origen interno con período de recurrencia en esta banda y la onda Mn de 18.6 años de origen lunar.

Estas variaciones y sus orígenes han sido estudiadas principalmente por Chapman y Bartels (1940), Kane (1976), y Courtillot y LeMouél (1976 y 1988). Recientemente Gianibelli y Suárez (1991) determinaron las características del pulso del campo

geomagnético en la zona Antártica y Subantártica. Las variaciones de largo período son utilizadas en estudios magnetotelúricos del manto superior y corteza inferior, también denominados "sondeos geomagnéticos profundos" (Rokityansky, 1982).

A partir de la relación de la profundidad de penetración del campo inducido por las variaciones del campo geomagnético de origen externo es posible conocer las anomalías que presentan la corteza y el manto. Estas variaciones están comprendidas en el intervalo que se extiende desde 10 hasta $7 \cdot 10^8$ seg. correspondiendo a los más largos períodos una profundidad de penetración mayor.

Los parámetros geofísicos determinados por el método magnetotelúrico basado en fuentes naturales son: la conductividad, que a su vez se

relaciona con las condiciones físicas de la corteza y el manto, la temperatura, y las características petro-lógicas de dichos medios.

En el presente trabajo se determinan las ondas de largo período en los elementos geomagnéticos Declinación (D), componente Horizontal (H) y componente Vertical (Z) en el Observatorio Geo-magnético de Las Acacias ($\varphi = -35^\circ 00', 4; \lambda = 57^\circ 41', 4$, Oeste).

ANÁLISIS DE LOS DATOS

La información analizada consiste en prome-dios mensuales de observaciones absolutas realizadas en forma no periódica. El instrumental utilizado es un Magnetómetro Horizontal de Suspensión Unifilar de Cuarzo con el que se determina D y H y una Balanza Magnética de Cero que determina Z. Estos instrumentos son contrastados con las observaciones realizadas por medio de un Inductor Terrestre y un Magnetómetro de Precisión Protónica. El intervalos de estudio está comprendido entre Enero de 1962 a Marzo de 1991, contando cada serie de tiempo D, H y Z con un total de 252 datos cada una. Se aplicó un filtro gaussino de 7 puntos con la finalidad de atenuar el ruido presente en cada serie, cuyo resultado es presentado en las figuras 1a, 1b y 1c.

La variación secular fue modelada por medio de un polinomio de segundo grado y extraída de las series originales filtradas, resultando series residua-les, las que fueron analizadas por el Método de Máxima Entropía, utilizando el algoritmo de Burg, (Burg 1967, Ulrych y Bischp 1975). La longitud del filtro predictor de error (LFPE), estuvo comprendida entre 200 y 350 puntos con incrementos de 5 puntos que corresponde a un sobrecubrimiento del 71% de la serie original. Las figuras 2a, 2b, y 2c muestran los resultados de los espectros en la banda 1-100 años.

RESULTADOS.

Para la determinación de las ondas principales, se utilizó un modelo armónico dado por:

$$y(t) = \sum_n C_n e^{i \left[\frac{2\pi}{T_n} t + \varphi_n \right]}$$

donde C_n es la amplitud, φ_n la fase y T_n el período determinado por el MEM. Donde C_n y φ_n y sus errores son determinados a partir de las series residuales por el método de cuadrados mínimos.

La síntesis se realizó solamente con aquellas ondas cuya potencia era superior al 5% de la máxima detectada en el espectro. Los resultados para la Declinación, cuyos valores son al Oeste, están representados en la figura 3a y en la tabla 1 se muestran las amplitudes y fases con sus errores para cada onda interviniente en la síntesis. De la misma

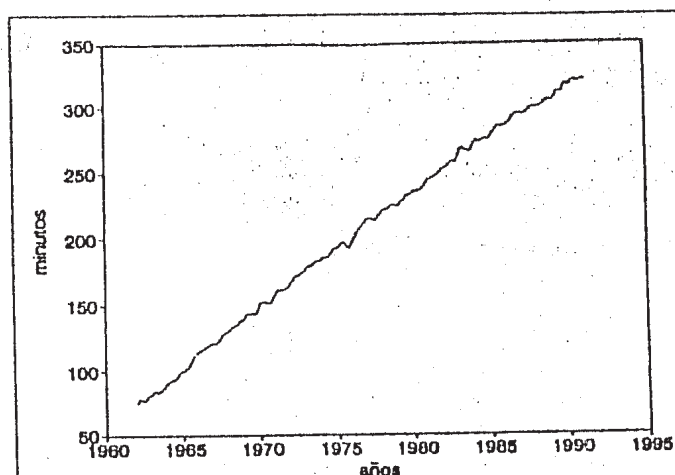


Figura N° 1a: Declinación al Oeste.
Valores medios mensuales filtrados.

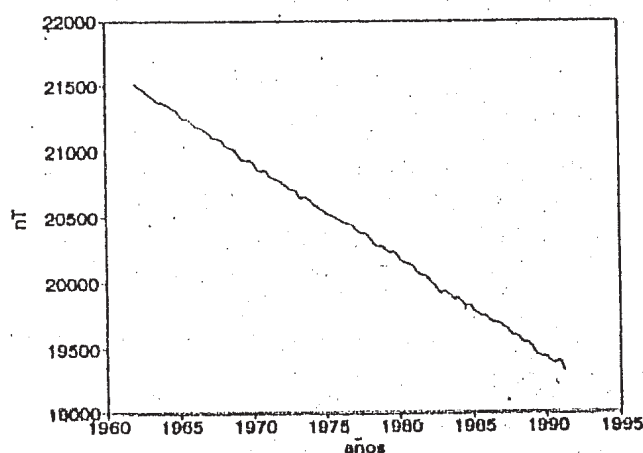


Figura N° 1b: Componente Horizontal.
Valores medios mensuales filtrados.

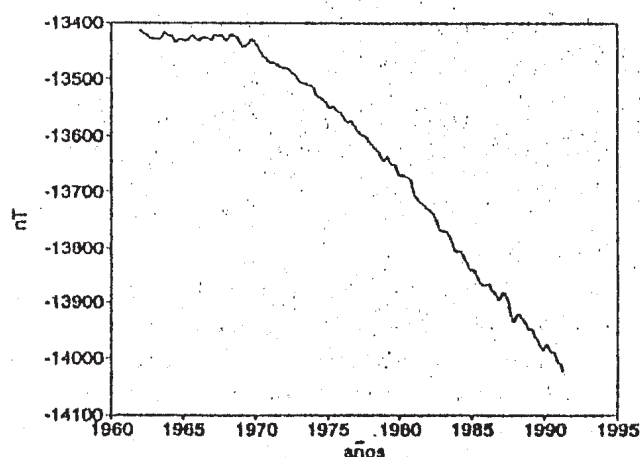


Figura N° 1c: Componente Vertical.
Valores medios mensuales filtrados.

forma se presentan para H, en la figura 3b y tabla 2, y para Z, en la figura 3c y tabla 3. Los errores medios cuadráticos del ajuste resultaron ser para D: 0'.93; para H: 7.2 nT; y para Z: 5.2 nT.

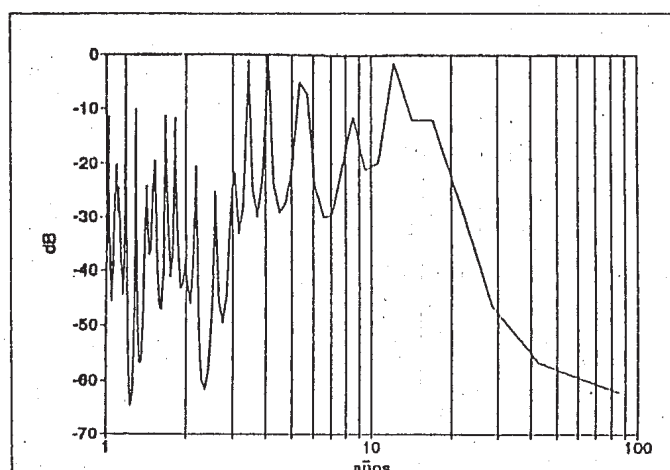


Figura N° 2a: Declinación al Oeste.
Espectro de máxima entropía. LFPE = 250.

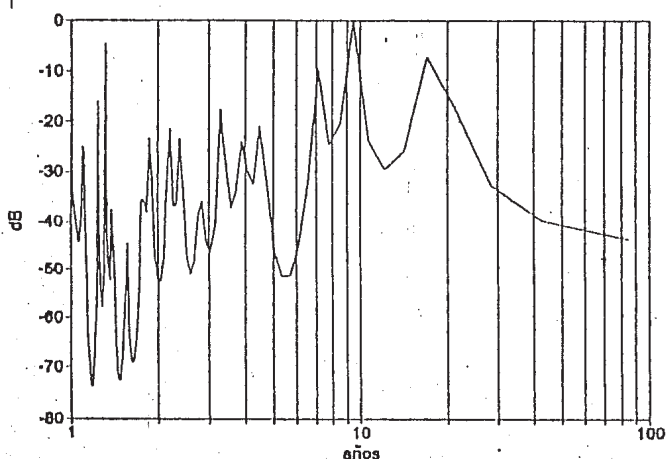


Figura N° 2b: Componente Horizontal.
Espectro de máxima entropía. LFPE = 250.

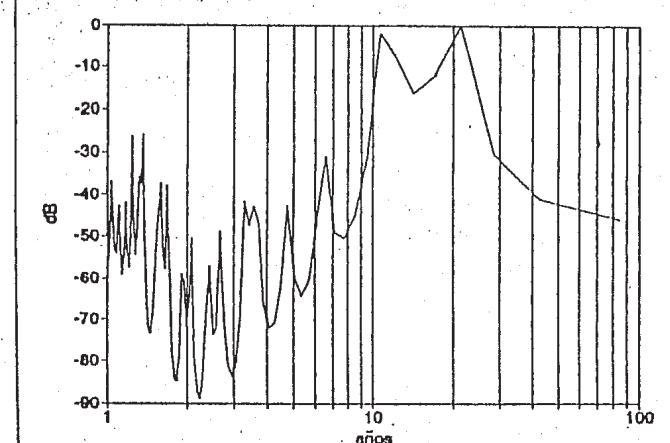


Figura N° 2c: Componente Vertical.
Espectro de máxima entropía. LFPE = 250.

Período (meses)	Amplitud (minutos)	Error (minutos)	Fase (rad)	Error (rad)
204.80	0.69	0.11	5.47	0.16
146.29	0.73	0.11	2.39	0.15
102.40	0.73	0.09	3.51	0.06
64.00	0.97	0.07	1.57	0.07
48.76	0.81	0.10	1.98	0.12
40.96	0.69	0.09	5.97	0.13
36.57	0.59	0.09	0.39	0.06
26.26	0.66	0.09	1.90	0.13
21.79	0.44	0.09	0.33	0.10
20.08	0.57	0.10	2.64	0.17
18.29	0.59	0.08	3.33	0.10
15.52	0.38	0.10	5.76	0.25
14.22	0.57	0.09	1.82	0.15
13.13	0.58	0.08	4.81	0.13
12.34	0.40	0.08	1.73	0.20
10.56	0.48	0.10	5.64	0.20
9.23	0.36	0.08	3.25	0.17
7.53	0.16	0.08	3.26	0.37

Tabla 1. Declinación al Oeste. Ondas principales.

Período (meses)	Amplitud (nT)	Error (nT)	Fase (rad)	Error (rad)
204.80	10.08	0.73	1.95	0.07
113.78	8.31	0.65	3.31	0.05
85.33	4.62	0.63	4.56	0.10
53.89	3.21	0.75	5.79	0.23
46.55	3.34	0.62	3.26	0.15
39.38	4.23	0.61	3.23	0.12
28.44	2.98	0.68	6.01	0.23
26.26	3.13	0.75	4.69	0.16
22.26	3.31	0.57	4.69	0.16
15.75	3.11	0.70	0.30	0.12
14.84	1.11	0.79	5.40	0.71
12.05	8.13	0.79	2.25	0.10
11.51	2.64	0.70	5.97	0.27
9.57	1.97	0.65	3.35	0.21
5.60	1.71	0.60	0.11	0.28

Tabla 2. Componente Horizontal. Ondas principales.

CONCL SI N

El espectro de frecuencia correspondiente a los largos períodos es de importancia geológico-geofísica ya que el campo inducido presenta una mayor profundidad de penetración en el manto. Los resultados presentados en las tablas 1, 2 y 3 son utilizados en los modelos magnetotelúricos de sondeos geomagnéticos profundos para determinar las curvas de conductividad que están relacionadas

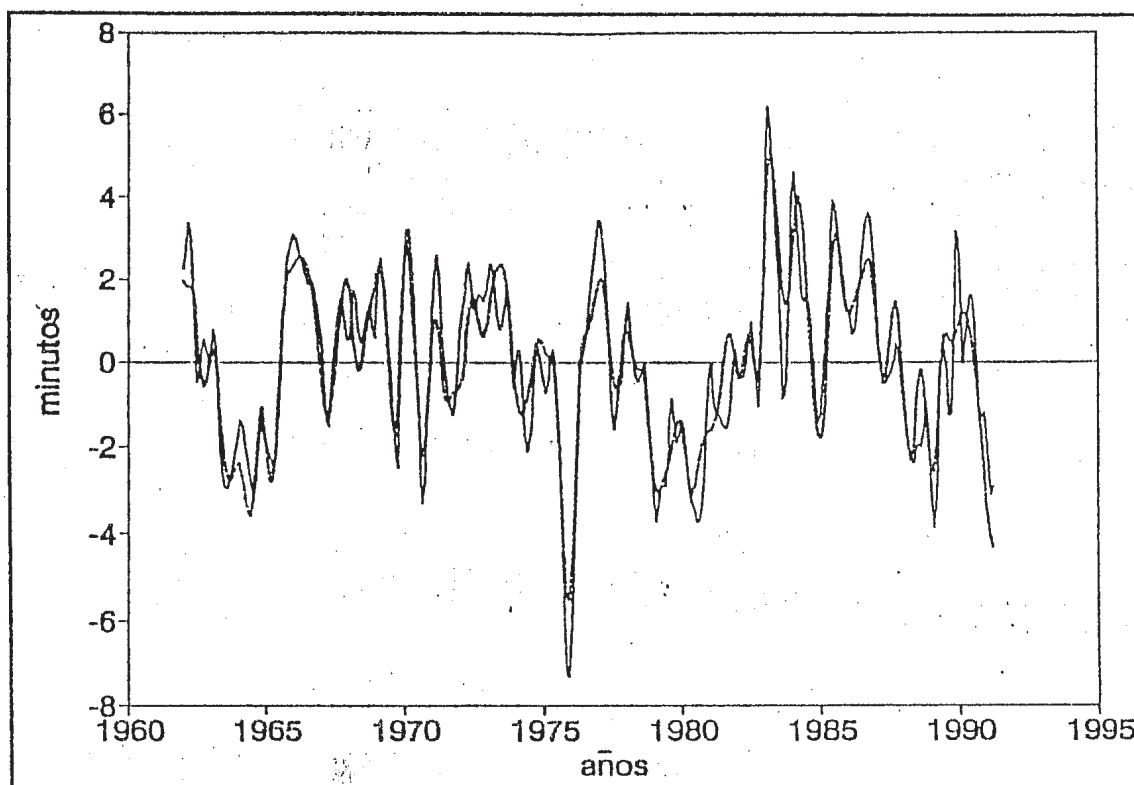


Figura N° 3a: Declinación al Oeste. Valores mensuales residuales (línea llena) y valores sintetizados (línea punteada).

con sus características petrológicas.

La metodología utilizada de análisis espectral no lineal (MEM) y el modelo matemático de síntesis permiten representar de una forma sencilla las ondas de largo período presentes en estas series de datos medios mensuales de elementos geomagnéticos. El ajuste polinómico de orden 2 par la variación secular es el que mejor se adaptó para el intervalo de análisis, pero persiste aún la discusión si esta variación debería estar representada solamente por una tendencia lineal (Rotanova, et al., 1979). Este ajuste permitió filtrar muy largos períodos que podrían ser estimados por el MEM con incertidumbre y que conducirían a resultados posiblemente erróneos. Finalmente se demuestra la utilidad de las observaciones absolutas realizadas en forma no periódica, las que permiten la determinación de estas ondas en las bandas semianual-anual, cuasibineal, undecenal-doble ciclo solar. La detección de la onda de 17 años (204.8 meses) y su armónica de 8.5 años (102.4 meses) en la Declinación y solamente 17 años en la componente Horizontal estarían relacionadas con la onda de 18.6 años (Mn) de origen lunar. Una mayor extensión en el tiempo de las observaciones permitirá dilucidar este efecto. El pulso del campo geomagnético producido en 1969.5 se observa solamente en los datos de la componente Vertical (figura 1a) con un cambio brusco en la tendencia de la gráfica.

Período (meses)	Amplitud (nT)	Error (nT)	Fase (rad)	Error (rad)
256.00	15.43	0.49	1.79	0.03
128.00	9.30	0.55	0.54	0.02
78.77	1.70	0.56	3.97	0.02
20.08	2.17	0.55	3.98	0.01
18.96	1.58	0.55	4.02	0.03
16.25	1.51	0.54	5.97	0.36
15.75	1.44	0.46	3.08	0.32
14.84	1.67	0.57	2.44	0.34
12.49	1.59	0.53	2.70	0.33
11.77	2.39	0.56	5.47	0.23
8.98	0.82	0.43	4.84	0.53

Tabla 3. Componente Vertical. Ondas principales.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO.

- CHAPMAN, S y J.BARTELS, 1940. Geomagnetism. Oxford University Press, London.
- BURG J.P., 1967 Maximum Entropy Spectral Analysis. Paper presented at the 37th. Ann. Int. Meeting. Soc. Expl. Geoph. Okla.
- COURTILLOT, V. y J. L. LE MOUËL. 1976. On the Long Period Variations of the Earth's Magnetic Field from 2 Months to 20 Years. J. Geof. Res. 81, 2941-2950.
- COURTILLOT, V. y J.L. LE MOUËL. 1988. Time

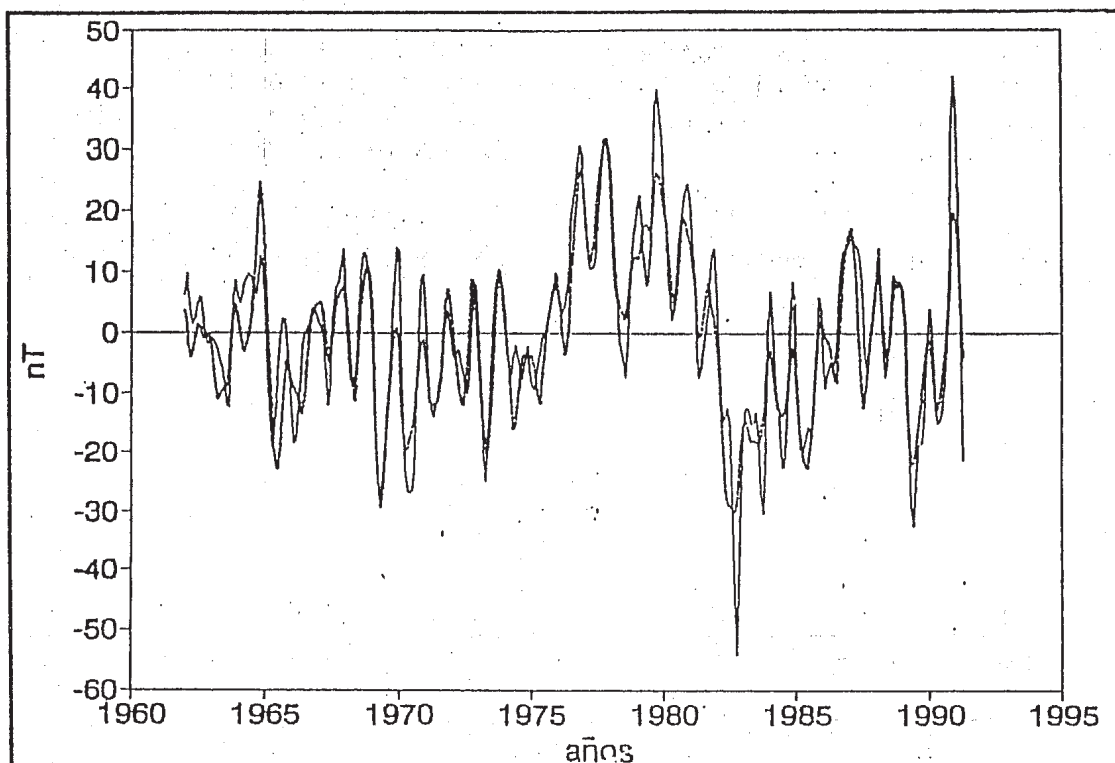


Figura N° 3b: Componente Horizontal. Valores mensuales residuales (línea llena) y valores sintetizados (línea punteada).

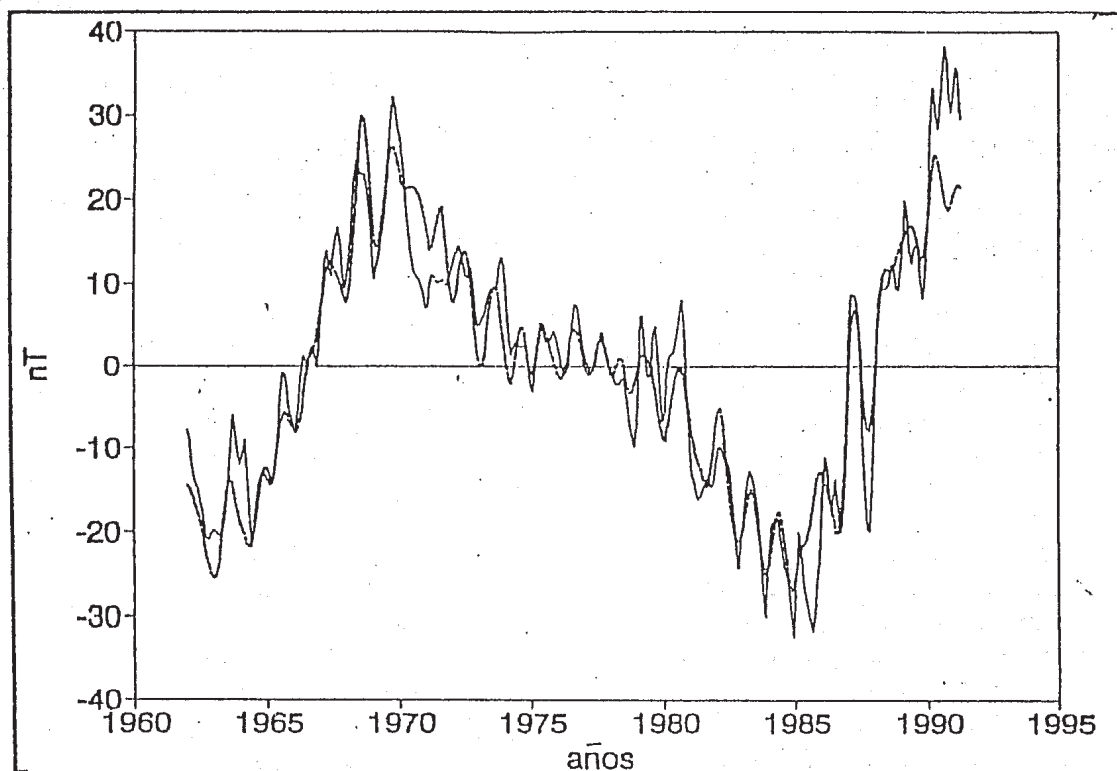


Figura N° 3c: Componente Vertical. Valores mensuales residuales (línea llena) y valores sintetizados (línea punteada).

Variation of the Earth's Magnetic Field. Ann. Rev. Earth and Planet. Sci 16: 389-476.

GIANIBELLI, J.C. y E. SUAREZ 1991. Características de la variación Secular para la Epoca 1969.5 en las Regiones Antártica y Subantártica Primera Conf. Latin. sobre Geof. Geod. e Inv. Espac. Antárticas, Buenos Aires, Argentina 312-322.

KANER, P. 1976. Geomagnetic Field Variation. Spac. Sci. Rev. 18: 413-540.

ROKITYANSKY I.I., 1982. Geoelectromagnetic

Investigation of the Earth's Crust and Mantle. Springer-Verlag, Berlin.

ROTANOVA N. M., Y. PAPITASHVILI y A.N.

PUSHKOV, 1979. Use the Orthogonal Polynomials for Separating long Period Components from the Time Series Geomagnetic Observations. Geomagn. and Aeron. 19: 212-217.

ULRICH T. J. y T. N. BISHOP, 1975. Maximum Entropy Spectral Analysis and Autoregressive Decomposition. Rev. Geoph. Spac. Phys. 13: 183-200.