

ESTIMACION DE LA ACTIVIDAD GEOMAGNETICA EN OBSERVATORIOS PERMANENTES Y ESTACIONES BASE MAGNETICAS.

Julio César Gianibelli¹ y Nicolás Quaglino¹

¹Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata. Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata – Argentina.

E mail: jcg@fcaglp.unlp.edu.ar

RESUMEN

Las técnicas para determinar los denominados 5 días más quietos Q en un mes calendario (por Quiet, quietos) provistos por la IAGA (Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía) se encuentran basados en criterios arbitrarios en la determinación de intervalos de perturbación en la conexión Sol-Tierra. En la actualidad los Observatorios Magnéticos Permanentes y Estaciones Base, de registro digital, permiten una evaluación de la selección de días calmos de mejor resolución que los registros clásicos basados en magnetogramas soportados en papel o criterios de evaluación de índices tri-horarios. A este fin se aplica la norma L1 para determinar un índice que llamaremos PIF, sobre los registros digitales diarios cada 1 minuto de la intensidad total F en nT del campo magnético. Como resultado de esta metodología se determinan los niveles de baja actividad en los observatorios de la región de la Anomalia Magnética del Atlántico Sur (AMAS). Se compara la magnitud del índice PIF diario y se analizan los niveles de mínima actividad. El resultado muestra como ejemplo para el año 2007 la evolución del índice PIF y la cantidad de días calmos en dicho año notablemente superior a los 60 días seleccionados por la IAGA. De esta manera su aplicación en la determinación de la variación solar calma es más precisa. Como extensión de esta metodología se presenta también un análisis de los registros de estaciones base digitales que son utilizadas para la corrección de relevamientos magnéticos para determinar los intervalos de menor actividad y mejorar dicha corrección.

Palabras claves: Observatorios Magnéticos, AMAS, índice, variación diurna, días calmos, estaciones base.

INTRODUCCION.

La determinación de los 5 días más quietos en un mes es un criterio arbitrario que en realidad no contempla en la actualidad la información obtenida por las constelaciones de sondas de observación del viento solar y de la magnetosfera, en su incorporación para la detección de intervalos calmos en los registros del Campo Magnético Terrestre (CMT) en la superficie terrestre. Los observatorios permanentes de la red Intermagnet proveen por ejemplo, para el intervalo del ciclo solar 23 y el actual los valores de los elementos geomagnéticos absolutos, determinados en superficie cada 1 min., en T.U. Gianibelli y Quaglino (2008) demostraron que los niveles nocturnos (denominados Niveles de Referencia Nocturno: NRN) de los días Q mostraban una relación fuerte con el ciclo solar para los datos digitales registrados en el Observatorio Magnético de Trelew, indicando que los días Q en el máximo del ciclo solar no son Q. La técnica usada consistió determinar la tendencia secular representada por un polinomio de orden 1 y el

residuo analizarlo por análisis espectral no lineal. La simulación o reconstrucción del residuo se efectuó con los siguientes periodos detectados de 11.38, 4.88, 1.71, 1.0, 0.73, 0.5 y 0.1 años, con amplitudes de 6.84, 1.41, 1.48, 4.26, 1.32, 1.31, y 0.83 nT (nanoTeslas) para cada periodo respectivamente. Las fases de cada onda resultaron ser de $1^\circ.12$, $128^\circ.46$, $195^\circ.07$, $104^\circ.36$, $133^\circ.11$, $104^\circ.22$, y $33^\circ.55$. Estos resultados muestran la importancia de la onda de periodo solar y la onda anual quedando la onda semianual con una pequeña amplitud por ser el intervalo nocturno el analizado exclusivamente. La Figura 1 muestra estos resultados.

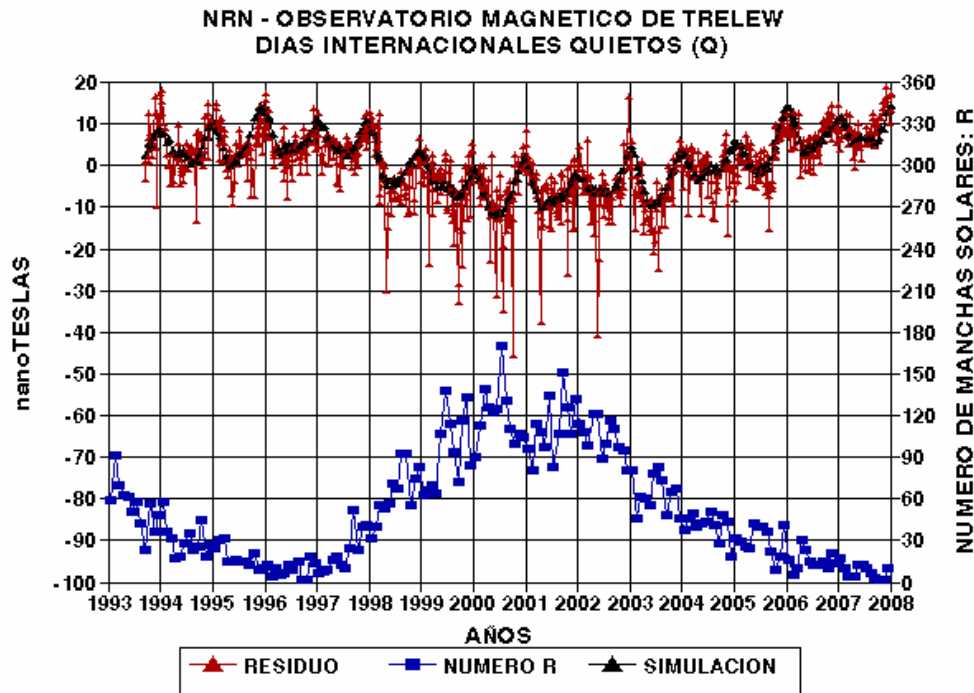


FIGURA 1

La disminución del NRN, desde 1998 hasta 2005.8 muestra el efecto de la actividad solar y por ende el efecto de la corriente anillo en el lado nocturno de la tierra. Estos resultados impulsaron a desarrollar un índice de aplicación rápida sobre la intensidad total del Campo Geomagnético registrado en forma digital en Observatorios Magnéticos Permanentes (OMP), por lo menos cada 1 minuto y para toda la Tierra, denominado P1F (Gianibelli y Quaglino 2009). El Campo Magnético de la Tierra determinado en los OMP, contienen los aportes de las fuentes situadas en el Núcleo externo de la Tierra, en la corteza y en la cavidad magnetosférica, incluyendo los procesos de inducción que esta última produce sobre la Tierra sólida e hidrósfera. A partir de estas determinaciones absolutas, es posible separar los campos producidos en el interior de la Tierra y los producidos en la cavidad magnetosférica, por procesos de movimientos colectivos de partículas, electrones, protones e iones, en diferentes escenarios tales como la ionósfera, plasmaesfera, cola de la magnetósfera, magnetopausa, y casquetes polares (Pröls 2004, Kallenrode 2004), cuyos efectos son determinados por diferentes índices de actividad. La magnitud de los campos de origen externo frente al campo producido en el núcleo externo de la Tierra (denominado campo principal) y la corteza, es menor que el 5% de

la magnitud total observada. El campo principal y su distribución (Gauss, 1839) sobre la superficie de la Tierra puede ser representado por un desarrollo multipolar, siendo el mas importante el del orden 1 que representa el dipolo magnético, (Chapman and Bartels, 1940; Langel 1987, Langel 1995; Merrill et. al. 1996). Estos porcentajes permiten estimar para un campo principal de 60000nT en las regiones polares, valores de campo de origen externos de aproximadamente 3000nT mientras que para región Ecuatorial con un campo principal de 30000nT, variaciones del orden de 1500nT. Sin embargo el campo Magnético de la Tierra no se comporta como un dipolo, por el contrario, tiene aportes de orden superior denominado “aportes multipolares” (Lowrie 2011). Los desarrollos hasta el orden 10 representan el IGRF (Internacional Geomagnetic Reference Field) y sus coeficientes son suministrados y actualizados cada 5 años por la IAGA (Internacional Asociation of Geomagnetism and Aeronomy) que reflejan la evolución de una gran región anómala, denominada Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS), en las cartas isodinas de la Intensidad Total F del CMT con valores menores a los esperados si el campo fuera solo dipolar.

El objetivo de este trabajo es el análisis de la relación del índice PIF determinado en el OMP de Trelew, con parámetros del viento solar, y con el índice determinado en los OMP de la AMAS (Fig 2): Kouru (KOU), Huancayo (HUA), Vassouras (VSS), Hermanus (HER), Las Acacias (LAS) y Trelew (TRW).

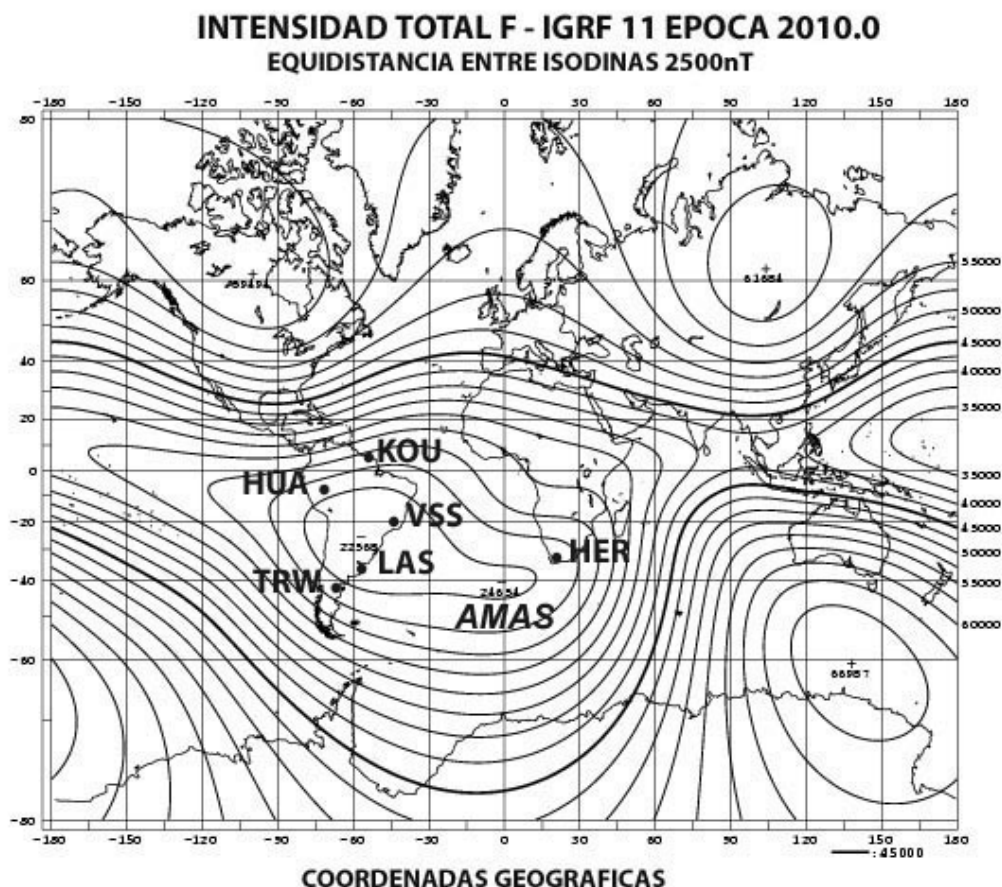


FIGURA 2

Asimismo otro objetivo importante es la aplicación de la determinación del índice P1F a Estaciones Base Magnéticas (EBM) utilizadas en los relevamientos magnéticos superficiales, marítimos, aéreos y satelitales para la corrección por variación diurna, con la finalidad de observar la actividad y determinar los días o intervalos calmos.

El índice P1F, a diferencia del índice K que se determina en forma tri-horaria, no depende de una escala cuasi-logarítmica predefinida y de la utilización los registros de los elementos de la Componente Horizontal y la Declinación magnética de OMP que se encuentren entre latitudes comprendidos $+70^\circ$ y -70° , utiliza la intensidad del CMT y mediante la ecuación 1 puede evaluarse desde intervalos horarios, diarios o mayores sobre todo el globo terrestre.

$$P1F_{\text{INTERVALO DE K MUESTRAS}} = \sum_1^K \left| F(t_j) - \langle F_{1H}(t_j) \rangle \right| \quad \text{ECUACIÓN 1.}$$

Donde K es el intervalo de muestras en la que se evalúa el índice el cual para este estudio es de 1440 muestras que corresponden a un día (Gianibelli y Quagliano 2009).

ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

Para el análisis de la respuesta del índice P1F respecto de los parámetros solares, se evaluaron la Velocidad (V) e Intensidad Total (B_T) y componente Bz con dirección sur ($B_{Z\text{sur}}$) del campo magnético interplanetario, determinado por la sonda ACE, ubicada en el punto de libración gravitacional L1 entre la Tierra y el Sol, distante a 1.5×10^6 km de la Tierra. Se conformaron los siguientes valores promedio por rotación solar de 27 días caracterizada por el número de Bartels: $V \cdot B_T$, $V \cdot B_{Z\text{sur}}$ y del índice P1F desde 1998 hasta 2009 como se muestra en la Figura 3.

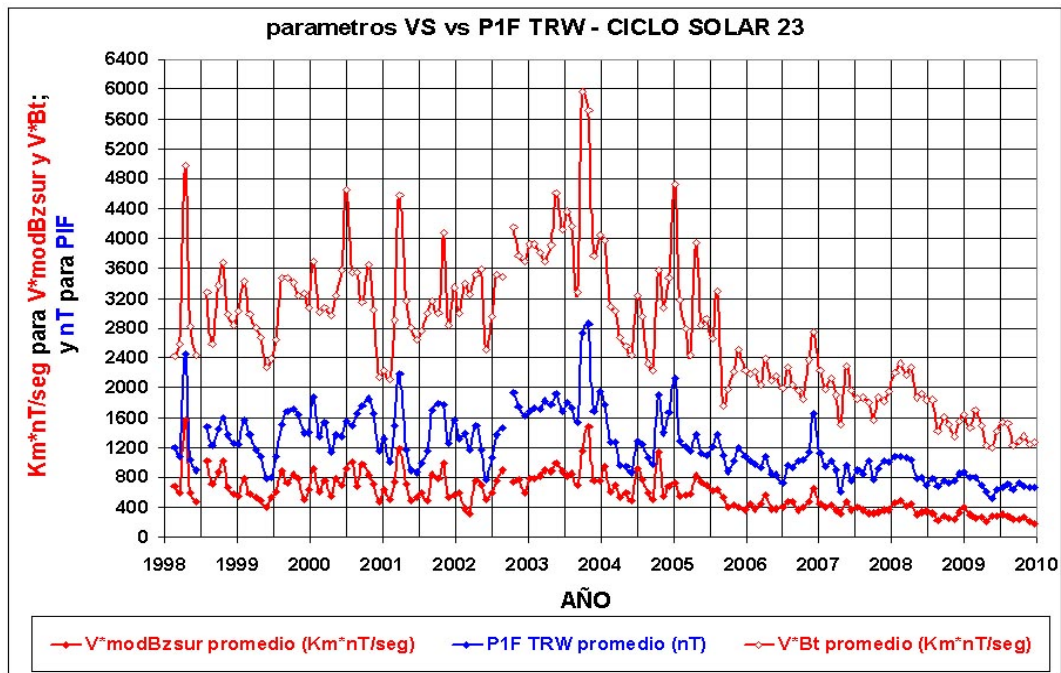


FIGURA 3

Por otra parte se determinó el nivel en 700nT para la calificación de calmo para un día cualquiera en el OMP de TRW. Para ello se calculo el índice P1F para los 5 días Q de la IAGA y el valor para todos los días de TRW. La figura 4 muestra la distribución de la cantidad de días para cada intervalo de 100nT en P1F. Establecido este nivel fue posible observar la gran cantidad de días calmos existentes en los años de 2006, 2007 y 2008 (Figura 5). El año 2009 prácticamente fue totalmente calmo según el índice P1F como se muestra en la Figura 3, con una muy baja actividad del viento solar, sin embargo los días Q solo suman 60 para el 2009 según la IAGA. Esta técnica puede ser aplicada a los datos digitales de cualquier observatorio y determinar los niveles de efectos de los sistemas de corrientes equivalentes residentes en la magnetopausa, magnetosfera , cola de la magnetosfera y casquetes polares.

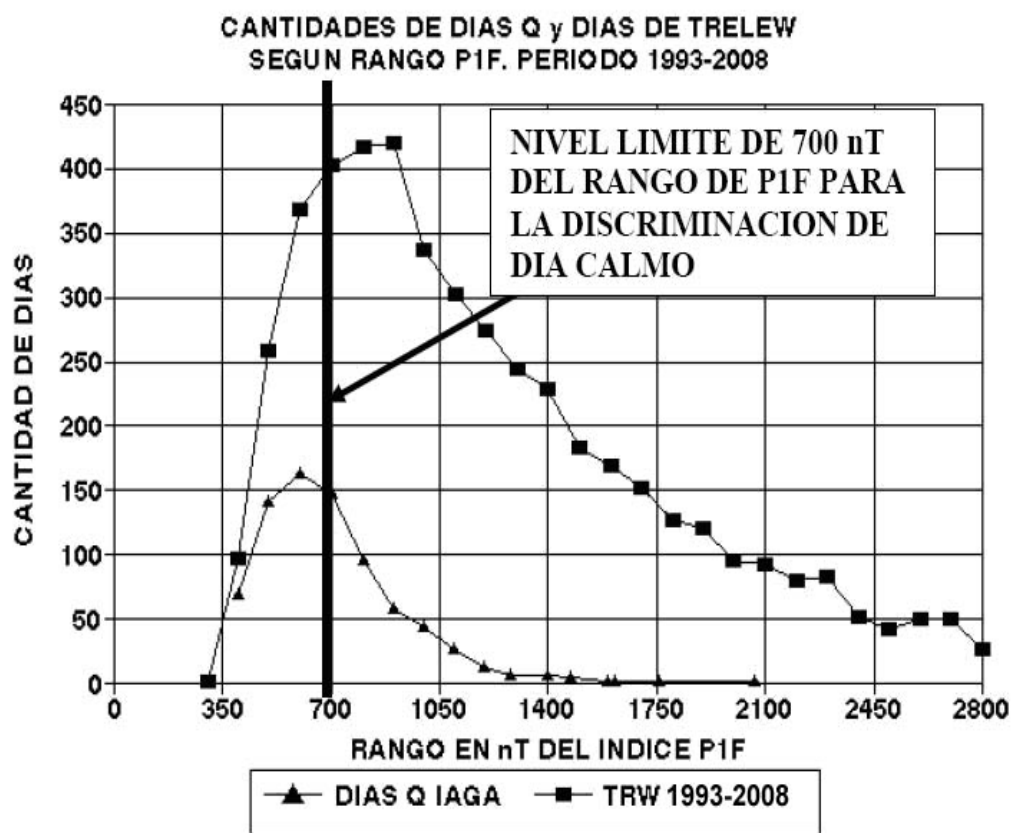


FIGURA 4

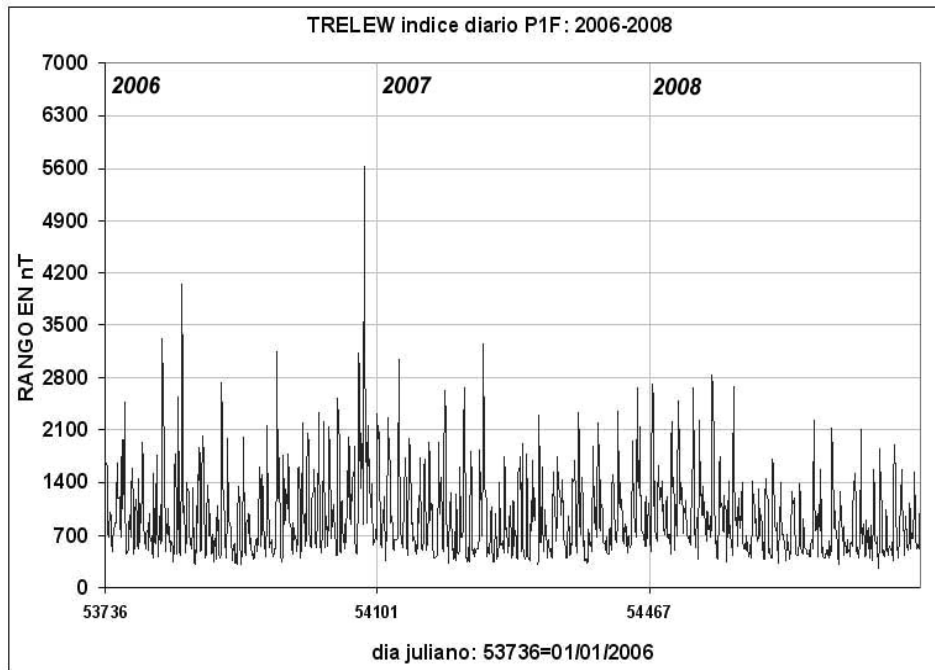


FIGURA 5

La ubicación de los Observatorios de la Figura 3, tienen una relación muy importante con respecto a la AMAS, pero también en la clasificación de las regiones o zonas donde se tiene distintas características de los sistemas de corrientes equivalentes de origen externo (Campbell 1997), estos observatorios ocupan las zonas de latitudes ecuatoriales y medias del norte y sur como se observa en la Figura 6.

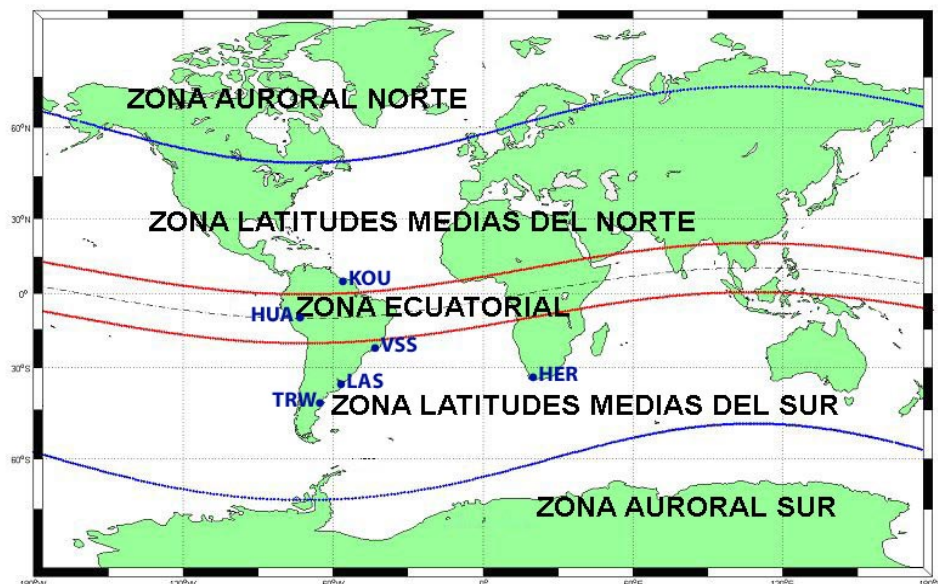


FIGURA 6

Se selecciono el año 2008 y se calculó el índice P1F para todos los días de los OMP de KOU, HUA, VSS, HER, LAS y TRW con la finalidad de observar las relaciones de la actividad respecto de la determinada en TRW y hallar funciones de relación. Los resultados muestran que se desprende una linealidad entre todos los observatorios respecto de TRW mostrándose en la Figura 7 con su correspondiente función lineal.

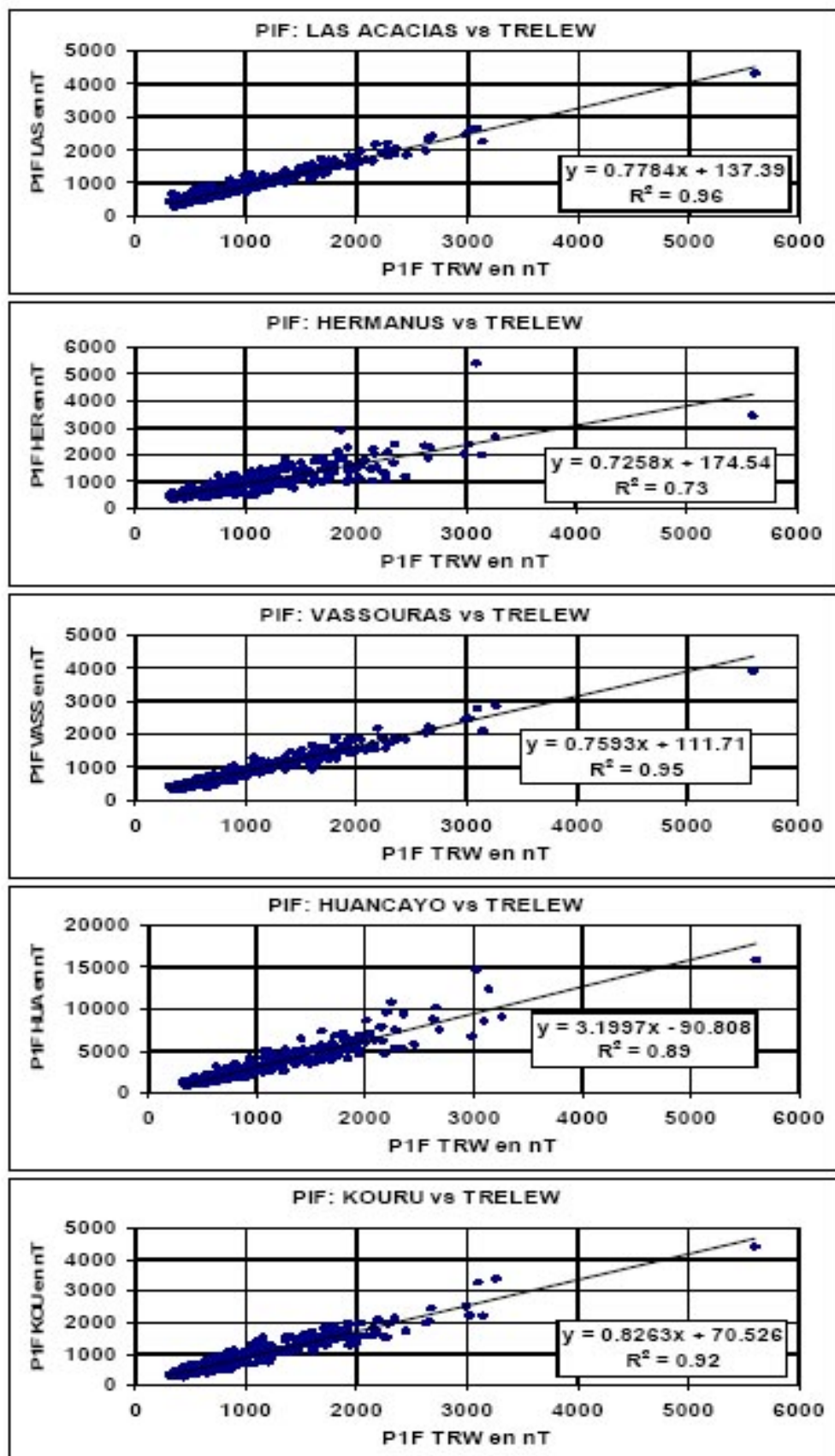


FIGURA 7

El cuadrado de los coeficientes de correlación ($0.96 < R^2 < 0.73$) indican una muy buena relación lineal entre la actividad de los OMP. La utilidad del índice P1F para la detección de los días calmos de los Observatorios y también del nivel máximo para dichos días calmos en cada Observatorio, resultó ser de 640nT para KOU y VSS, de 680nT para LAS y HER, de 700nT para TRW y de 2100nT para HUA por estar debajo del Electrochorro Ecuatorial (Campbell 1997).

Estos resultados facilitan la aplicación de la metodología para determinar la actividad magnética en EBM. La EBM instalada en Villaguay, Provincia de Entre Ríos por el Servicio Geológico Minero Argentino permitió analizar comparativamente con el OMP de LAS las variaciones magnéticas registradas que se muestran en la Figura 8.

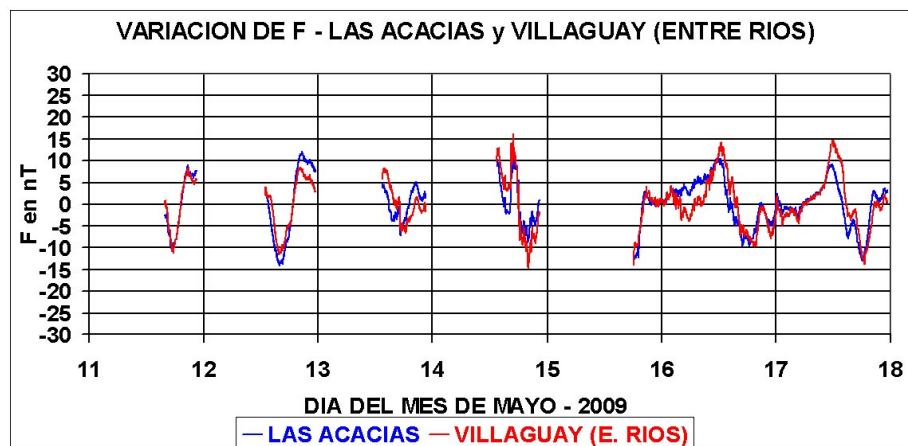


FIGURA 8

Se observa que existen similitudes entre las variaciones relativas de LAS y la EBM de Villaguay. Uno de los aspectos determinantes es el cálculo del índice P1F en los intervalos de registro en días de registro incompleto y día completo (Mayo 16-2009) y observar que existe un comportamiento lineal similar al comparado entre los OMP. El resultado se tiene en la Figura 9

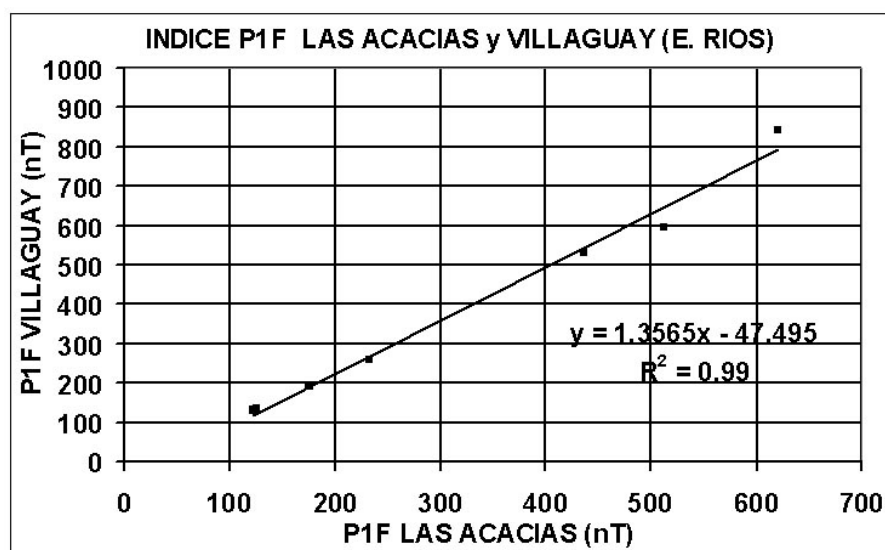


FIGURA 9

CONCLUSION

La determinación de los 5 días Q y su utilidad en los análisis de valores magnéticos absolutos y relativos de OMP y EBM involucra ondas de origen solar y que no permiten análisis comparativos en diferentes épocas de un ciclo solar o entre ciclos solares. Por ende las variaciones diurnas quietas mediante este criterio arbitrario, no permite una adecuada determinación de las amplitudes. El índice P1F puede ser determinado sobre todos los OMP y EBN instalados sobre la superficie terrestre. Finalmente facilita alternativas de selección de días Calmos, determinando escalas lineales de valores en nT sobre la magnitud de la intensidad total F del CMT para la determinación de las variaciones Lunisolares en intervalos realmente calmos.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Gianibelli y N. Quaglino. 2008. Evolución Durante el Ciclo Solar 23 de los Niveles de Menor Actividad de la Variación Diurna para la Corrección de los Relevamientos Magnéticos. *Actas del XVII Congreso Geológico Argentino-2008*. Tomo III. Pp. 1089-1090
- [2] [11] J. C. Gianibelli y N. Quaglino. 2009. La Actividad del Campo Magnético Terrestre y la Determinación de los Días Calmos. *XXIV Reunión Científica de la AAGG 2009 Actas* pp. 261-267. <http://www.aagg2009.org/espanol/contents/trabajos>
- [3] G. W. Pröls. 2004. *Physics of the Earth's Space*. Environment Springer-Berlin pp. 1-533.
- [4] M. B. Kallenrode. 2004. *Space Physics 3rd ED*. Springer-Berlin pp. 1-484.
- [5] C. F. Gauss. 1839. *General theory of terrestrial magnetism* . pp 184-251 in scientific memoirs selected from the transactions of foreign academies and learned societies and from foreign journals , Vol. 2. Taylor R. (editor). Translation into English by Mr. Sabine, revised by Sir John Herschel .
- [6] S. Chapman and J. Bartels. 1940. *Geomagnetism Vol I, and Vol II* Oxford University Press. London.
- [7] R. A. Langel. 1987. *Main Field in Geomagnetism*. ED by Jacobs J. A. Academic Press N. Y., VOL I, pp 249-512.
- [8] R. A. Langel, R. T. Baldwin and A. W. Green. 1995. Toward and Improved Distribution of Magnetic Observatories for Modeling of the Main Geomagnetic Field and Its Temporal Change. *J. Geomag. Geoelectr.*, 47, 475-508.
- [9] R. Merrill, M. W. Mc Elhinny and P. L. Mc Fadden . 1996. *The Magnetic Field of the Earth*, Academic Press.
- [10] W. Lowrie. 2011. *A Student's Guide to Geophysical Equations*. Cambridge University Press. Cambridge. Pp. 198-226
- [12][13] W. Campbell. 1997. *Introduction to Geomagnetic Fields*, Cambridge University Press. Cambridge. Pp 1-337