

EVOLUCION DEL CAMPO GEOMAGNETICO EN LA REGION ANTARTICA Y SUBANTARTICA

Por Julio Cesar Gianibelli^{1,3}, Vicente Ciancio¹ y Alba Zanini².

1. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 2. Universidad de Turin, Italia.

3. Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Argentina.

RESUMEN. Los estudios realizados por la Universidad de Tourin en lo referente a la dosimetría de rayos cósmicos (RC) y su relación con los diferentes aspectos que presenta el Campo Magnético Terrestre (CMT) en sus distintas escalas temporales son una consecuencia del análisis de la evolución del CMT a través de los modelos internacionales (IGRF: International Geomagnetic Reference Field). En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de la evolución temporal de la intensidad total F del CMT desde la época 1900.0 a la época 2020.0 con el fin de analizar los cambios en diferentes Observatorios Magnéticos Permanentes (OMP) desde La Quiaca hasta la Base General Belgrano, como en las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Los resultados muestran que la región comprendida en latitudes mayores que los 45° Sur la intensidad F ha disminuido significativamente en 11.000nT aproximadamente. Este fenómeno geomagnético conduce a la conclusión de que el comportamiento en el futuro de los RC registrados en superficie evidenciarán los aspectos de este cambio, como es detectado en las mediciones de los RC realizadas en el Proyecto Italo Argentino CORA: 2013-2020.

INTRODUCCION. La Magnetosfera es la cavidad generada por la interacción electrodinámica entre el Viento Solar (SW: Solar Wind) y el CMT. se ubica dentro de otra cavidad denominada Heliosfera. La superficie de equilibrio energético se llama Magnetopausa. La magnetosfera esta sujeta a las variaciones de la energía del SW y la producida por el Geodinamo representada por los modelos multipolares del CMT (IGRF). La Figura 1 muestra el estado de la fenomenología de vulnerabilidad del sistema por cambios en las cavidades interactantes con la Vía Láctea. Se indican 5 factores de riesgo: 1 y 2 Cómico desde fuera de la Vía Láctea sobre los tres sistemas, Galáctico, Heliosférico y Magnetosférico, 3 y 5 provenientes de la Vía Láctea sobre la Heliosfera y la Magnetosfera, el factor 5 esta indicando además el riesgo y vulnerabilidad potencial sobre el planeta en el transito del Heliosistema entre los brazos de la Vía Láctea. El factor 4 comprende el riesgo del Heliosistema sobre el Geosistema y su Magnetosfera. El atrapamiento de partículas dentro de la Magnetosfera juega el rol de apantallamiento de los RC registrados en superficie como muestra la Figura 2 (Efecto Forbush) y sus variaciones según el ciclo solar 23, gran mínimo del 2006 e inicio del ciclo solar 24 mostrado en la Figura 3. La figura 4 muestra a su vez la evolución y predicción del CMT y su pronóstico para el año 2100 de la gran Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS), verificado por la aplicación del modelo IGRF sobre los OMP desde el Polo Norte hasta el Polo Sur (Figura 5).



FIGURA 1

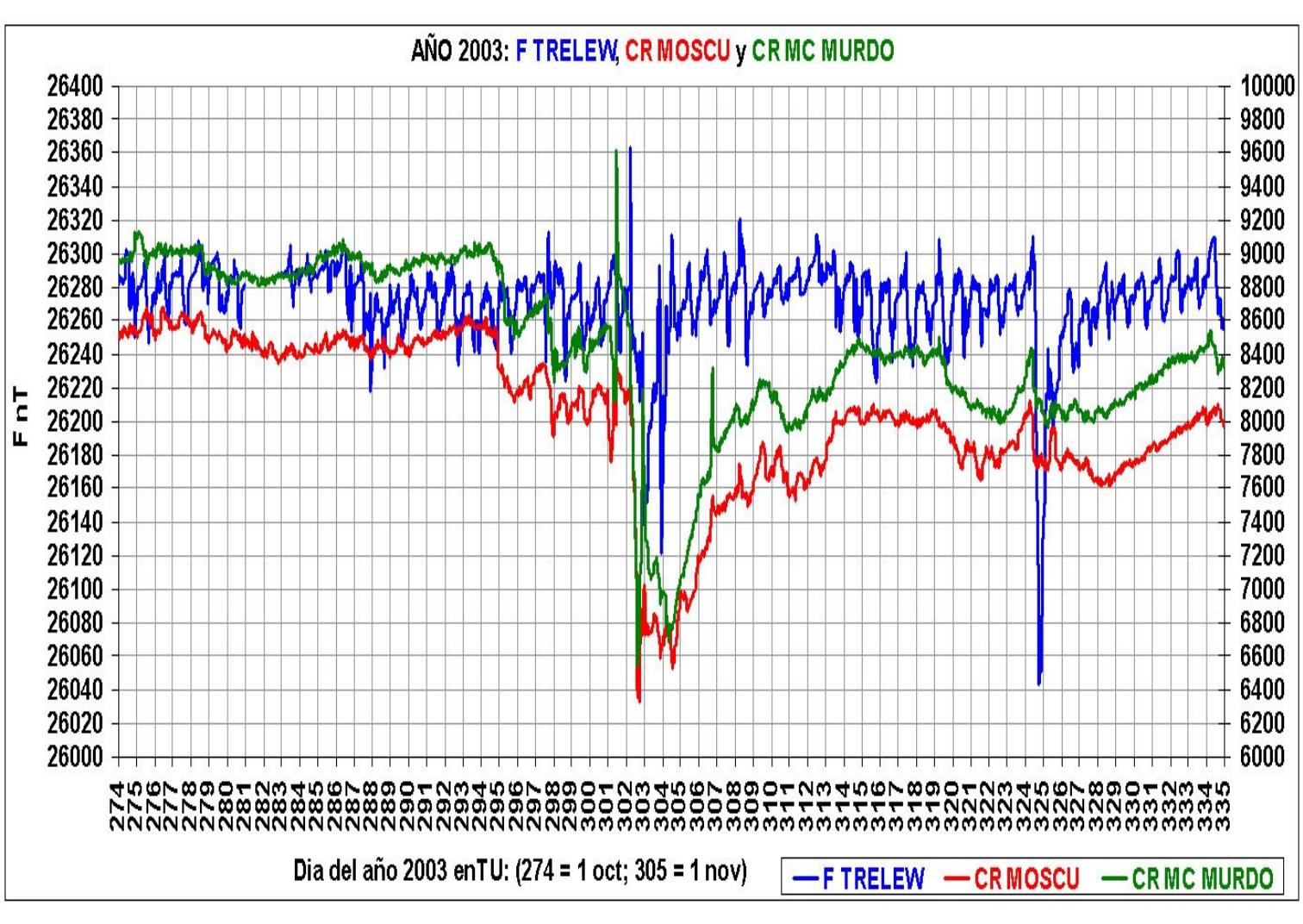


FIGURA 2

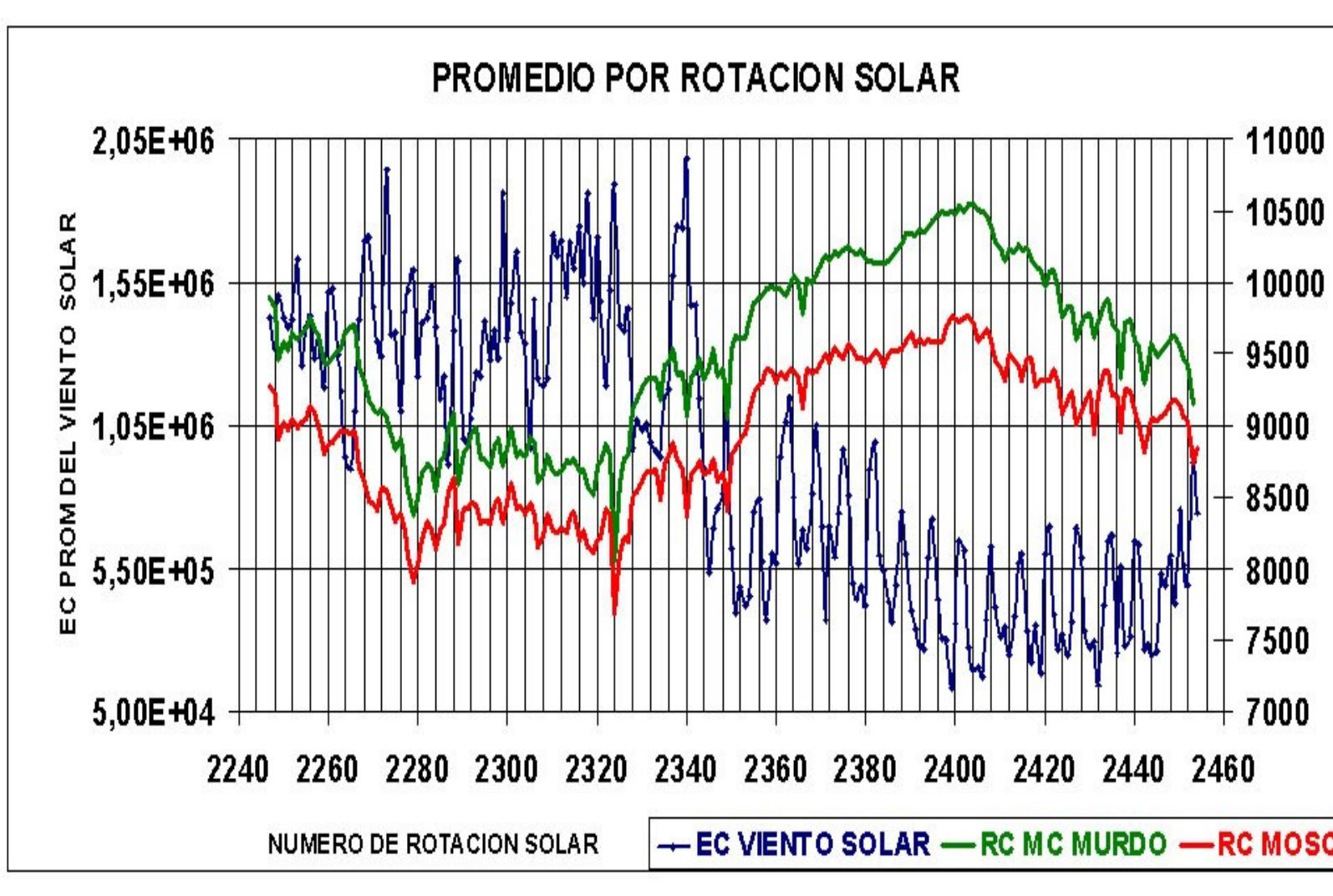


FIGURA 3

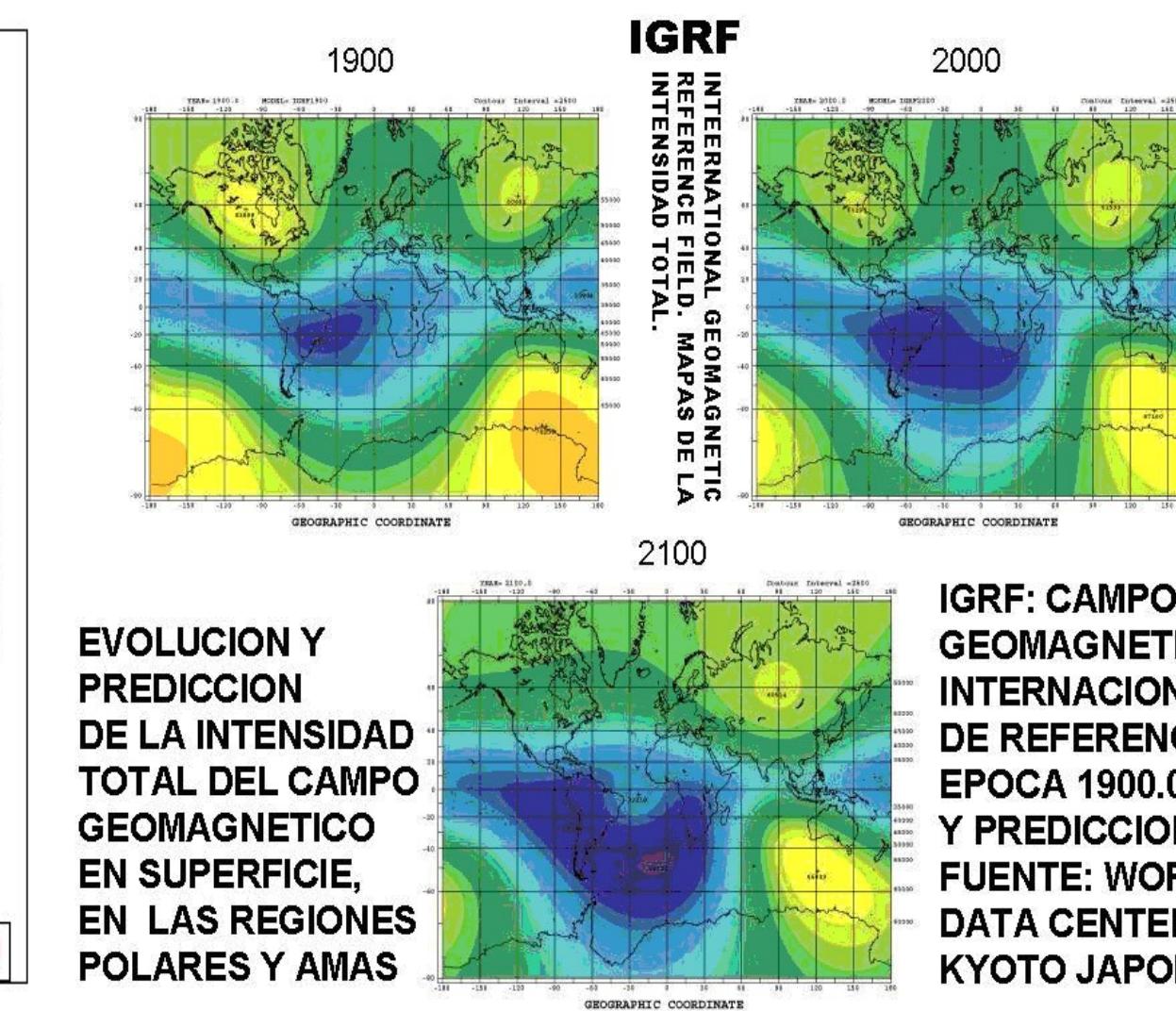


FIGURA 4

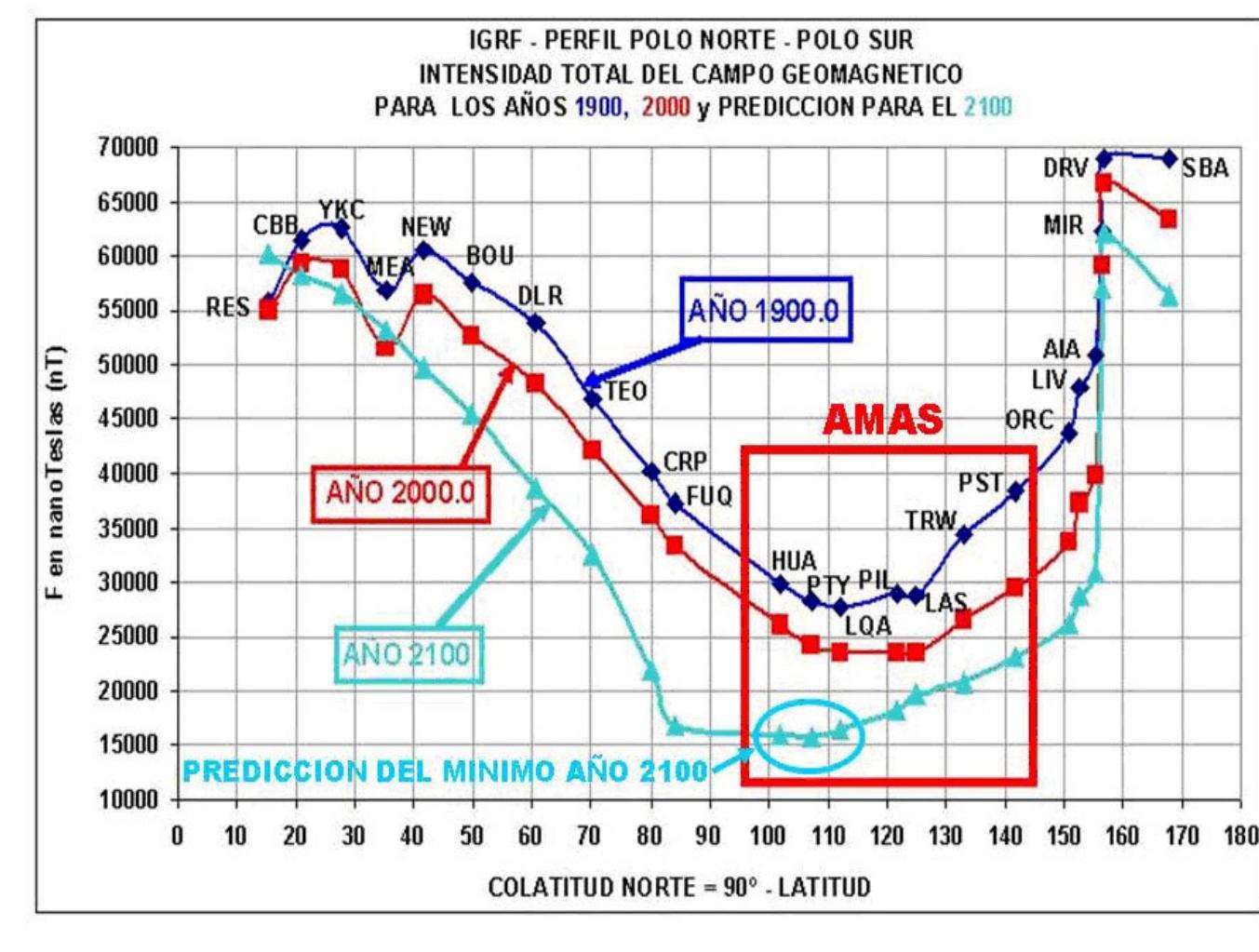


FIGURA 5

ANALISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS. Para este estudio se generaron dos bases de datos la primera consistió en los valores medios anuales (VMA) de los OMP mostrados en la Figura 6. La segunda base de datos consistió en determinar los elementos del CMT en las Estaciones Meteorológicas del SMN (EM-SMN), por aplicación del modelo IGRF12 desde la época 1900.0 hasta 2015.0 cada 5 años, estimándose para el año 2020 mediante la variación anual $\delta F/\delta t$ de cada coeficiente g_{nm} y h_{nm} . De ambas bases de datos se tomo el elemento geomagnético F, (**VMA:** http://www.geomag.bgs.ac.uk/data_service/data/annual_means.shtml; **IGRF12:** <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/index.html.Una>, una descripción detallada de los modelos se encuenbra en: <http://www.geomag.bgs.ac.uk/research/modelling/modelling.html>). Se determinó la tendencia lineal de F para obtener la estimación de la época (año) en la cual se obtiene el valor $F \approx 0$ nT. La Figura 7 (tabla) muestra en los OMP seleccionados en la Figura 6 los resultados. Asimismo Finlay 2010 estimó la trayectoria de la AMAS (Figura 8), siendo este resultado de importancia para la prosecución de políticas de medición de F en las EM-SMN.. Un análisis importante es el resultado obtenido en los OMP de MBO, ASC y SHE, relacionados con la anomalía positiva de la variación de F por año (Figuras 9 y 10) con un comportamiento creciente de F cuando el resto de los OMP seleccionados es decreciente, como lo es en la AMAS. Esto es un aspecto interesante pues se muestra en las Figuras 4 Y 5 este aspecto presentando la predicción de F para el año 2100. El resultado de la época para la cual $F \approx 0$ es del orden de la época del año 2400 (Figura 7 TABLA). Los resultados para las EM-SMN es mas detallado, y muestra que el cambio entre la época 1900.0 y 2010.0 se profundizo en la región Antártica y Subantártica. (Figuras 11 y 12).

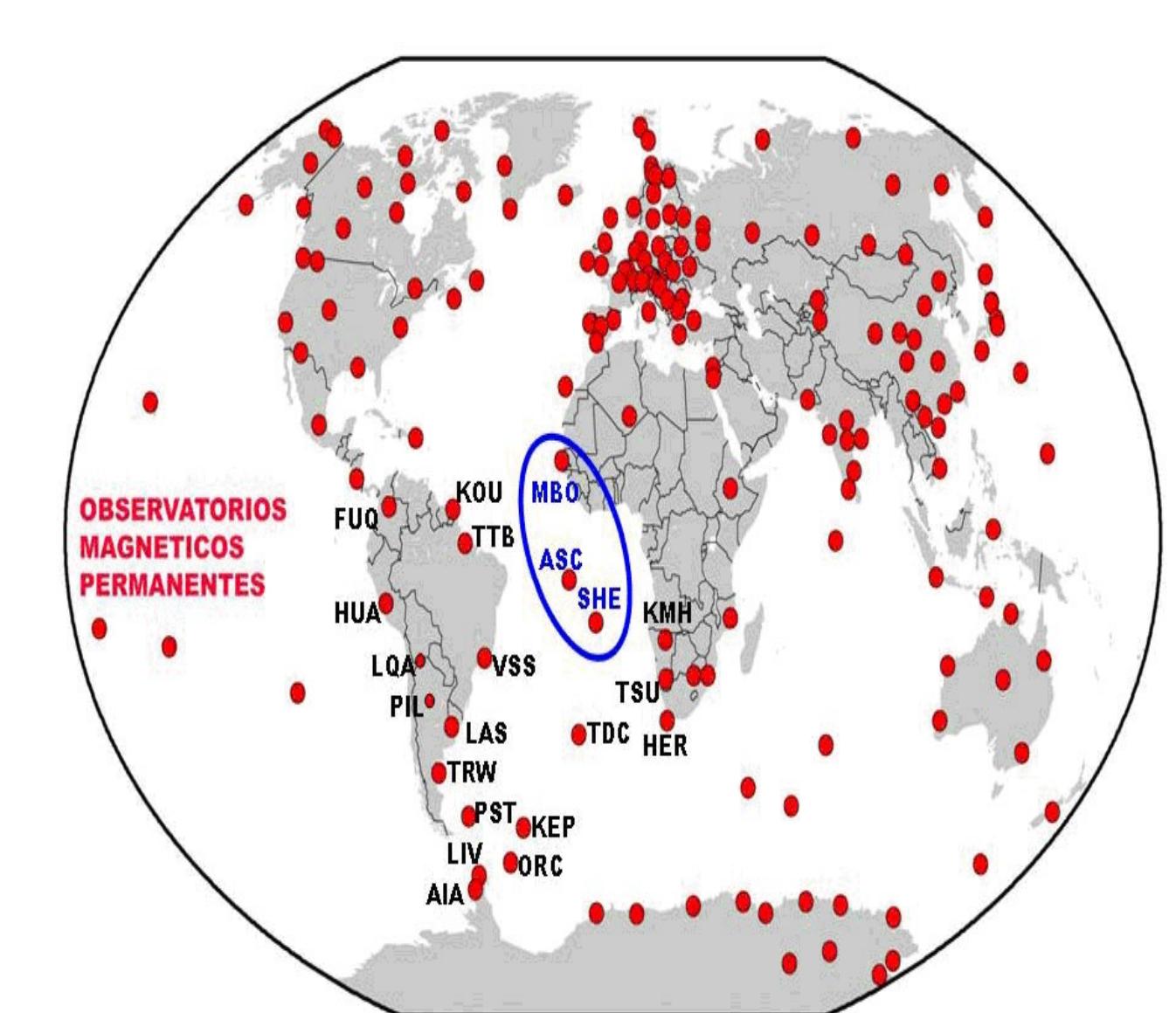


FIGURA 6

CÓDIGO	NOMBRE DEL OMP	LAT	LONG	h smm	AF nT/año	AÑO F=0nT
MBO	MBOUR	14° 12'	343° 03'	7	+12.046	AUMENTA F
FUQ	FUQUENE	5° 28'	288° 16'	2543	-88.724	2367
KOU	KOURU	-5° 13'	307° 17'	10	-69.053	2434
TTB	TATUCA	-1° 12'	311° 29'	10	-64.419	2406
HUA	HUANCAYO	-12° 03'	284° 40'	3312	-56.924	2485
LQA	LA QUACA	-22° 06'	294° 24'	3450	-48.547	2486
VSS	VASSOURAS	-22° 24'	316° 21'	457	-24.020	2977
PIL	PILAR	-31° 40'	296° 07'	338	-55.775	2422
LAS	LAS ACACIAS	-35° 00'	302° 19'	17	-43.815	2538
TDC	TRISTAN DA CUNHA	-37° 20'	347° 41'	42	-53.107	2479
KMH	KEETMANSHOOP	-26° 32'	18° 07'	1065	-60.200	2464
TSU	TSUMEB	-19° 12'	17° 35'	1100	-56.468	2534
HER	HERMANO	-34° 25'	19° 14'	26	-102.988	2255
TRW	TRLEW	-43° 16'	297° 17'	15	-65.725	2404
PST	PORT STANLEY	-51° 42'	302° 06'	135	-66.434	2443
KEP	KING EDWARD POINT	-54° 17'	323° 30'	7	-66.200	2437
ORC	ISLAS ORCADAS	-60° 44'	315° 13'	3	-108.460	2308
LIV	ISLAS LIVINGSTON	-62° 40'	299° 36'	19	-92.385	2440
AIA	ISLAS ARGENTINAS	-65° 15'	295° 45'	10	-66.392	2410
ASC	ISLA ASCENSION	-7° 57'	345° 37'	177	+35.419	AUMENTA F
SHE	ISLA SANTA HELENA	-15° 57'	354° 16'	588	+18.100	AUMENTA F

FIGURA 7 (TABLA)

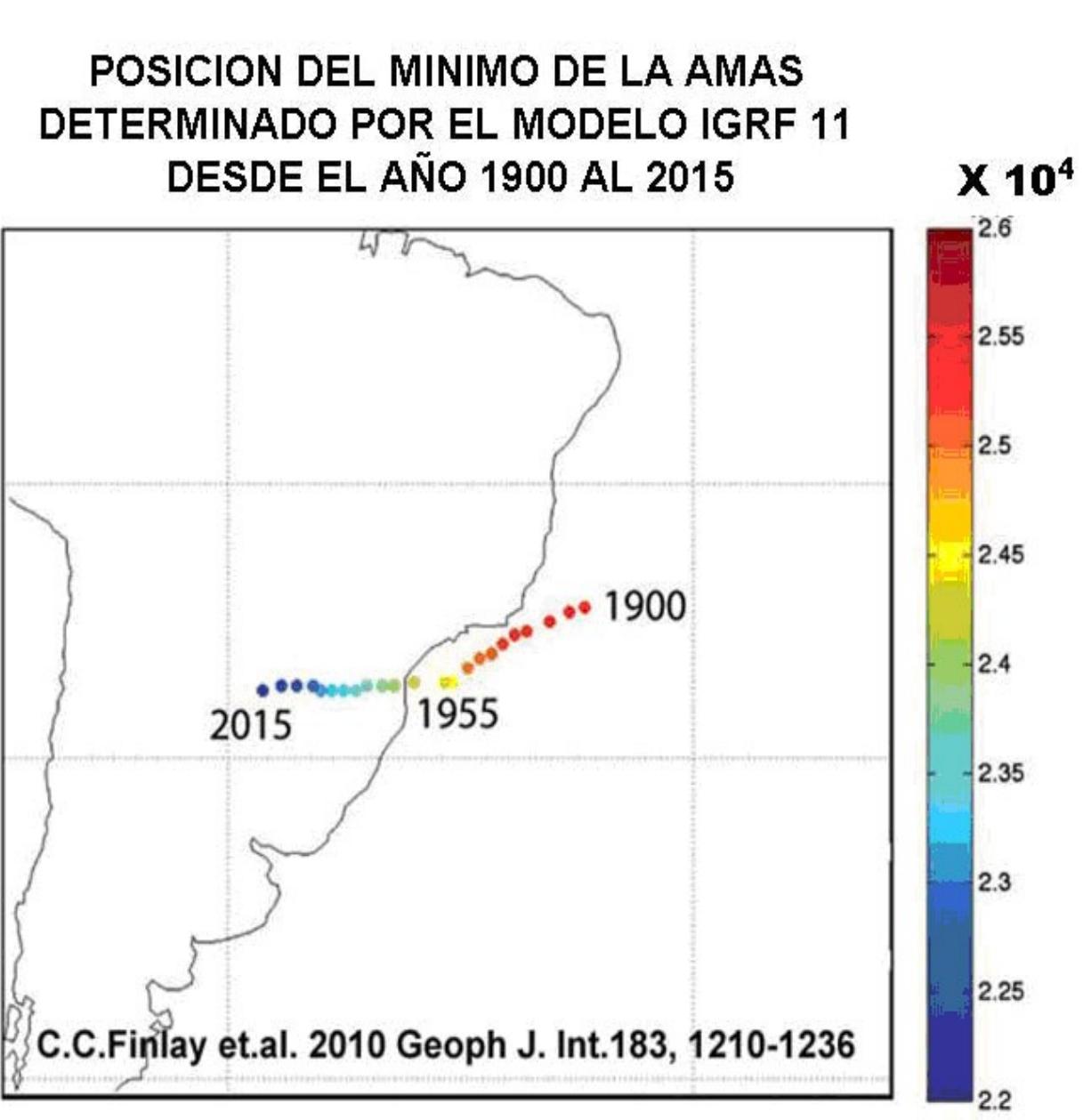


FIGURA 8

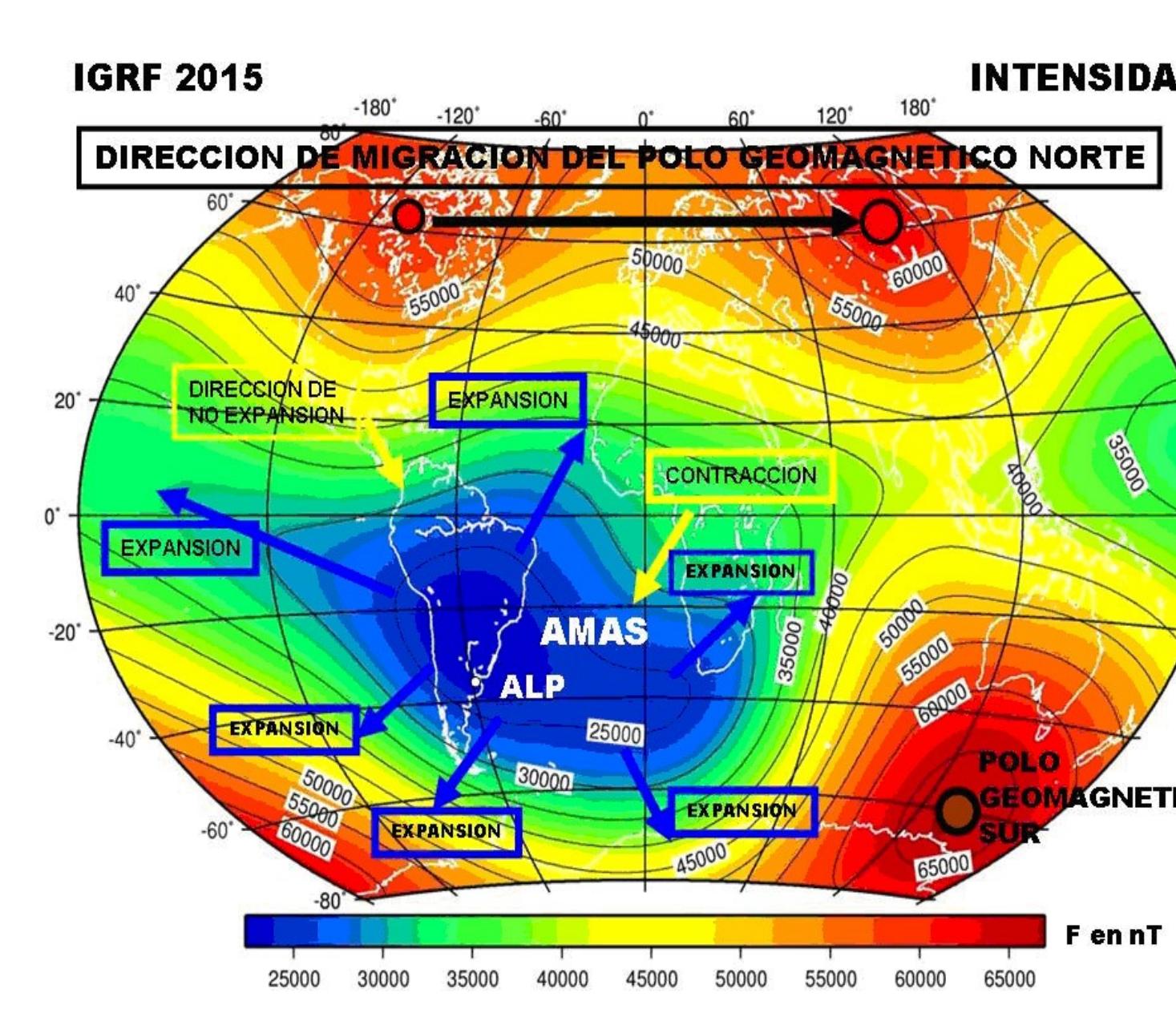


FIGURA 9

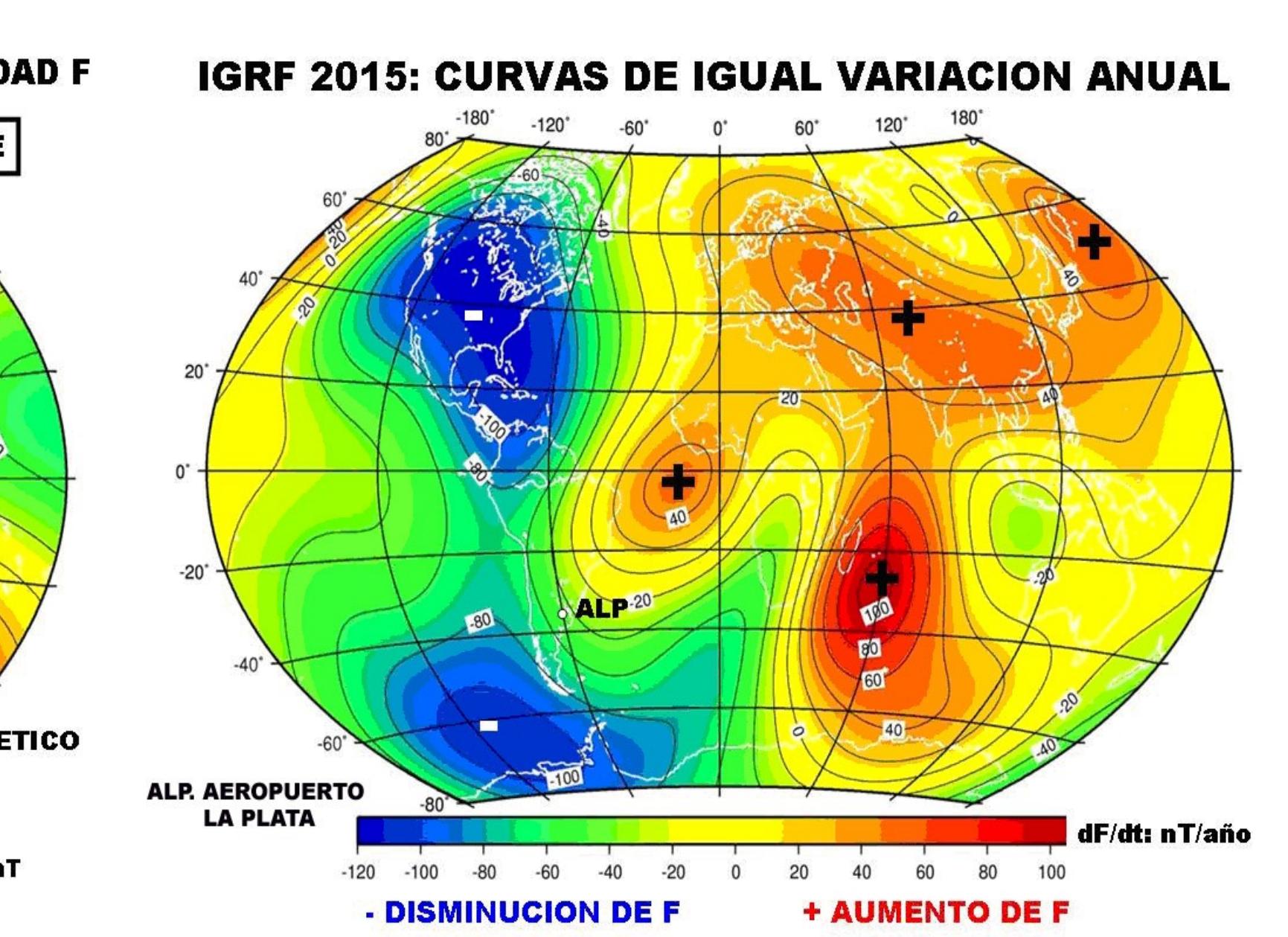


FIGURA 10

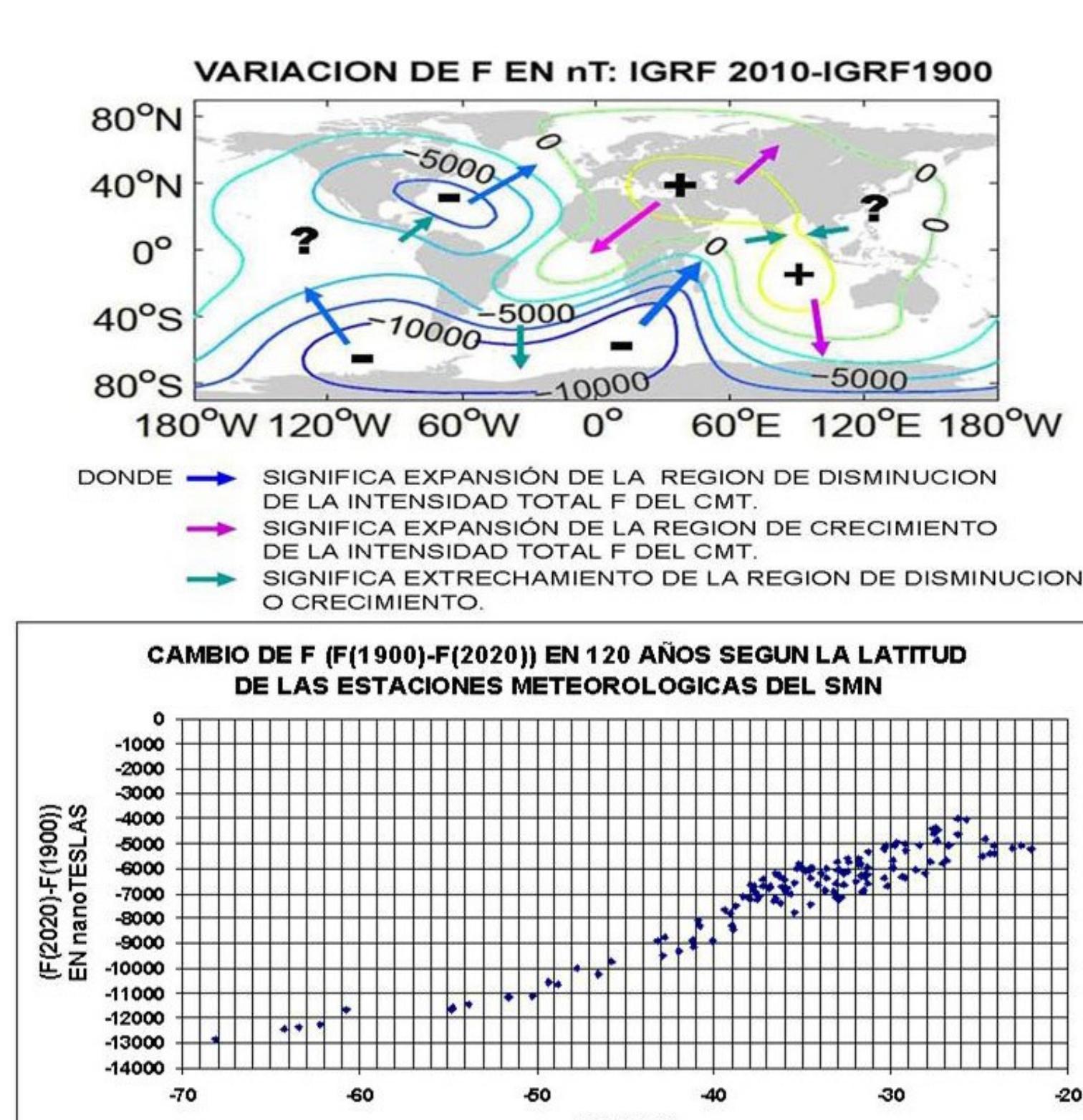


FIGURA 11

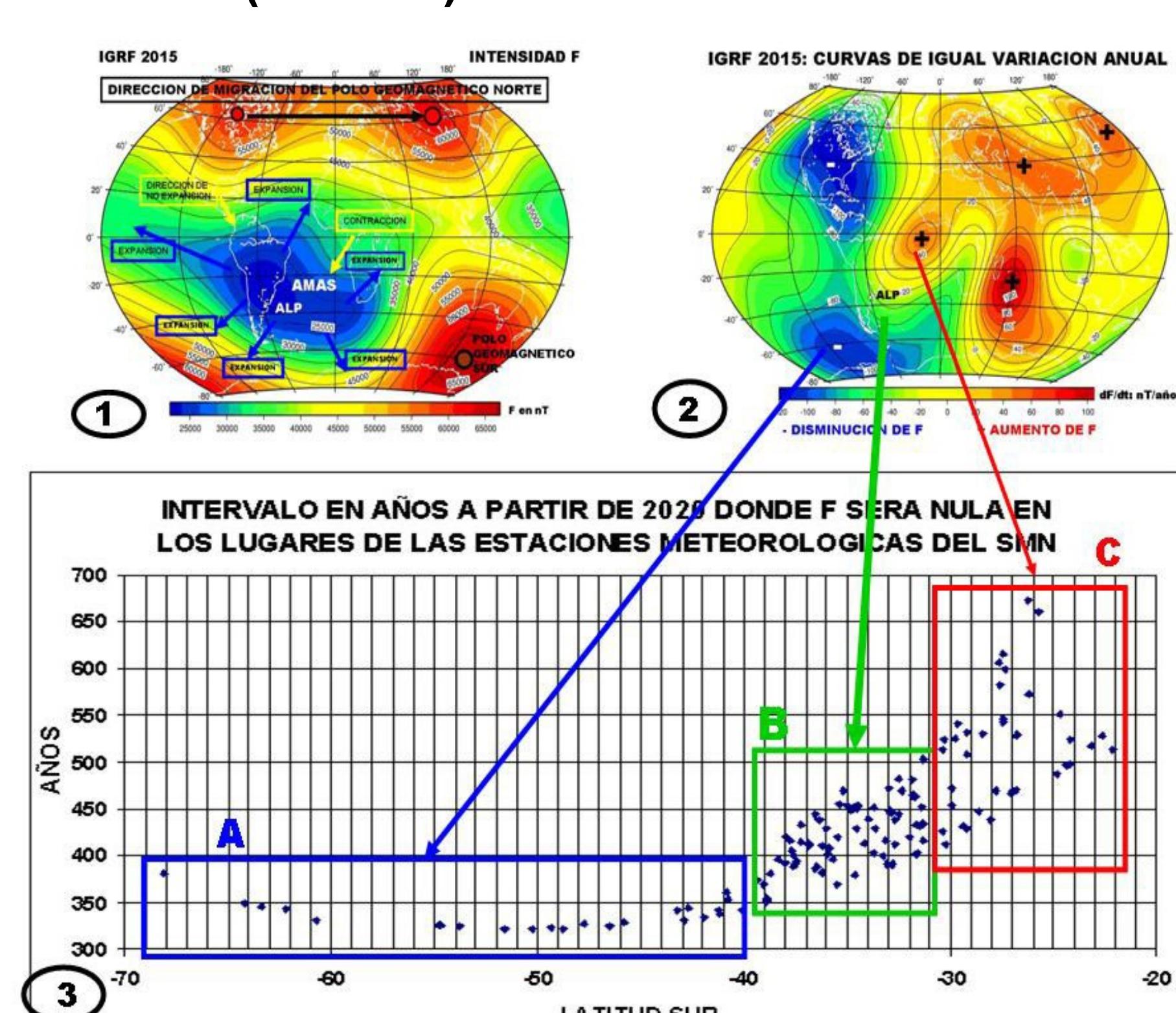


FIGURA 12

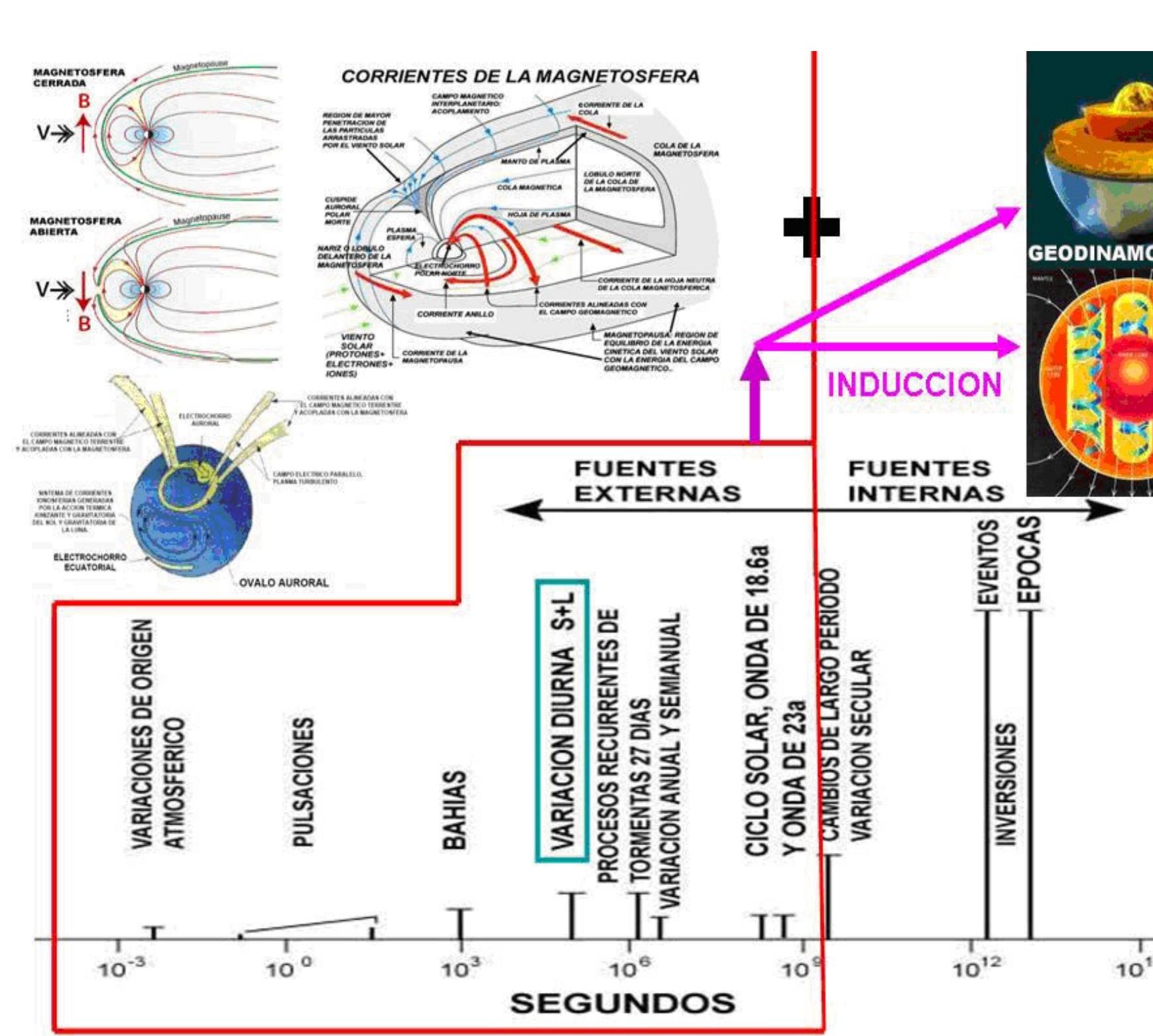


FIGURA 13

DISCUSION y CONCLUSION. La relación entre las observaciones absolutas de la intensidad total F del CMT y la determinación de F mediante el IGRF, en esos mismo puntos de Observación tienen una discrepancia del orden del 0,1%. Por lo que es razonable suponer que las predicciones para la región de la AMAS son coherentes en el ámbito de un modelo de comportamiento lineal predictivo. Las figuras 11 muestra los resultados de una coherencia con lo estipulado de la variabilidad y disminución de F en las regiones subantártica y antártica, esta situación es también observable en la región subpolar norte y de America del Norte posiblemente responsable de los fenómenos de riesgo producidos por las CIG (FIGURA 13). Esto es valido hasta el 2020 siendo la predicción estimado y observable en la figura 12 bajo la hipótesis de los cambios observados comparativamente con la cartografía de las isodinas de F y sus cambios obtenidas con el IGRF desde la época 1900.0 hasta la época 2020.0. La Figura 12 por otra parte muestra que existen tres comportamientos de interés: la Parte 1 muestra la interpretación de los eventos de migración del Polo Geomagnético Norte mientras que el Polo Geomagnético Sur se intensifica F y caso no tiene migración. La parte 2 muestra las variaciones en nT/año de F determinadas por el IGRF y su correlación con la época de F≈0 mostrada en la parte 3. En esta parte 3 se identifican tres porciones relacionadas A: EM-SMN ubicadas en las porciones Antárticas, Subantárticas y Patagónicas hasta una latitud de -40°; B: con EM-SMN ubicadas en la región por sobre el punto triple (latitud -30° de Latitud y C: directamente relacionada con la Placa de Nazca subductada. Queda como meta de estudio los efectos teutónicos y geodinámicos podrían alterar estas predicciones..La actividad de los RC se encontrara aferada notablemente al intensificarse la tendencia a un cambio multipolar del CMT.

FIGURA 13: En esta figura se sintetiza las fuentes de las variaciones del CMT y su origen. El sistema de corrientes de la ionosfera es producto de la fotoionización y acción térmica y de marea del sol, con una acción de marea lunar. La región esta comprendida entre los 60km y los 1000km de altura. A este efecto se le agrega las corrientes de la magnetosfera y magnetopausa, responsables de los fenómenos de las tormentas geomagnéticas producidas por el acoplamiento del SW con el CMT. Todos estos sistemas generan otro sistema de corrientes inducidas en la hidrosfera corteza manto y núcleo terrestre. Este sistema denominado Corrientes Inducidas Geomagnéticamente (CIG), producen riesgos y crisis en toda la actividad industrial del hombre, en especial la satelital, gasoductos, oleoductos, y líneas de transporte eléctrico. Por otra parte todo este sistema esta regulado por los cambios del Geodinamo, residente en el núcleo externo de la Tierra que se difunde en forma dipolar y aportes no dipolares representado por el modelo IGRF desde 1900.0 hasta 2015.0 con actualización de sus coeficientes cada 5 años. La relación entre el campo de origen externo y el inducido son de un 4,7% y 0.3% del campo generado por el Geodinamo. De ello se desprende que para un campo de 23.000nT típico de la región central de la AMAS es esperable tormentas del orden de 1.081nT de amplitud y campos inducidos del orden de 70nT lo cual es critico y vulneraría los sistemas antedichos. Esta situación es solo factible con un campo principalmente dipolar. Para un campo multipolar la situación de la magnetosfera y la estructura de los sistemas de corrientes equivalentes alterara las CIG y la forma de apantallamiento de los RC.