



QUINTO CONGRESO DE LA CIENCIA CARTOGRÁFICA

28 de junio al 2 de julio de 2010

Santa Fe, Argentina



LA CARTOGRAFIA EN LOS EVENTOS GEOMAGNETICOS

GIANIBELLI Julio César

Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía, Facultad de ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata.

Paseo del Bosque S/N. 1900 La Plata, Argentina. TE: (054)0221-4236594 ext 132.

Email: jcg@fcaglp.unlp.edu.ar.

RESUMEN. La cartografía es algo inmerso e inherente a la vida del hombre. Las formas de presentación de los resultados cartográficos han evolucionado con la tecnología, y por lo tanto es una importante herramienta para la observación de la evolución de fenómenos geofísicos georreferenciados. En este trabajo se presenta su utilización en el marco de la disciplina del Geomagnetismo, presentando la evolución de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS), utilizando los resultados cartográficos del modelo de Campo Geomagnético Internacional de Referencia (IGRF: International Geomagnetic Reference Field). Se calculan las variaciones obtenidas en un perfil Polo Norte – Polo Sur magnéticos para evaluar los cambios en el intervalo centenario 1900-2000. Se concluye que la AMAS tendrá una expansión futura y disminuirá la intensidad de campo en la región del Atlántico Sur, Sudamérica, y llegando hasta regiones Antárticas.

INTRODUCCION.

La primera carta magnética de la declinación de uso comercial y naval la confeccionó Edmund Halley en 1700. En la Figura 1 se muestra la carta reproducida por Mandeau (2007).



FIGURA 1.

Esta cartografía se basó en las determinaciones de la Declinación realizadas por los navegantes. Puede observarse que solo se restringe el trazado de las líneas Isógonas a la región marina. Este primer paso fue fundamental para la generación de cartas magnéticas de los diferentes elementos (Declinación, Inclinação, y Componentes Norte, Este, Vertical, Horizontal y la Intensidad Total del Campo) ya sea por construcción directa realizada por la mano del hombre o por modelos matemáticos que mediante la herramienta informática en la actualidad presenta un mejor resultado.

En Geomagnetismo para la realización de las cartas se cuenta con una distribución de Observatorios Permanentes sobre la superficie terrestre. En la Figura 2 se muestran la red actual, que envían la información de sus registros absolutos a los centros mundiales.



FIGURA 2.

La Figura 3 muestra la evolución temporal de instalación de Observatorios permanentes.

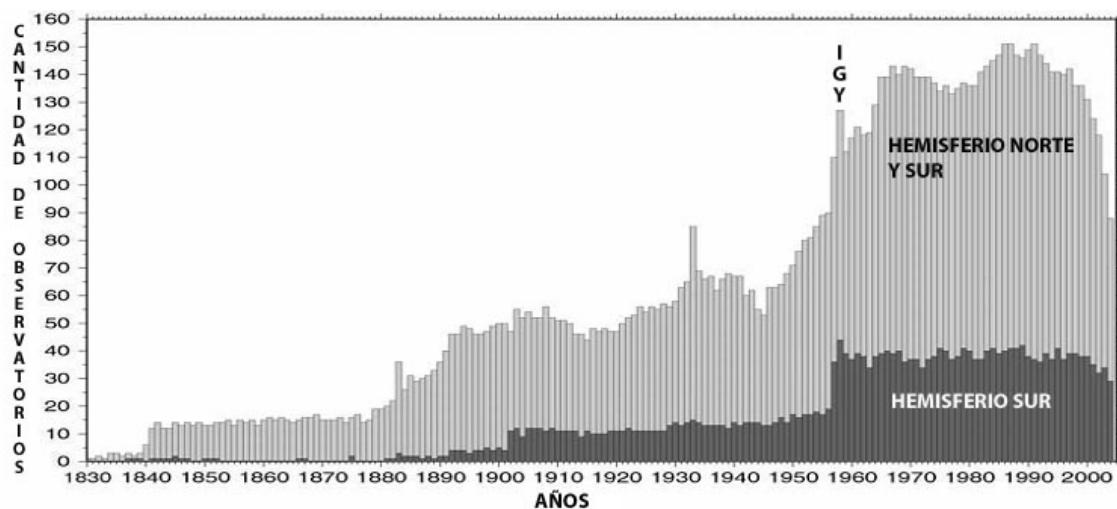


FIGURA 3

De esta distribución (Fig. 3) podemos observar el gran empuje internacional dado a la instalación de nuevos Observatorios fué otorgado por el Año Geofísico Internacional (IGY: International Geophysical Year). Esta actividad ha perdurado hasta la década de 1990, disminuyendo la cantidad a la fecha. Otro importante resultado estadístico es la irregular distribución hemisférica de Observatorios.

El objetivo de este estudio es analizar la evolución de la AMAS por medio del recurso cartográfico digital e informático, obtenido por el modelo de IGRF cuyos coeficientes del desarrollo en esféricos armónicos del campo geomagnético se disponen hasta el orden 10 desde 1900 hasta el 2005. Determinar como evoluciona esta gran anomalía en el intervalo 1900-2000 y establecer un pronóstico para el 2100.

La AMAS se presenta en la confección de las cartas de la intensidad total (F) del campo geomagnético, como un anomalía cuyo foco se centra en la región Sudamericana como se muestra en el Figura 4 producida por el USGS (United States Geological Survey) con el modelo IGRF 10, para el año 2005.

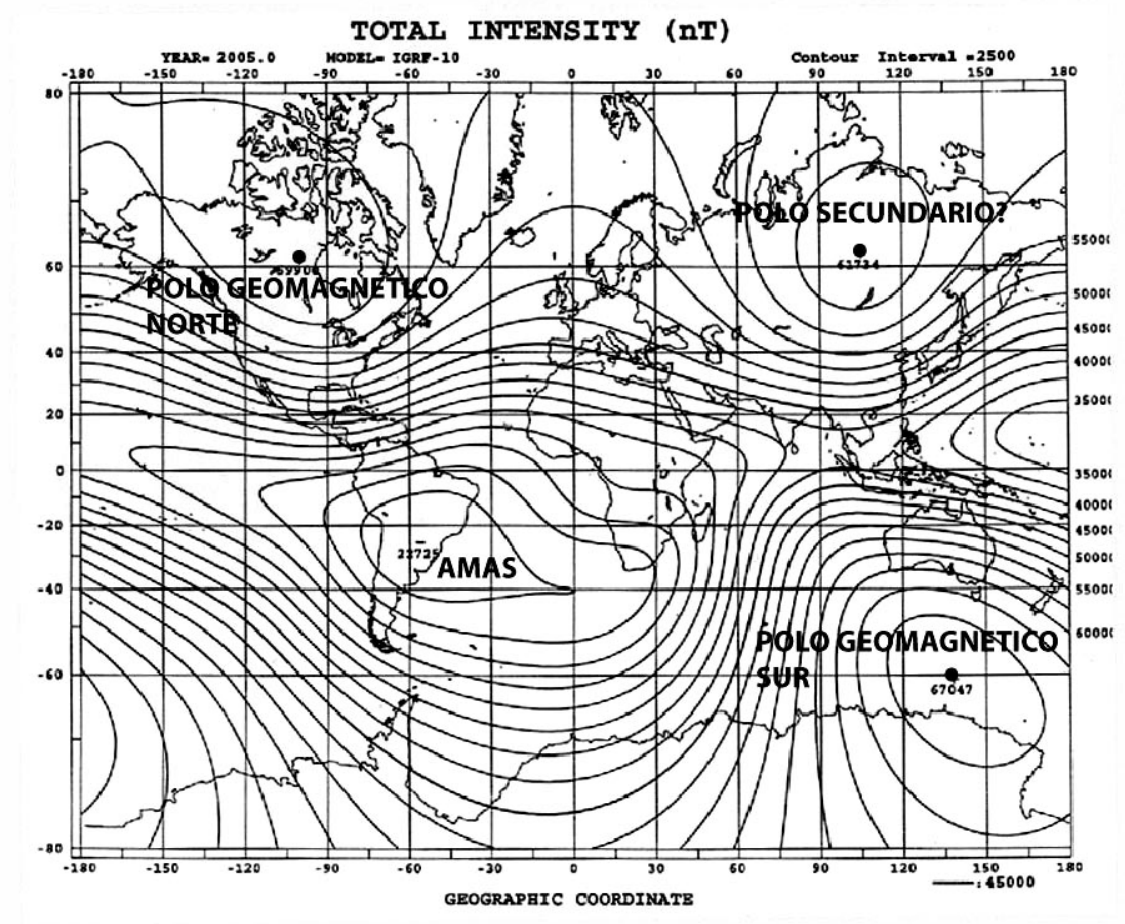


FIGURA 4

De la misma manera se presentan en la Fig. 4 la posición de los polos geomagnéticos Norte y Sur y la posición en la región norte del continente Asiático de un posible polo secundario.

EL CAMPO GEOMAGNETICO Y EL MODELO IGRF.

La información utilizada para la generación de los modelos de IGRF son los valores producidos por la red permanente de Observatorios Magnéticos (Fig. 2) que al estar en la superficie de la Tierra se encuentran en un espacio libre de fuentes, y por ende el campo vectorial se puede obtener a partir de una función potencial escalar que dependerá del sistema de coordenadas utilizado. Para este caso es el sistema esférico: latitud, longitud y distancia radial geocéntrica ($r=a+h$) siendo "a" el radio medio (6378km) de la Tierra y h la altura sobre el nivel medio del mar. Cada dato absoluto de

los elementos geomagnéticos determinados en un instante t tiene las siguientes componentes de fuentes que se encuentran en diferentes escenarios: en el núcleo externo de la Tierra (Campo Principal), en la corteza (Campo Cortical), en la cavidad magnetosférica e ionósfera (Campo Externo) y finalmente la inducción de este último campo sobre la hidrosfera y tierra sólida llamado Campo Inducido, (Merill et.al. 1996). El IGRF representa solamente el Campo Principal, pues su desarrollo está basado en esféricos armónicos hasta el orden 10 y representa el efecto multipolar equivalente en superficie de una dínamo autoexcitada, llamada Geodínamo. Reside en el núcleo externo de la Tierra y funciona bajo las leyes de la Magnetohidrodinámica, (Merill et. at. 1996, Lanza and Meloni, 2006). La Figura 5 es un diagrama porcentual de los valores absolutos observados para cada efecto de las fuentes y su campo magnético asociado.

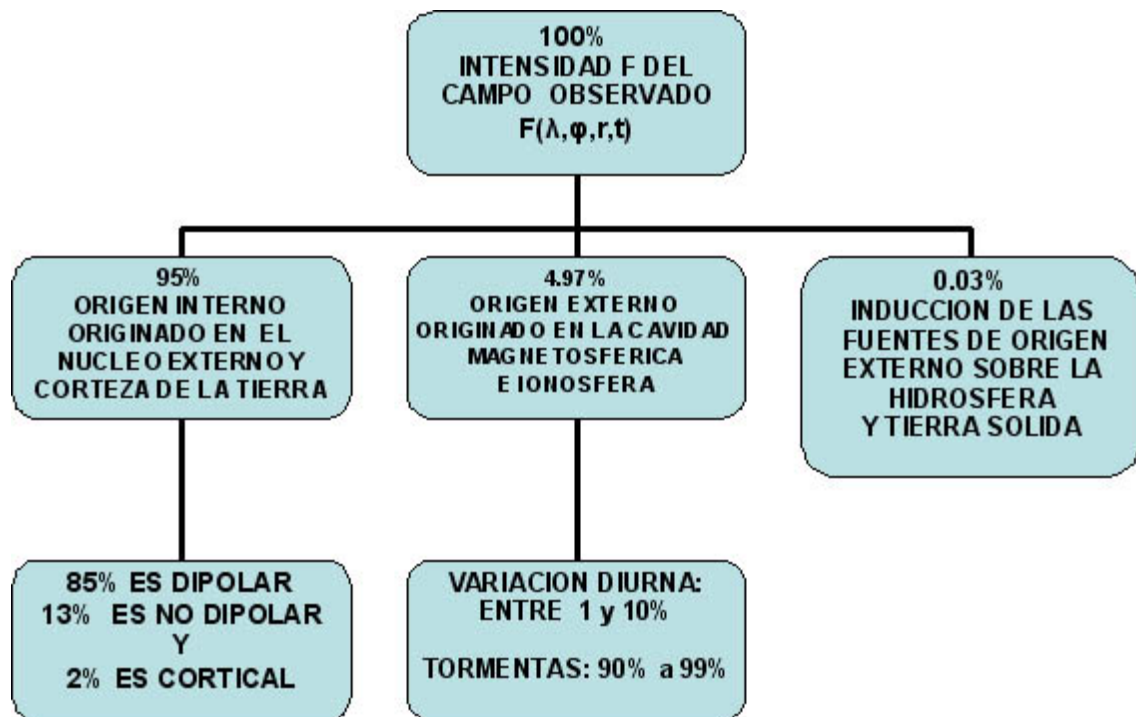


FIGURA 5.

La expresión del potencial correspondiente al campo principal está dado por:

$$V = a \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} P_n^m(\theta) (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda)$$

Siendo su relación con las observaciones de los elementos geomagnéticos dada por las siguientes ecuaciones:

$$X = \frac{\partial V}{r \partial \theta} \quad Y = \frac{-\partial V}{r \sin \theta \partial \lambda} \quad Z = \frac{\partial V}{\partial r}$$

El desarrollo de estas tres ecuaciones en coordenadas esféricas permite obtener el conjunto de coeficientes $\mathbf{g}_i^j$ y $\mathbf{h}_i^j$ hasta el orden $n=10$.

Los modelos de IGRF se publican cada 5 años y su inicio es en el año 1900 hasta el 2005. El próximo modelo se publicará durante el año 2010.

Otro de los aspectos importante de esta representación multipolar del campo geomagnético, es la determinación de la energía del dipolo y de las componentes

multipolares. Gianibelli (2006) muestra en un estudio comparativo entre las energías del dipolo y la del cuadrupolo, que la primera son decrecientes casi uniformemente, mientras que la segunda tiene un aspecto creciente, siendo en la actualidad la energía del cuadrupolo, del orden de 2.5% de la energía dipolar.

LA CARTOGRAFIA Y LA AMAS.

Las cartas magnéticas de F muestran la evolución de las isodinas desde 1900 hasta el 2005. Tomando las cartas de 1900 y 2000 se observa la expresión gráficode digital de la evolución espacial de las isodinas de F y de la AMAS en el intervalo de 100 años. Se muestran en las Figuras 6-A y 6-B. Estas cartas son una expresión de la evolución del Campo Principal y de la AMAS. Para conocer los cambios, en forma mas precisa de los valores de F para puntos sobre la superficie, es necesario conocer la latitud, longitud, altura y fecha de cada uno de dichos puntos, en el intervalo de validez del IGRF 1900-2010. En la figura 6-A el campo geomagnético representado por el IGRF para el año 1900, se presenta principalmente dipolar, estando en la región norte de Asia, en forma incipiente, una anomalía positiva. Por otra parte la AMAS se encuentra confinada a la región ecuatorial de América del Sur y del Atlántico Sur.

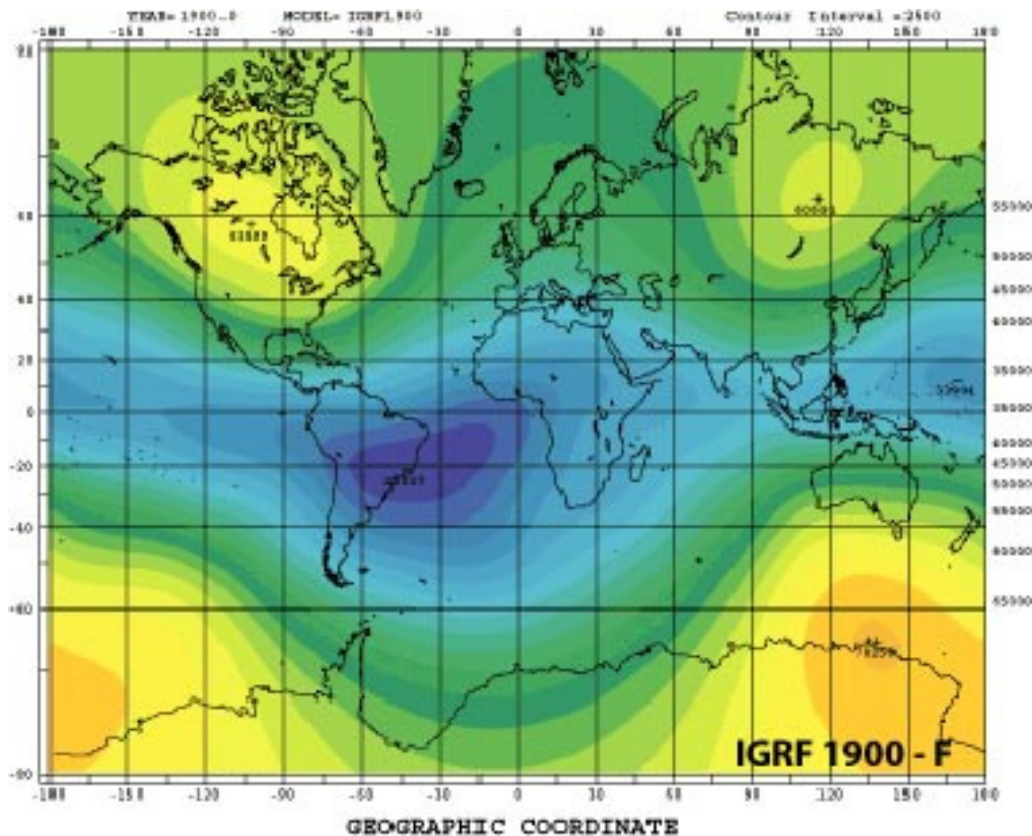


FIGURA 6-A

La Figura 6-B muestra para el año 2000 cambios notables en la región polar Norte y en especial en la AMAS. Esta situación está directamente vinculada al sistema de generación del Campo Principal residente en el Núcleo Externo de la Tierra. La cartografía juega en esta fenomenología un rol de importancia, al presentar los cambios del campo Geomagnético mediante un único modelo de cálculo (IGRF). La cantidad de observatorios entre 1900 y 1957 que aportan datos al IGRF son suficientes para precisión del modelo, (Fig. 3).

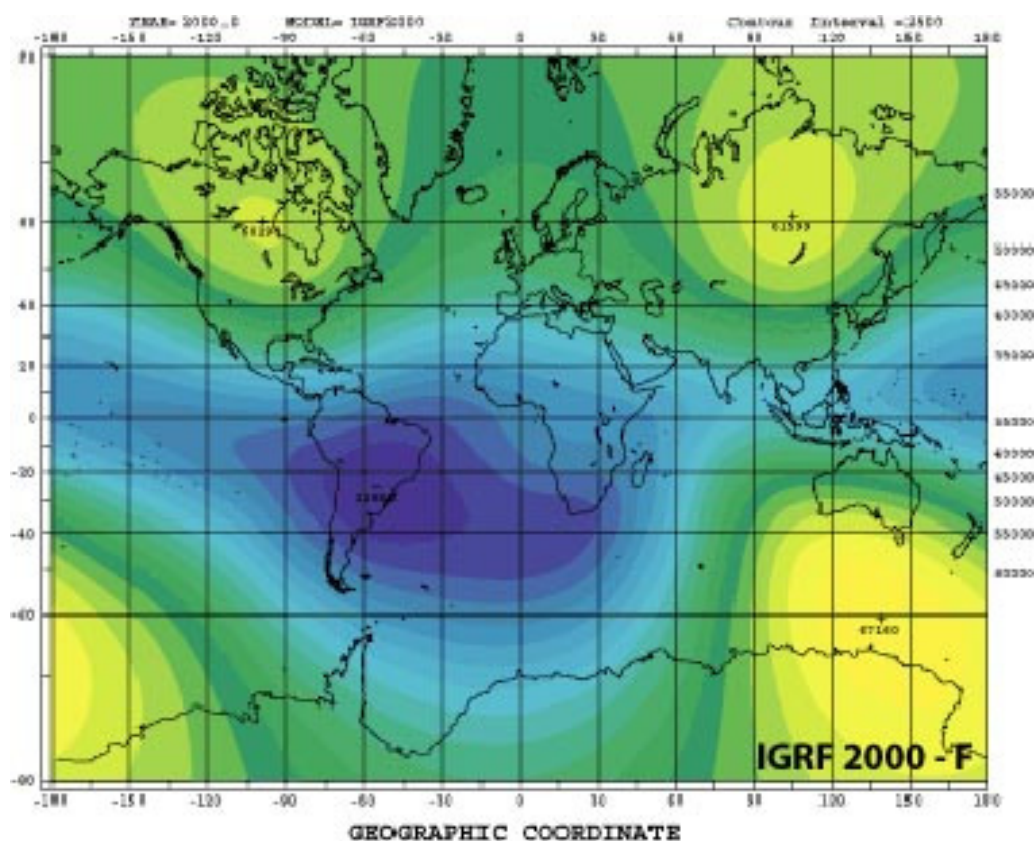


FIGURA 6-B

Para la evaluación de las magnitudes de cambio en 100 años se calcularon los valores de F en los años 1900 y 2000 de los siguientes observatorios descritos en la Tabla 1 :

TABLA 1

NOMBRE	CODIGO	COLATITUD	LONGITUD	h en m
RESOLUTE BAY	RES	15°.317	43°.166 W	30
CAMBRIDGE BAY	CBB	20°.883	105°.033 W	20
YELLOWKNIFE	YKC	27°.567	114°.483 W	198
MEANOOK	MEA	35°.383	113°.350 W	700
NEWPORT	NEW	41°.733	117°.116 W	770
BIULDER	BOU	49°.867	105°.233 W	1650
DEL RIO	DLR	60°.517	100°.916 W	355
TEOLOYUCAN	TEO	70°.250	99°.183 W	2280
CHIRIPA	CRP	80°.083	84°.916 W	1030
FUQUENE	FUQ	84°.033	76°.733 W	2543
HUANCAYO	HUA	102°.050	75°.333 W	3312
PATACAMAYA	PTY	107°.250	67°.950 W	3789
LA QUIACA	LQA	112°.100	65°.600 W	3450
PILAR	PIL	121°.667	63°.883 W	336
LAS ACACIAS	LAS	125°.000	57°.683 W	20
TRELEW	TRW	133°.250	65°.316 W	30
PORT STANLEY	PST	141°.700	57°.883 W	135
ORCADAS DEL SUR	ORC	150°.733	44°.783 W	30
ISLAS LIVINSTON	LIV	152°.667	60°.333 W	19

ISLAS ARGENTINAS	AIA	155°.250	64°.250 W	10
MIRNY	MIR	156°.550	93°.016 E	20
DUMOND D'URVILLE	DRV	156°.667	140°.016 E	30
SCOTT BASE	SBA	167°.850	166°.783 E	10

La ubicación geográfica esta presentada en la Figura 7 cubriéndose un perfil desde el Polo Norte hasta el Polo Sur magnéticos.

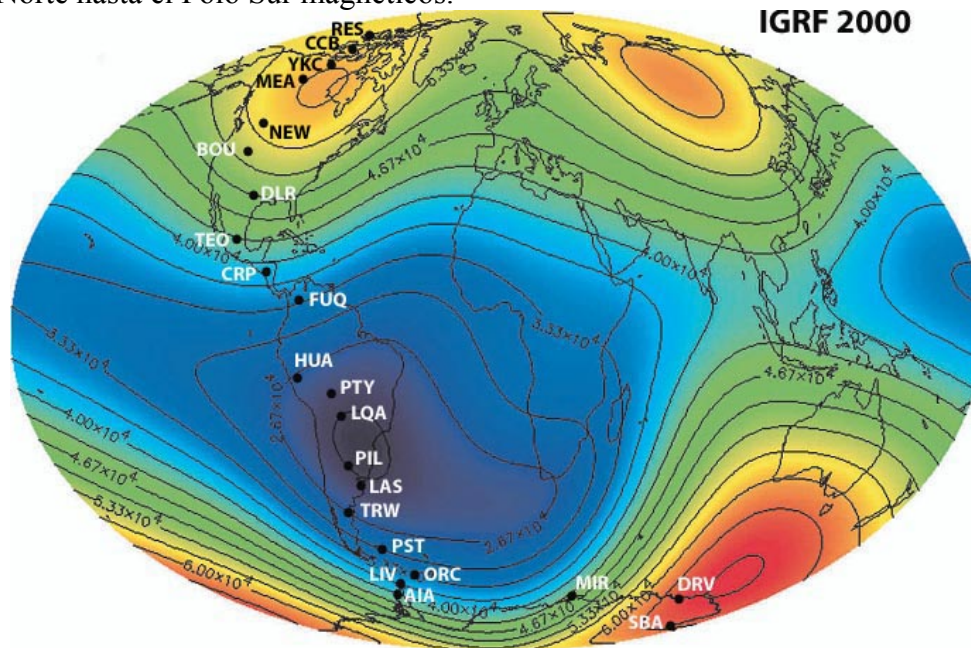


FIGURA 7

El valor de $F(2000)-F(1900)$ para cada observatorio mediante el IGRF, se encuentran presentados en la Figura 8.

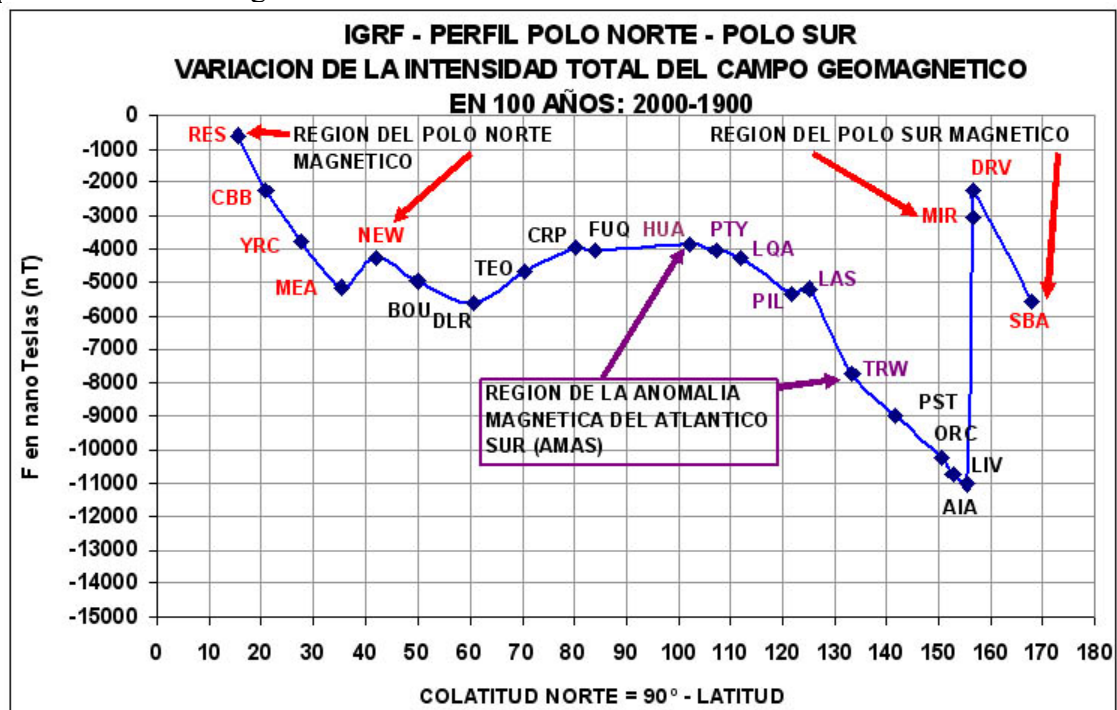


FIGURA 8

CONCLUSIONES.

El aporte de la cartografía moderna ha permitido un avance acelerado sobre las teorías de los eventos geomagnéticos de fuentes internas. En el presente, la AMAS, es objeto de un estudio detallado, pues sus efectos no solo están relacionados con los valores que el modelo de IGRF brinda, sino con las teorías de Geodinamo para sustentar dichos cambios. La región presenta valores mínimos y pronunciadamente menores a los esperados para un campo principalmente dipolar.

De la figura 8 se concluye que la región de la AMAS se expandirá en el futuro pues los observatorios permanentes de PST, ORC, LIV y AIA son los que han tenido mayor cambio “secular” del orden de 9.000 a 11.000 nT. Las determinaciones de las regiones polares magnéticas Norte y Sur tienen cambios “seculares” dentro del entorno 500-5.000nT en cien años, de tal manera que en los próximos cien años de mantenerse esta tendencia solo disminuirán de intensidad siguiendo el esquema de decrecimiento dipolar.

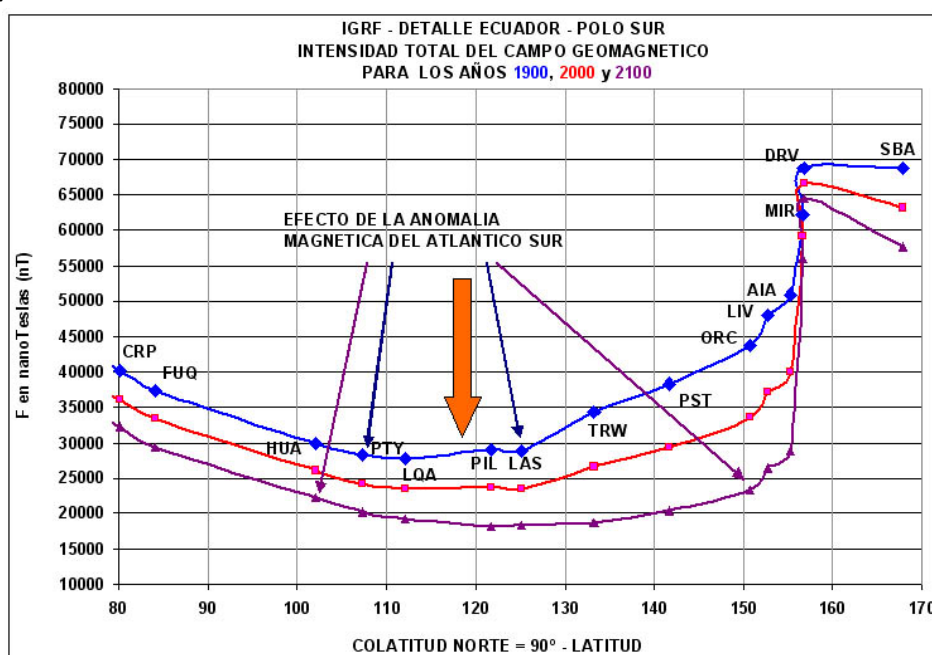


FIGURA 9

En la figura 9 se presentan los valores de F para los años 1900-2000 y su pronóstico para el 2100 bajo la hipótesis de un cambio igual al observado en los últimos cien años. Se afianza la conclusión que la AMAS se expande notablemente como se indicó anteriormente y los valores esperados de F en superficie serán apreciablemente menores que los que se tienen en la actualidad.

REFERENCIAS.

- Gianibelli, J. C. 2006. Sobre la Evolución temporal del Dipolo y Cuadrupolo del Campo Geomagnético. Geoacta vol 31. pp:175-181
- IGRF (2010). <http://ngdc.noaa.gov/geomagmodels/IGRFWMM.jsp>
- Lanza R. and Meloni A (2006). The Earth's Magnetism, pp 1-66. Springer, Berlin.
- Mandea M. (2007) en Enciclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism. Springer, Berlin, pp 674-679
- Merrill R.T., McElhinny M.W. and McFadden P.L. (1996). The magnetic field of the Earth: Paleomagnetism, the core and the deep mantle. Academic Press, San Diego, California, 531 pp.