

EL MODELO INTERNACIONAL GEOMAGNETICO DE REFERENCIA APLICACIÓN A LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL SMN

Julio Cesar Gianibelli^{1,2} y Maria Ines Gil.¹

1.- Servicio Meteorológico Nacional, SMN

2.- Fac. de Cs. Astronómicas y Geofísicas, UNLP.

geofisicogianibelli@yahoo.com.ar

INTRODUCCION. La red de Observatorios Magnéticos Permanentes son la fuente de información para la determinación del Modelo Internacional Geomagnético de Referencia (MIGR), denominado también como IGRF (International Geomagnetic Reference Field). Se basa en el desarrollo en esféricos armónicos de la función potencial $U(r, \theta, \varphi)$ hasta el orden 10 dado por las ecuaciones presentadas en las Formulas 1, donde las observaciones de los elementos geomagnéticos (Figura 1) tienen los aportes de las fuentes internas y externas principalmente (Figura 2). De ello se desprende que la información aportada por uno o todos los elementos geomagnéticos son de importancia para la evaluación numérica del modelo.

MODELO EN ESFERICOS ARMONICOS DEL CMT

$$B = -\nabla U = -\left(\frac{\partial U}{\partial r}\hat{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial U}{\partial \theta}\hat{\theta} + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial U}{\partial \varphi}\hat{\varphi}\right) \quad \begin{aligned} m=0: SP_n^0(x) &= P_n^0(x) = P_n(x) \\ m \neq 0: SP_n^m(x) &= (-1)^m \sqrt{\frac{2(n-m)!}{(n+m)!}} P_n^m(x) \end{aligned}$$

FUENTES DE ORIGEN INTERNO

$$\begin{aligned} B_{r_i}(r, \theta, \varphi, t) &= -\frac{\partial U_i}{\partial r} = -\sum_{n=1}^{n_{max}} \left[(n+1) \left(\frac{R_E}{r}\right)^{n+2} \sum_{m=0}^n (g_n^m(t) \cos m\varphi + h_n^m(t) \sin m\varphi) SP_n^m(\cos \theta) \right] \\ B_{\theta_i}(r, \theta, \varphi, t) &= -\frac{1}{r} \frac{\partial U_i}{\partial \theta} = -\sum_{n=1}^{n_{max}} \left[\left(\frac{R_E}{r}\right)^{n+2} \sum_{m=0}^n (g_n^m(t) \cos m\varphi + h_n^m(t) \sin m\varphi) \frac{dSP_n^m(\cos \theta)}{d\theta} \right] \\ B_{\varphi_i}(r, \theta, \varphi, t) &= -\frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial U_i}{\partial \varphi} = -\sum_{n=1}^{n_{max}} \left[\left(\frac{R_E}{r}\right)^{n+2} \sum_{m=0}^n (-g_n^m(t) \sin m\varphi + h_n^m(t) \cos m\varphi) \frac{mSP_n^m(\cos \theta)}{\sin \theta} \right] \end{aligned}$$

FUENTES DE ORIGEN EXTERNO

$$\begin{aligned} B_{r_e}(r, \theta, \varphi, t) &= -\frac{\partial U_e}{\partial r} = -\sum_{n=1}^{n_{max}} \left[n \left(\frac{R_E}{r}\right)^{-n+1} \sum_{m=0}^n (q_n^m(t) \cos m\varphi + s_n^m(t) \sin m\varphi) SP_n^m(\cos \theta) \right] \\ B_{\theta_e}(r, \theta, \varphi, t) &= -\frac{1}{r} \frac{\partial U_e}{\partial \theta} = -\sum_{n=1}^{n_{max}} \left[\left(\frac{R_E}{r}\right)^{-n+1} \sum_{m=0}^n (q_n^m(t) \cos m\varphi + s_n^m(t) \sin m\varphi) \frac{dSP_n^m(\cos \theta)}{d\theta} \right] \\ B_{\varphi_e}(r, \theta, \varphi, t) &= -\frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial U_e}{\partial \varphi} = -\sum_{n=1}^{n_{max}} \left[\left(\frac{R_E}{r}\right)^{-n+1} \sum_{m=0}^n (-q_n^m(t) \sin m\varphi + s_n^m(t) \cos m\varphi) \frac{mSP_n^m(\cos \theta)}{\sin \theta} \right] \end{aligned}$$

FORMULAS 1

En esta aproximación multipolar del campo magnético de origen interno, difundido y generado por el geodínamo residente en el núcleo externo de la Tierra (Merrill R.T. et al 1998). Los coeficientes del modelo son presentados por la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía desde el año 1900 hasta el 2015 cada 5 años, con su variación anual, llamada “variación secular” pudiéndose evaluar sus valores hasta el año 2020. (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/index.html>). El objetivo de este estudio es evaluar la evolución temporal de los elementos geomagnéticos de Declinación (D), Inclinación (I) e Intensidad Total F del Campo Magnético Terrestre (CMT) representado por el modelo MIGR en cada estación meteorológica del SMN. Su correlación con las variaciones observadas desde 1900 hasta el 2020 con los cambios observados por el CMT (variación secular) permite identificar los efectos de las grandes anomalías como la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS).

ANALISIS DE LOS DATOS. Las estaciones meteorológicas son un punto importante para considerar como posible lugar geográfico de observación de la Intensidad Total F del CMT, y además como evaluación in situ de la evolución del valor de F, de los cambios observados y relacionarlos con los evaluados por el IGRF (Figura 3).

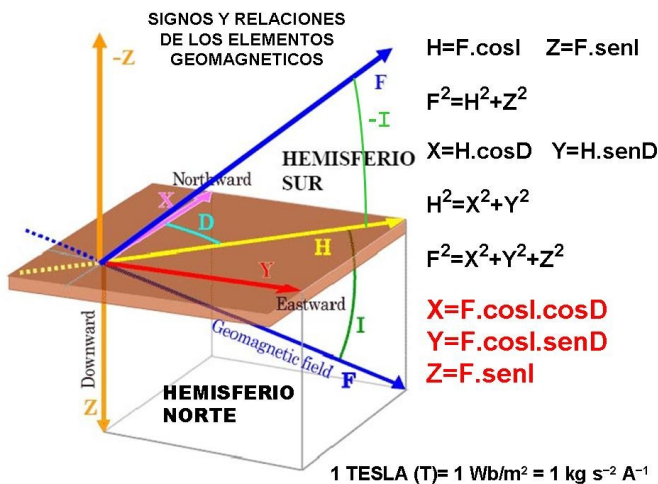


FIGURA 1

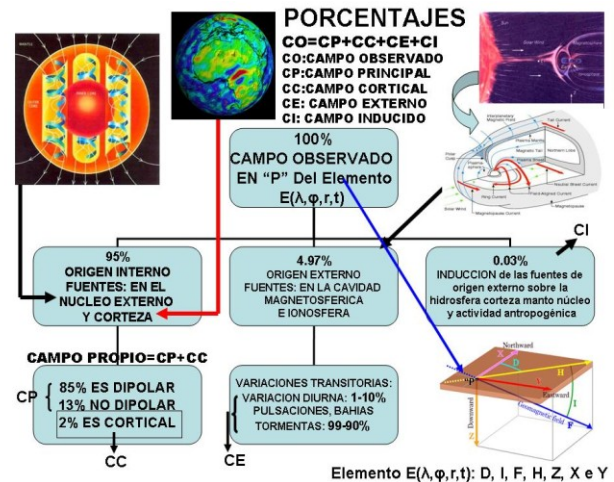


FIGURA 2

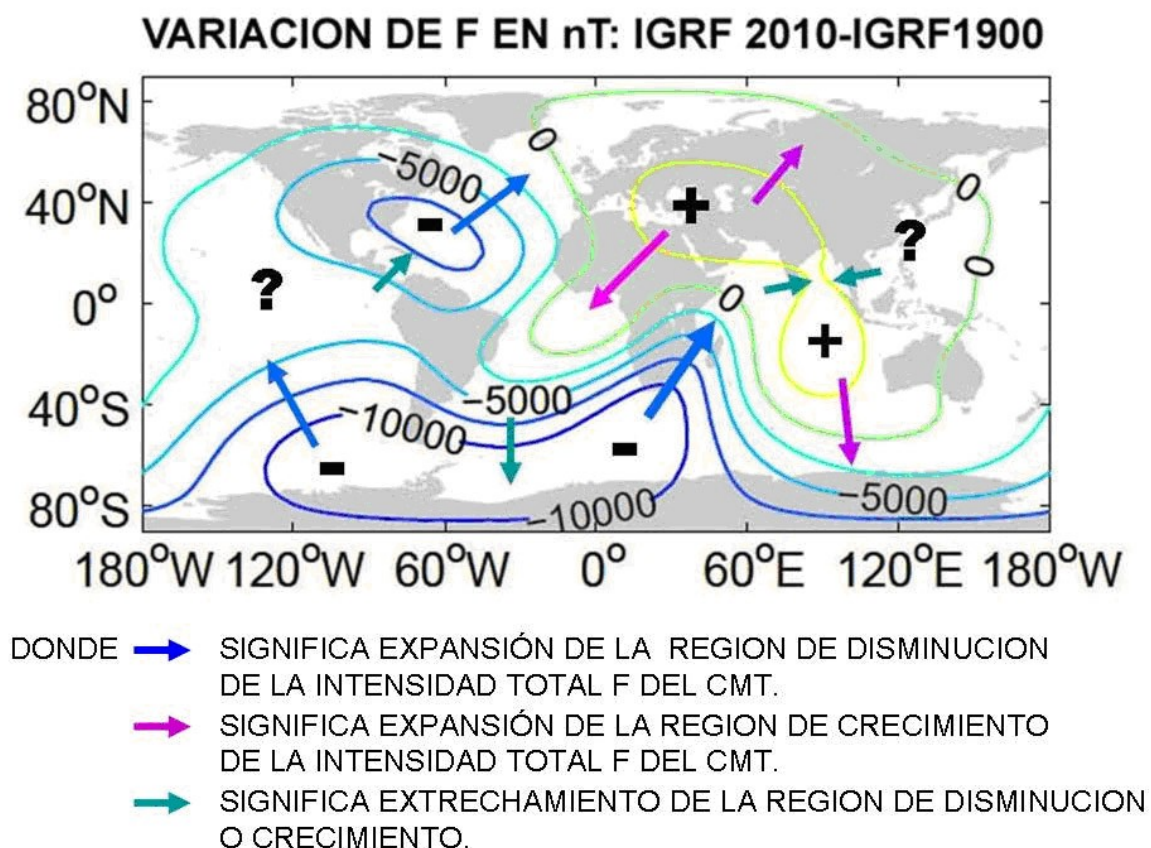


FIGURA 3

La Figura 3 es una evaluación de los cambios que se obtienen al calcular la diferencia entre el IGRF en 2010 y 1900, la tendencia de los cambios observados muestra que la actividad de las diferentes fuentes del CMT deberá tener un índice que sea representativo del sistema geomagnético en sus diferentes escalas. En la tabla siguiente (Tabla 1) se detalla las estaciones meteorológicas, nombre y coordenadas, y los resultados de los elementos geomagnéticos de Declinación (D), Inclinación (I) e Intensidad Total (F) al aplicar el modelo MIGR para las épocas 1900.0 y predicción para 2020.0. El elemento D e I están dados en grados sexagesimales y parte decimal, mientras que el elemento F esta dado en nanoteslas.

ESTACION	LAT S	LONG W	h (m)	Dº 1900	Dº 2020	Iº 1900	Iº 2020	F 1900nT	F 2020nT
LA QUIACA OBS.	22,06	65,36	3459	8,8248	-8,6284	-14,7278	-21,4589	27757,8	22505,9
TARTAGAL AERO	22,39	63,49	450	7,9302	-10,0182	-14,7564	-23,2613	27501,9	22411,9
ORAN AERO	23,09	64,19	357	8,3724	-9,3930	-15,7087	-23,6869	27612,6	22415,3
RIVADAVIA	24,1	62,54	205	7,7572	-10,2621	-16,6050	-25,9212	27433,1	22323,8
JUJUY U N	24,1	65,11	1302	9,1702	-8,2154	-17,5669	-24,6587	27832,1	22427,2
JUJUY AERO	24,23	65,05	905	9,1728	-8,2194	-17,8312	-25,0107	27837,1	22420,8
LAS LOMITAS	24,42	60,35	130	6,3305	-12,0606	-16,5484	-28,0922	27094,4	22252,9
SALTA AERO	24,51	65,29	1221	9,5395	-7,6605	-18,6727	-25,4580	27956,8	22438,6
IGUAZU AERO	25,44	54,28	270	1,9821	-16,4549	-16,7159	-33,8182	26363,0	22311,2
FORMOSA AERO	26,12	58,14	60	4,9943	-13,4355	-18,0104	-31,5357	26881,1	22225,7
BERNARDO DE IRIGOYEN AERO	26,15	53,39	815	1,4480	-16,8453	-17,3691	-35,0142	26316,5	22332,1
PCIA. ROQUE SAENZ PEÑA AE	26,45	60,24	93	6,7180	-11,4036	-19,3561	-30,7415	27277,2	22240,1
PCIA. ROQUE SAENZ PEÑA AE	26,49	60,27	92	6,7707	-11,3327	-19,4622	-30,7894	27294,2	22241,7
TUCUMAN AERO	26,51	65,06	450	9,8730	-7,1370	-21,2488	-28,2941	28152,4	22438,3
FAMAILLA INTA	27,03	65,25	363	10,1212	-6,7511	-21,6549	-28,4075	28250,5	22466,9
POSADAS AERO	27,22	55,58	125	3,5324	-14,7615	-19,1683	-34,4476	26714,3	22260,6
CORRIENTES AERO	27,27	58,46	62	5,6969	-12,4919	-19,8506	-32,6009	27115,6	22233,8
RESISTENCIA AERO	27,27	59,03	52	5,9077	-12,2554	-19,9229	-32,4155	27159,0	22235,1
OBERA AERO	27,29	55,08	303	2,9033	-15,3415	-19,2096	-35,1769	26625,6	22281,6
ITUZAINGO	27,35	56,4	72	4,1286	-14,1342	-19,5785	-34,1790	26834,9	22250,0
CERRO AZUL INTA	27,39	55,26	270	3,1787	-15,0525	-19,4743	-35,1307	26684,5	22275,3
SANTIAGO DEL ESTERO AERO	27,46	64,18	199	9,6276	-7,4521	-22,1259	-29,8153	28145,5	22417,3
TINOGASTA	28,04	67,34	1201	11,6466	-4,2479	-23,9803	-28,8702	28897,7	22689,7
BELLA VISTA INTA	28,26	58,55	70	6,0500	-11,9375	-21,1986	-33,5873	27292,7	22258,8
CATAMARCA AERO	28,36	65,46	454	10,7643	-5,6795	-23,8321	-30,1939	28611,0	22561,1
RECONQUISTA AERO	29,11	59,42	53	6,8182	-10,9212	-22,3830	-33,9128	27556,5	22298,0
MERCEDES AERO (CTES)	29,13	58,06	107	5,6230	-12,2650	-22,0275	-34,9322	27306,9	22284,3
CHILECITO AERO	29,14	67,26	945	11,9093	-3,7876	-25,3928	-30,3652	29122,6	22754,1
LA RIOJA AERO	29,23	66,49	429	11,6032	-4,2941	-25,2925	-30,7506	29019,3	22707,6
PASO DE LOS LIBRES AERO	29,41	57,09	70	5,0032	-12,8304	-22,4325	-36,0121	27256,7	22307,3
CURUZU CUATIA AERO	29,47	57,59	73	5,6711	-12,0964	-22,7311	-35,5820	27400,8	22310,6
CERES AERO	29,53	61,57	88	8,6148	-8,5788	-23,9664	-33,4198	28105,0	22404,6
VILLA MARIA DEL RIO SECO	29,54	63,41	341	9,7985	-6,9748	-24,6140	-32,6016	28451,5	22495,7
JACHAL	30,14	68,45	1175	12,9105	-2,0219	-27,2487	-31,1940	29687,7	22988,3
MONTE CASEROS AERO	30,16	57,39	54	5,5310	-12,1414	-23,2757	-36,2686	27452,0	22336,3
SAN JOSE DE FELICIANO	30,22	58,14	66	6,0041	-11,6043	-23,5275	-36,0085	27563,8	22344,2
CHAMICAL AERO	30,22	66,17	461	11,5623	-4,2869	-26,2642	-32,0889	29134,7	22737,7
CONCORDIA AERO	31,18	58,01	38	6,0636	-11,3172	-24,6452	-37,0372	27748,1	22406,2
CORDOBA AERO	31,19	64,13	474	10,5208	-5,7302	-26,5573	-33,9225	28918,2	22653,0
CHEPES	31,2	66,36	658	12,0141	-3,4678	-27,5657	-33,0743	29466,1	22864,0
SAN FRANCISCO UTN	31,22	62,07	115	9,1094	-7,6558	-25,8574	-34,9033	28497,3	22529,2
CORDOBA OBSERVATORIO	31,24	64,11	425	10,5208	-5,7165	-26,6444	-34,0249	28934,0	22659,2
ESC. AVIACION MILITAR AERO	31,27	64,16	502	10,5881	-5,6109	-26,7368	-34,0443	28965,1	22669,9
SAN JUAN AERO	31,34	68,25	598	13,1133	-1,6178	-28,6676	-32,8223	29983,1	23097,8
SAN JUAN INTA	31,37	68,32	615	13,1904	-1,4802	-28,7809	-32,8504	30027,5	23118,4
PILAR OBS.	31,4	63,53	338	10,3922	-5,8532	-26,8491	-34,4291	28943,2	22665,3
SAUCE VIEJO AERO	31,42	60,49	18	8,2635	-8,6594	-25,8517	-35,8794	28335,5	22503,2
PARANA AERO	31,47	60,29	78	8,0402	-8,9136	-25,8558	-36,1321	28295,1	22498,4
PARANA INTA	31,5	60,31	110	8,0770	-8,8569	-25,9260	-36,1636	28314,4	22504,0
VILLAGUAY AERO	31,51	59,05	43	7,0124	-10,1142	-25,5644	-36,9454	28064,4	22466,2
VILLA DOLORES AERO	31,57	65,08	569	11,2771	-4,5198	-27,6752	-34,2433	29300,0	22794,3
LUCAS GONZALEZ	32,22	59,31	74	7,4651	-9,4553	-26,2977	-37,1945	28280,6	22524,6
CONCEPCION DEL URUGUAY IN	32,29	58,2	25	6,5933	-10,4204	-26,1562	-37,9459	28111,2	22511,1
EL TREBOL	32,3	61,4	96	9,0748	-7,4494	-27,0716	-36,2462	28722,7	22621,2
SANTA ROSA DE CONLARA AER	32,4	65,19	620	11,5799	-3,9460	-28,5866	-34,9270	29557,4	22897,5
MARCOS JUAREZ INTA	32,41	62,07	110	9,4396	-6,9337	-27,4328	-36,2176	28867,3	22665,7
MARCOS JUAREZ AERO	32,42	62,09	114	9,4672	-6,8938	-27,4634	-36,2189	28879,0	22669,4
MENDOZA AERO	32,5	68,47	704	13,6621	-0,5671	-30,2899	-34,1344	30472,5	23313,6
CARCARAÑA	32,51	61,1	79	8,8015	-7,7094	-27,3319	-36,8173	28728,0	22636,4
MENDOZA OBSERVATORIO	32,53	68,51	827	13,7112	-0,4762	-30,3775	-34,1744	30505,2	23328,9
ROSARIO AERO	32,55	60,47	25	8,5389	-8,0196	-27,2974	-37,0641	28674,5	22627,4
CHACRAS DE CORIA	32,59	68,52	921	13,7471	-0,4039	-30,4975	-34,2783	30541,6	23345,3
GUALEGUAYCHU AERO	33	58,37	21	6,9352	-9,8909	-26,8372	-38,2522	28307,6	22568,5
ZAVALLA	33,01	60,53	50	8,6366	-7,8728	-27,4444	-37,1091	28723,7	22643,0
SAN MARTIN (MZA)	33,05	68,25	653	13,5300	-0,7717	-30,4011	-34,4817	30459,8	23302,3
RIO CUARTO AERO	33,07	64,14	421	10,9945	-4,7140	-28,6836	-35,7710	29452,3	22863,0
SAN LUIS AERO	33,16	66,21	713	12,3773	-2,6253	-29,6995	-35,2120	29996,1	23082,1
VENADO TUERTO	33,4	61,58	112	9,5760	-6,5105	-28,5317	-37,2181	29143,4	22779,0
SAN PEDRO INTA	33,41	59,41	28	7,9094	-8,5676	-27,8980	-38,3024	28705,5	22675,9
VILLA REYNOLDS AERO	33,44	65,23	486	11,8962	-3,2728	-29,8317	-35,9808	29921,1	23052,7
PERGAMINO INTA	33,56	60,33	65	8,6146	-7,6470	-28,4189	-38,1035	28948,7	22741,5
LABOULAYE AERO	34,08	63,22	137	10,6667	-4,9381	-29,5312	-37,0792	29597,8	22938,7
SAN FERNANDO	34,27	58,35	3	7,2572	-9,0852	-28,5269	-39,5149	28760,1	22740,0
DON TORCUATO AERO	34,29	58,37	4	7,2908	-9,0365	-28,5726	-39,5255	28777,1	22745,3
SAN MIGUEL	34,33	58,44	26	7,3958	-8,8954	-28,6753	-39,5218	28819,9	22757,3

MARIANO MORENO AERO	34,33	58,49	32	7,4596	-8,8227	-28,6941	-39,4796	28834,5	22759,7
JUNIN AERO	34,33	60,55	81	9,0323	-6,9512	-29,2295	-38,4787	29227,9	22843,9
AEROPARQUE BUENOS AIRES	34,34	58,25	6	7,1569	-9,1605	-28,6253	-39,6965	28770,6	22751,1
BUENOS AIRES	34,35	58,29	25	7,2118	-9,0929	-28,6587	-39,6761	28787,5	22754,9
SAN RAFAEL AERO	34,35	68,24	748	13,9185	0,0758	-32,0457	-36,0288	30983,6	23544,7
EL PALOMAR AERO	34,36	58,36	12	7,3057	-8,9818	-28,7032	-39,6303	28813,6	22760,4
CASTELAR INTA	34,4	58,39	22	7,3599	-8,8985	-28,7909	-39,6601	28845,1	22770,7
EZEIZA AERO	34,49	58,32	20	7,3058	-8,9101	-28,9374	-39,8422	28876,3	22788,0
LA PLATA AERO	34,58	57,54	19	6,8520	-9,3659	-28,9781	-40,2860	28819,7	22792,6
PONTON PRAC. RECALADA	35,1	56,15	11	5,6022	-10,6292	-28,9208	-41,3168	28625,1	22794,0
PUNTA INDIO B.A.	35,22	57,17	22	6,4655	-9,6472	-29,3184	-40,9190	28858,6	22835,7
NUEVE DE JULIO	35,27	60,53	76	9,2225	-6,4375	-30,2363	-39,2642	29543,8	22979,7
MALARGUE AERO	35,3	69,35	1425	14,7988	1,7184	-33,5566	-36,7242	31651,9	23885,9
GENERAL PICO AERO	35,42	63,45	145	11,3074	-3,6397	-31,4091	-38,3641	30255,0	23226,4
PEHUAJO AERO	35,52	61,54	87	10,0574	-5,2529	-30,9937	-39,1936	29911,0	23112,1
TRENQUE LAUQUEN	35,58	62,44	95	10,6703	-4,4221	-31,3625	-38,9590	30130,0	23190,5
LAS FLORES AERO	36,02	59,08	36	8,0523	-7,6400	-30,4463	-40,5244	29426,7	22991,9
BOLIVAR AERO	36,12	61,04	94	9,5332	-5,8065	-31,1205	-39,8075	29866,8	23116,9
VICTORICA	36,13	65,26	312	12,5412	-1,7442	-32,5783	-38,2953	29858,7	23488,9
DOLORES AERO	36,21	57,44	9	7,0491	-8,6538	-30,5086	-41,4366	29300,1	22996,3
ANGUIL INTA	36,3	63,59	165	11,6546	-2,9287	-32,3579	-38,9821	30626,5	23398,1
SANTA TERESITA AERO	36,33	56,41	4	6,2734	-9,4118	-30,5502	-42,1074	29204,0	23003,6
SANTA ROSA AERO	36,34	64,16	191	11,8606	-2,6227	-32,5281	-38,9490	30720,3	23438,3
AZUL AERO	36,5	59,53	147	8,8050	-6,4700	-31,5086	-40,8104	29882,7	23164,3
OLAVARRIA AERO	36,53	60,13	166	9,0655	-6,1402	-31,6462	-40,7067	29968,3	23191,2
VILLA GESELL AERO	37,14	57,01	9	6,6969	-8,6924	-31,3615	-42,4260	29531,4	23126,5
TANDIL AERO	37,14	59,15	175	8,4206	-6,7725	-31,7982	-41,3898	29925,4	23207,1
CORONEL SUAREZ AERO	37,26	61,53	233	10,4093	-4,2800	-32,6944	-40,4777	30542,6	23407,3
LAPRIDA	37,34	60,46	212	9,6297	-5,2064	-32,5297	-41,0077	30364,6	23356,6
PIGUE AERO	37,36	62,23	304	10,8031	-3,7153	-33,0208	-40,4294	30723,0	23480,9
BENITO JUAREZ AERO	37,43	59,47	207	8,9342	-5,9867	-32,4467	-41,5204	30232,0	23328,1
BALCARCE INTA	37,45	58,18	130	7,8148	-7,2616	-32,1605	-42,1885	29968,3	23264,1
MAR DEL PLATA AERO	37,56	57,35	21	7,3034	-7,7533	-32,2246	-42,6440	29921,4	23273,0
CORONEL PRINGLES AERO	38,01	61,2	247	10,1462	-4,4023	-33,1640	-41,1326	30678,4	23489,2
BARROW INTA	38,19	60,15	120	9,4199	-5,1773	-33,2033	-41,7715	30589,2	23481,2
TRES ARROYOS	38,2	60,15	115	9,4236	-5,1663	-33,2210	-41,7835	30596,7	23484,8
BAHIA BLANCA AERO	38,44	62,1	83	10,9068	-3,1766	-34,1550	-41,3772	31186,0	23717,2
CUTRAL CO	38,56	69,15	650	15,4644	3,4650	-36,8931	-39,8832	33081,4	24647,2
CIPOLLETTI	38,57	67,58	265	14,7372	2,3014	-36,3854	-40,0815	32734,2	24452,4
NEUQUEN AERO	38,57	68,08	271	14,8346	2,4546	-36,4520	-40,0545	32780,2	24477,6
RIO COLORADO	39,01	64,05	79	12,2978	-1,2378	-35,0392	-41,0007	31763,3	23970,4
HILARIO ASCASUBI INTA	39,23	62,37	22	11,3696	-2,3390	-34,9631	-41,7143	31595,4	23915,6
CHAPELCO AERO	40,05	71,08	779	16,7329	5,8448	-38,8008	-40,6735	34206,3	25309,9
SAN ANTONIO OESTE AERO	40,47	65,06	20	13,3581	0,8404	-37,1640	-42,0776	32898,3	24570,5
VIDEAMA AERO	40,51	63,01	7	11,9683	-0,9989	-36,5821	-42,6527	32424,6	24348,5
BARILOCHE AERO	41,09	71,1	840	16,9923	6,5065	-39,8180	-41,5353	34777,4	25651,3
MAQUINCHAO	41,15	68,44	888	15,6885	4,4158	-38,9332	-41,8128	34115,1	25243,0
EL BOLSON AERO	41,58	71,31	337	17,3549	7,2931	-40,7181	-42,1607	35339,4	25998,9
PUERTO MADRYN AERO	42,44	65,04	136	13,7438	2,0889	-39,0765	-43,4737	33957,2	25182,2
ESQUEL AERO	42,56	71,09	797	17,3724	7,5463	-41,4573	-42,9112	35771,4	26266,0
TRELEW AERO	43,12	65,16	43	13,9700	2,5733	-39,5930	-43,7547	34279,9	25371,5
COMODORO RIVADAVIA AERO	45,47	67,3	46	15,8849	6,1659	-42,7619	-45,1707	36468,4	26718,9
PERITO MORENO AERO	46,31	71,01	429	18,0349	9,5288	-44,6372	-45,4728	37958,2	27703,5
PUERTO DESEADO AERO	47,44	65,55	80	15,2852	6,0884	-44,1062	-46,5959	37341,6	27314,8
GOB. GREGORES AERO	48,47	70,1	358	18,0149	10,1580	-46,3713	-47,0035	39251,3	28605,1
SAN JULIAN AERO	49,19	67,47	62	16,7423	8,5881	-46,1152	-47,4321	38959,0	28411,1
EL CALAFATE AERO	50,16	72,03	204	19,3275	12,4523	-48,2999	-48,0023	40872,2	29779,1
RIO GALLEGOS AERO	51,37	69,17	19	18,0793	11,1200	-48,6436	-48,8481	41070,4	29934,8
RIO GRANDE B.A.	53,48	67,45	22	17,6447	11,2687	-50,2139	-50,2540	42335,1	30906,2
TOLHUIN	54,42	67,15	105	17,5481	11,4470	-50,9172	-50,8287	42916,0	31361,6
USHUAIA AERO	54,48	68,19	57	18,2030	12,2684	-51,2684	-50,8847	43276,0	31634,3
BASE ORCADAS	60,45	44,43	12	4,4705	1,6115	-54,4052	-55,9064	43848,1	32180,4
BASE JUBANY	62,14	58,38	11	14,3078	10,5812	-56,5267	-55,6228	47280,9	35014,1
BASE ESPERANZA	63,24	56,59	24	13,6734	10,3552	-57,4567	-56,3378	47972,9	35624,1
BASE MARAMBIO	64,14	56,43	198	13,8254	10,7445	-58,2163	-56,8268	48631,2	36205,7
BASE SAN MARTIN	68,08	67,08	7	22,0688	19,6553	-63,0137	-59,6440	53708,9	40850,2

TABLA 1

Estos resultados se presentan en las Figuras 4, 5 y 6 en función de la latitud.

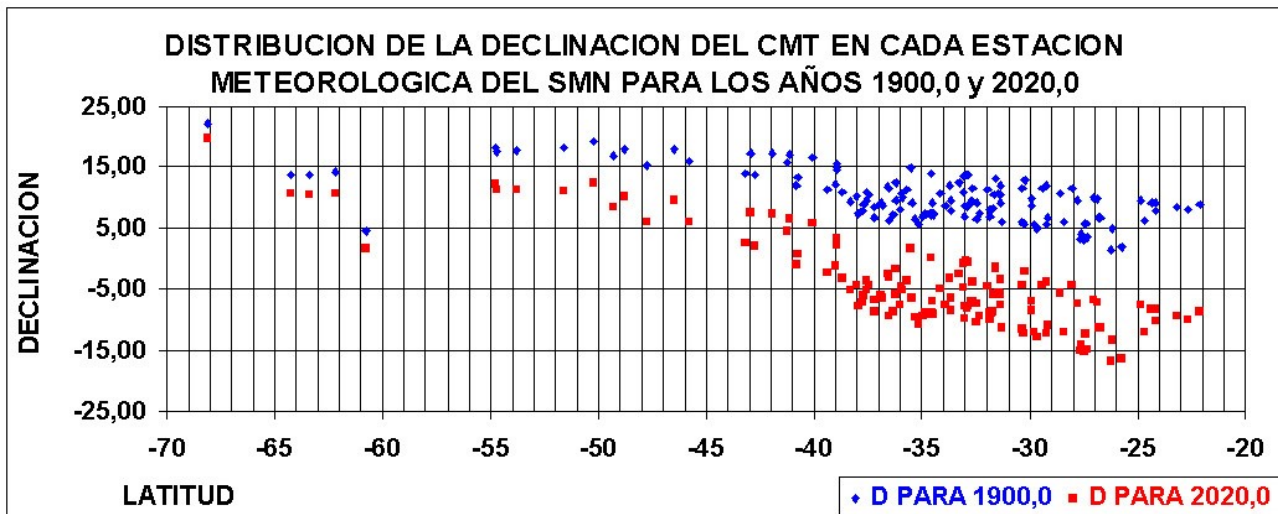


FIGURA 4

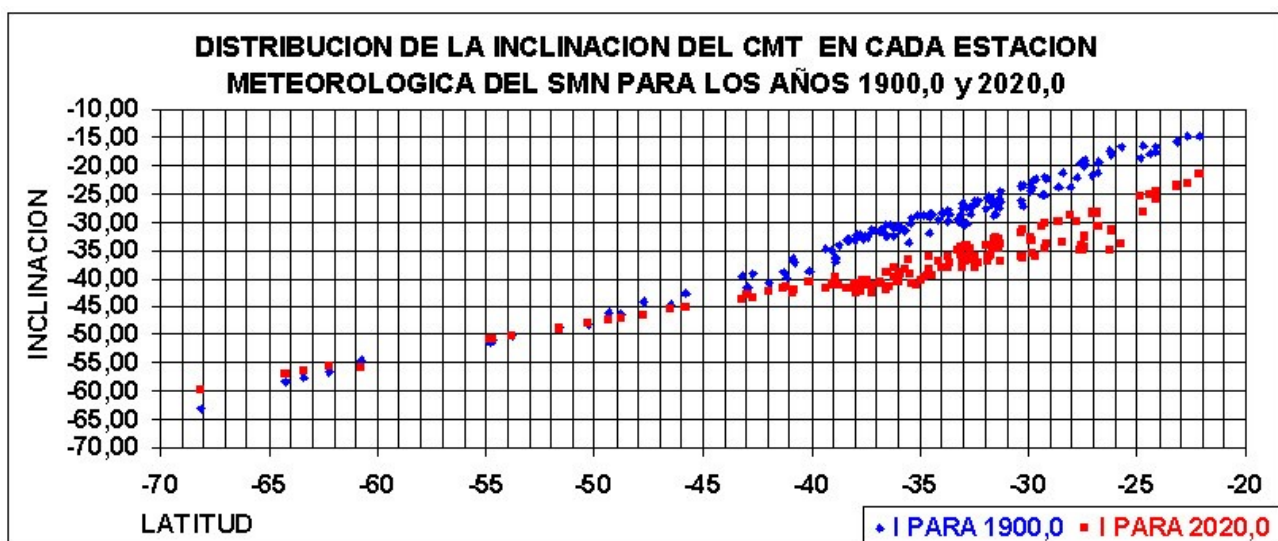


FIGURA 5

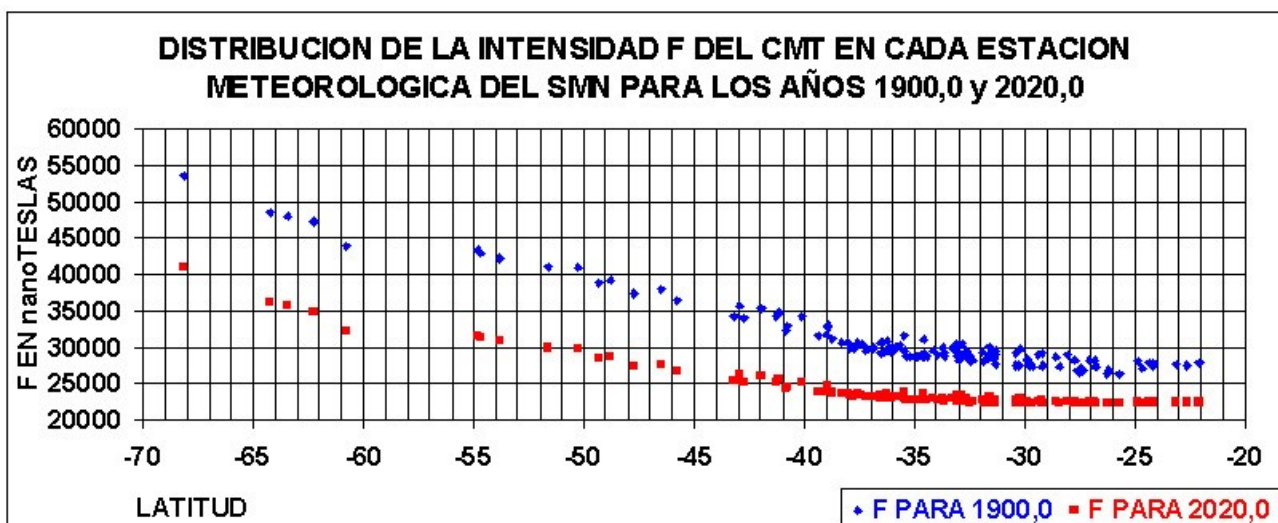


FIGURA 6

ANALISIS DE LOS RESULTADOS. El modelo utilizado fue el IGRF versión 12, cuyos datos de entrada son latitud, longitud, altura y fecha para el cálculo. Las Figuras 4 y 5 muestran la distribución en función de la latitud de la Declinación e Inclinação que a partir de la latitud de -70° hacia el ecuador la

diferencia se incrementa entre los valores de D e I para 1900 y 2020. Una posibilidad de esta situación sería los factores geotectónicos generados por la subducción de la placa de Nazca que cambia la conductividad de la astenósfera cambiando la difusión de las líneas de campo. Esto queda evaluado en la Figura 7 donde D y principalmente I con importante dispersión de la amplitud de los cambios de su valor.

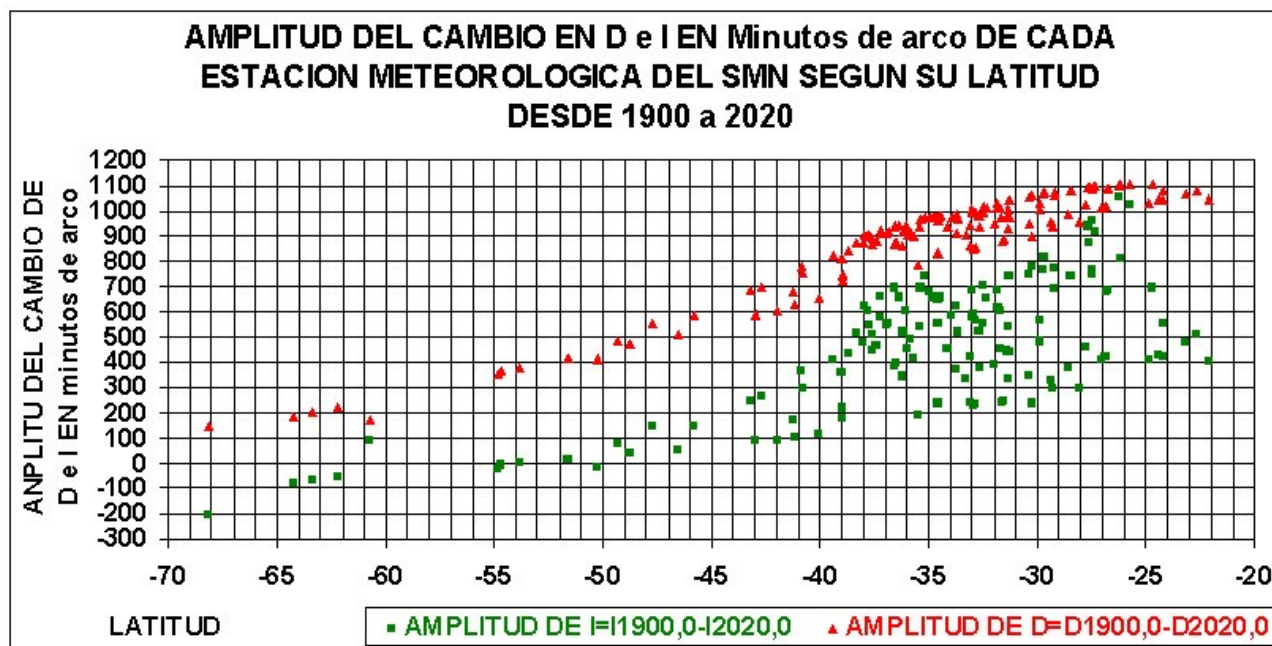


FIGURA 7

De la misma manera se tiene en la Figura 8 el cambio observado en F coincidiendo con lo expuesto en la Figura 3. Esto es indicativo que es posible evaluar en que época podría tener un valor casi nulo de F como un posible inicio a una multipolaridad del CMT. Dos grupos de estaciones meteorológicas son posibles identificar las que poseen latitudes comprendidas entre -20° y -40° y las que están comprendidas entre -40° y -70° cuya interpretación se muestra en la Figura 9

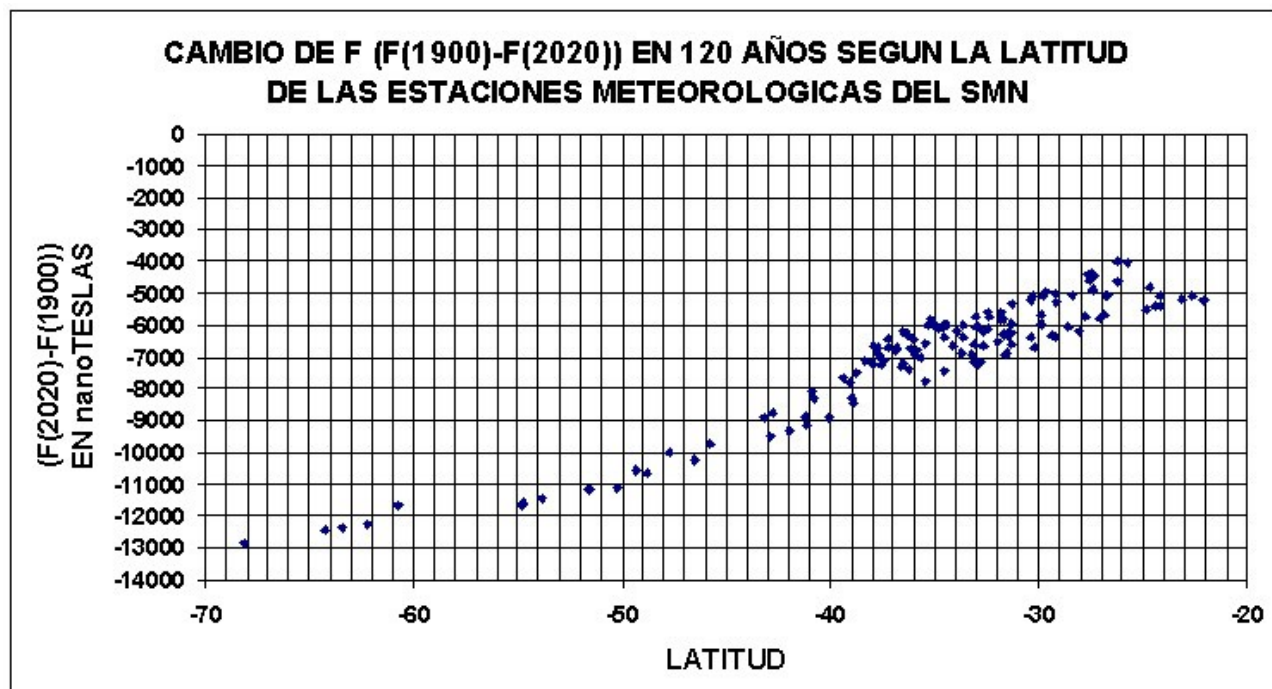


FIGURA 8

El cambio anual global de F en nT/año mostrado en la Figura 9, permite identificar que hay dos efectos sobre los valores calculados (véase <http://geomag.bgs.ac.uk/education/earthmag.html>) de F de las Estaciones Meteorológicas, una región de cambio anual positivo (círculo verde) que hace decrecer la tendencia de cambio y otra región que hace crecer el cambio (ovalado rojo).

RELACION ENTRE LAS ANOMALIAS DE VARIACION DEL IGRF12 Y DEL CAMBIO DE F EN LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL SMN. TENDENCIA A UNA MULTIPORALIDAD DEL CMT.

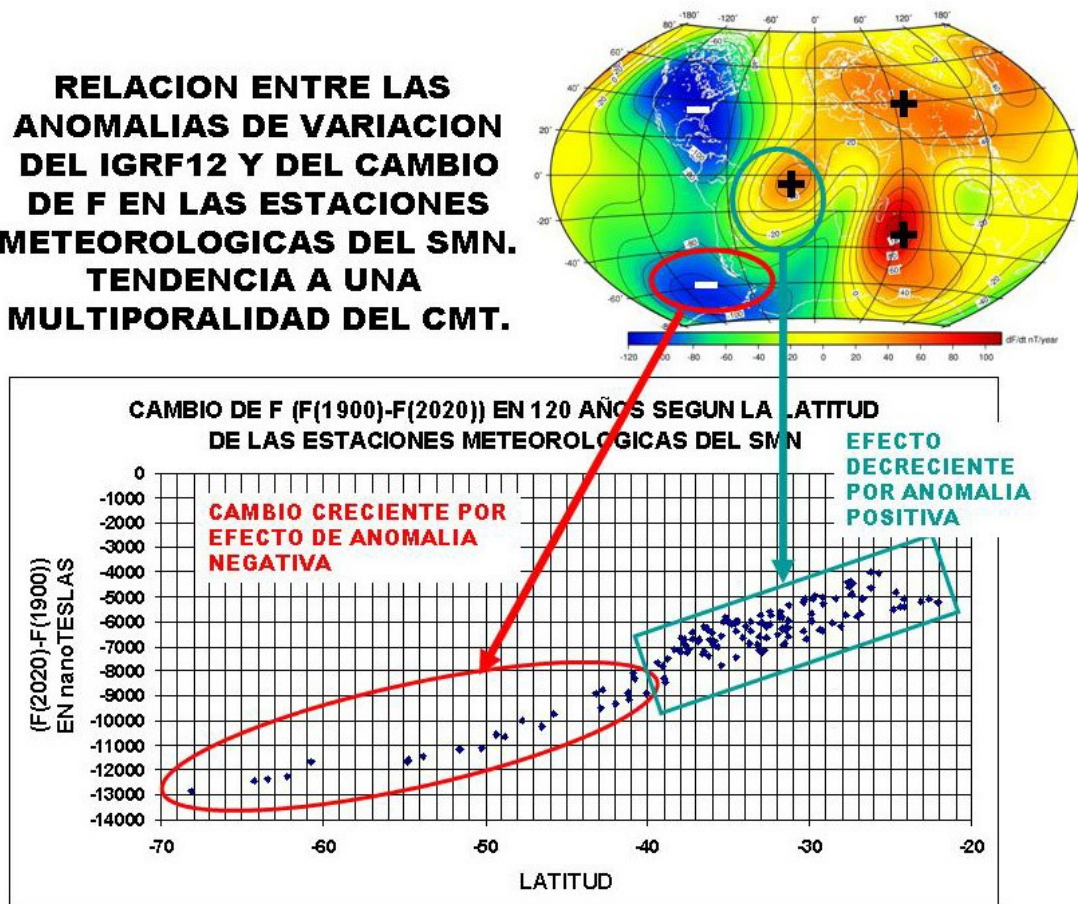


FIGURA 9

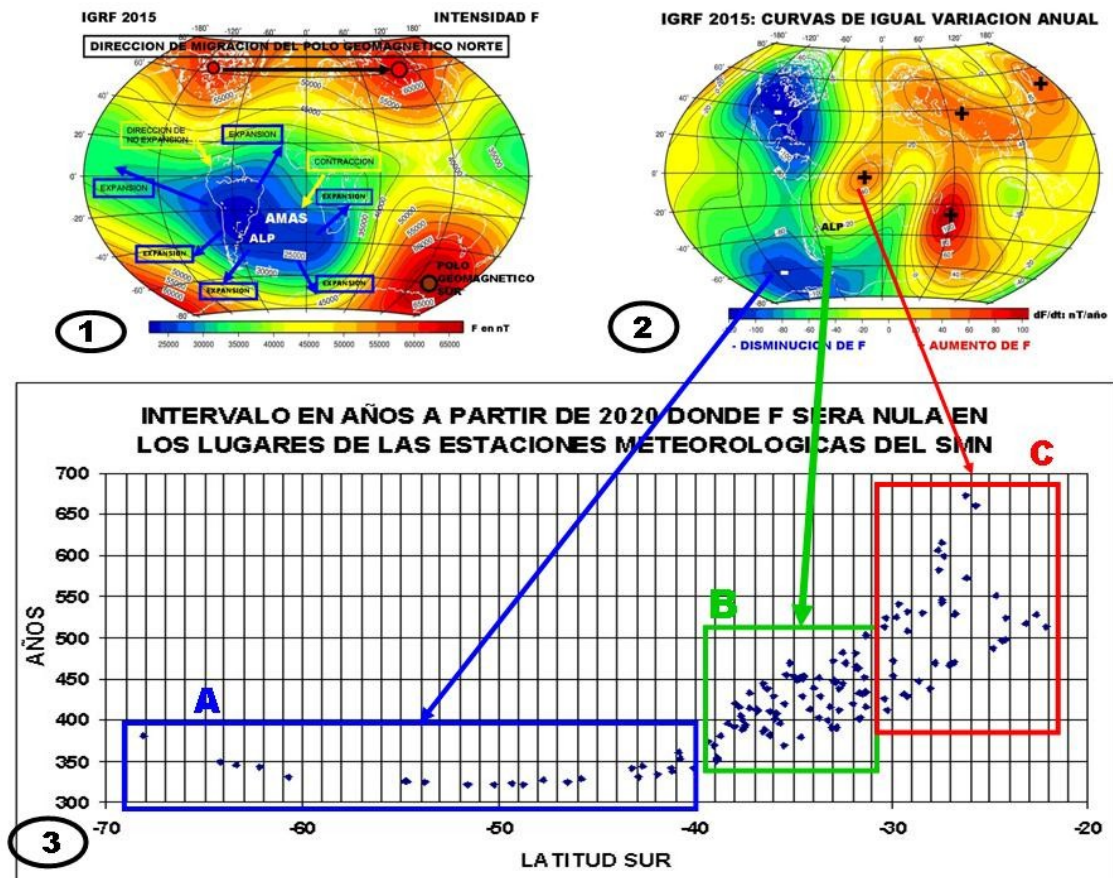


FIGURA 10

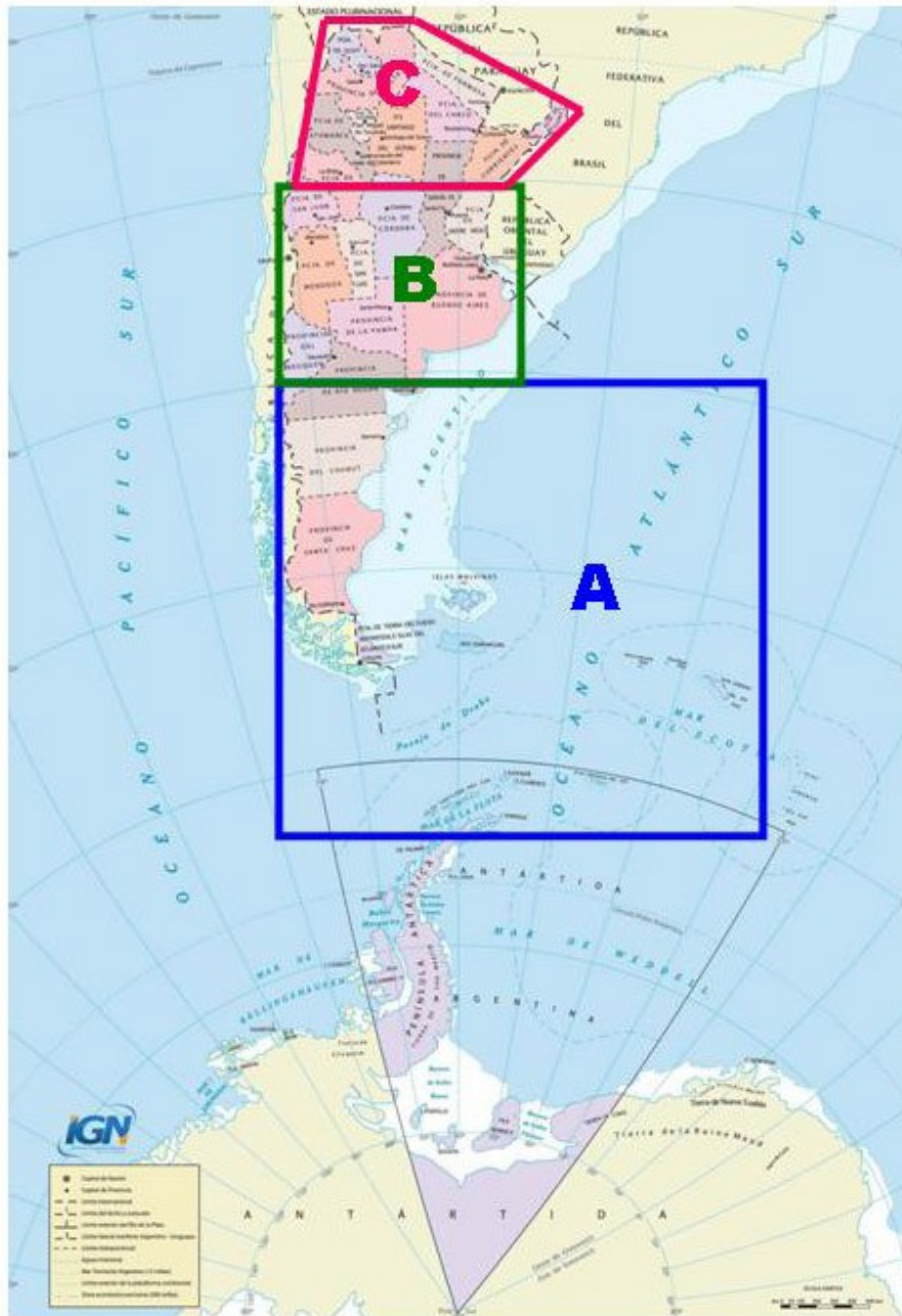


FIGURA 11

Considerando que el cambio en 120 años pueda ser evaluado como un indicativo para la determinación lineal de cambio por año, es posible la estimación del tiempo necesario para que F sea nulo o mínimo, cuyo resultado se muestra en la Figura 10 y 11. En ella y con más detalle se presentan las curvas isodinámicas de F (parte 1 de la Fig.10) determinadas por el IGRF (MIGR) versión 12 para 2015 donde se identifica además la tendencia de migración del polo geomagnético norte, la intensificación de la intensidad del polo geomagnético sur ($\approx 69.000\text{nT}$) comparativamente con el norte ($\approx 60.000\text{nT}$), y la AMAS con valores muy por debajo de lo esperado para un campo dipolar ($\approx 22.800\text{nT}$). La parte 2 de la Figura 10 muestra las regiones y curvas de igual variación anual (llamadas isóporas) donde se observa dos regiones bien delimitadas con variaciones positivas y la otra negativa (Fig. 9) y una tercera región intermedia, relacionadas con la identificación con mayor detalle con la parte 3, intervalo temporal de minimización de F en función de la latitud de las Estaciones Meteorológicas. En lo referente a dicho tiempo futuro de tendencia a la nulidad o minimización de la intensidad F , se marcaron una región A (Patagonia y Región Antártica) indicando un tiempo de 300 a 350 años, una región B (Región Pampeana) con tiempo de 350 a 500 años y la región C (con características de posibles efectos geodinámicos

producidos por la subducción de la placa de Nazca) la cual muestra un aspecto de gran variabilidad con un intervalo entre 400 a 700 años (Figura 11).

CONCLUSION. La red de Estaciones Meteorológicas del SMN fue elegida como referente, para este estudio y para conocer su estado frente a la evolución del CMT representado por su modelo MIRG (IGRF) versión 12. Los resultados muestran la importancia de conocer, estimativamente el valor de D , I , y F y sus cambios en 120 años como lugares precisos de utilización y como posibles puntos de observación tales como EMR (Estaciones Magnéticas de Repetición).

REFERENCIA.

Merrill, R, T.; McElhinny, M. W. and P. L. Mcfadden. (1998) The Magnetic Field of the Earth. Academic Press. San Diego. ISBN 9780124912465. 527pp

JULIO CESAR GIANIBELLI

MARIA INES GIL

10 de AGOSTO de 2018.