

Red de observatorios magnéticos para el monitoreo del Campo Magnético Terrestre

Farias, Camila¹. Gil, María Ines². Cariaga, María Laura². Gil, Juan². Soria, Milton²

¹ Coord. Área Geofísica Servicio Meteorológico Nacional. ² Área Geofísica. Servicio Meteorológico Nacional

Abstract. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) realiza mediciones del Campo Magnético Terrestre (CMT) desde hace más de un siglo, en sus Observatorios Magnéticos en Pilar (PIL), Córdoba y Orcadas del Sur (ORC) en la Antártida, desde 1904, junto con la estación Magnética Cipolletti (CPL) en Río Negro desde 2015. Ambos observatorios son miembros y reportan datos diariamente a la Red Internacional de Observatorios Magnéticos en Tiempo Real (INTERMAGNET). Los observatorios magnéticos desempeñan un papel fundamental al monitorear el CMT y su interacción con el entorno espacial, proporcionando datos sobre tormentas geomagnéticas y detectando eventos de actividad solar, que pueden afectar a las comunicaciones, los satélites, la actividad aeronáutica y las redes eléctricas. Los datos de los observatorios magnéticos ayudan a crear modelos predictivos sobre estas interacciones, permitiendo una mejor preparación para mitigar los efectos de eventos espaciales extremos.

1. Introducción.

Geomagnetismo es la disciplina que estudia el Campo Magnético Terrestre (CMT), su variación temporal y espacial; mediante el monitoreo de una o varias de las componentes del CMT en un punto de la superficie terrestre.

El Servicio Meteorológico Nacional desarrolla tareas en esta temática desde hace más de cien años. Las primeras observaciones magnéticas fueron realizadas en el Observatorio Astronómico de Córdoba durante la campaña magnética de 1882-1883. Luego, entre 1884 y 1895 se realizaron observaciones magnéticas en unos veinte puntos de la provincia de Córdoba. Recién en 1904, después de la creación de una Sección Magnética Nacional, bajo la dirección de la oficina Meteorológica Argentina, se iniciaron las campañas de observaciones, al efecto de confeccionar mapas isomagnéticos (líneas que unen puntos de igual intensidad de campo magnético) del país. En ese año fue instalado y comenzó a funcionar el Observatorio Magnético de Pilar, Córdoba y ese mismo año la Oficina Meteorológica Argentina se hizo cargo del Observatorio Magnético de la isla Laurie, Antártida.

Actualmente ambos Observatorios son miembros de la Red INTERMAGNET, que es la red que nuclea a todos los observatorios magnéticos a nivel mundial que operan bajo una serie de normas y estándares de medición.

Se ha sumado hace unos años una estación magnética en el SMN en Cipolletti, Neuquen.

El geomagnetismo es quizá la disciplina de las ciencias de la Tierra que ha tenido una trayectoria más larga, no sólo por la curiosidad que suscitó en la antigüedad la habilidad de la calamita para apuntar al norte, sino por la importancia histórica que ha tenido para la navegación, primero, y para la exploración del interior de la Tierra y de la relación de esta con la actividad solar, después. Por ello hoy en día es un tema extremadamente amplio y multidisciplinario y desde aquí daremos una mirada a su importancia y al desarrollo que se está llevando a cabo desde nuestro Organismo, el Servicio Meteorológico Nacional.

2. Campo magnético terrestre (CMT)

El campo magnético (CM) de la Tierra, también conocido como campo geomagnético, es el campo magnético que se extiende desde el interior de la Tierra hacia el espacio (Fig.1), donde se encuentra con el viento solar (corriente de partículas cargadas que emanan del Sol).

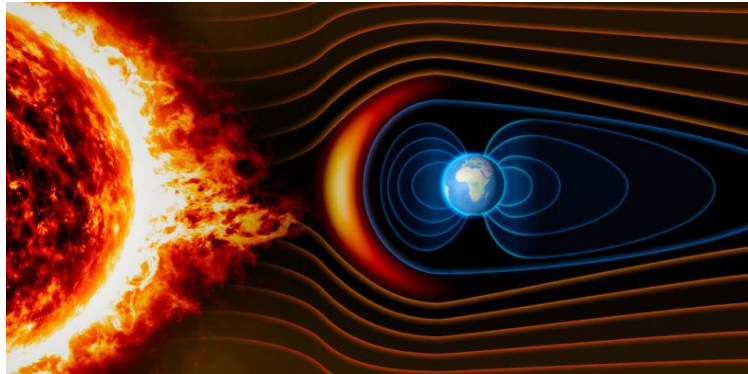


Fig. 1. Esquema de la interacción de los campos magnéticos Sol - Tierra

El viento solar arrastra consigo el campo magnético solar, al que se refiere campo magnético interplanetario. Eventos eruptivos que tienen lugar en el Sol (fulguraciones, eyecciones de masa coronal, etc.) liberan cantidades enormes de plasma y energía que viajan por el medio interplanetario. Cuando estas condiciones perturbadas llegan a la magnetosfera terrestre desencadenan una serie de cambios a nivel global desde la magnetosfera externa a la ionosfera y atmósfera, pudiendo afectar a las comunicaciones, los satélites, la actividad aeronáutica y las redes eléctricas.

Nuestro campo magnético se crea en el núcleo exterior de la Tierra y allí es aproximadamente 50 veces más fuerte si lo comparamos con la superficie.

El CM es una magnitud vectorial, tiene modulo, dirección y sentido (Fig. 2) es importante tener en cuenta que el CM varia en tiempo y espacio; protegiendo a la Tierra del daño causado por el viento solar; gracias a él, solo podemos percibir el viento solar a través de fenómenos como la aurora y las tormentas geomagnéticas (solo cuando el viento solar es muy fuerte). Sin este escudo magnético, el viento solar despojaría a la atmosfera terrestre de su capa de ozono, la cual protege la vida contra la radiación ultravioleta, no tendríamos atmosfera, y sin atmosfera las temperaturas en la Tierra variarían de forma similar a las temperaturas de la Luna, desde 123 °C en el hemisferio que pasa frente al sol y -153°C en el hemisferio sombreado. Además el hombre ha podido usar la brújula para orientarse desde el siglo XII gracias al CM; y los animales, incluidas las aves y las tortugas, pueden detectar el campo magnético de la Tierra y usarlo para navegar durante la temporada de migración.

El campo magnético también es utilizado por los geólogos para estudiar las estructuras de rocas subterráneas. Por lo general, los topógrafos geodésicos buscan yacimientos de petróleo, gas o minerales.

En resumen, la presencia de un campo magnético es necesaria para que en cualquier planeta, en cualquier Sistema estelar, se origine y se sustente la vida. De ahí que se tome como un parámetro importante para buscar vida en otros planetas.

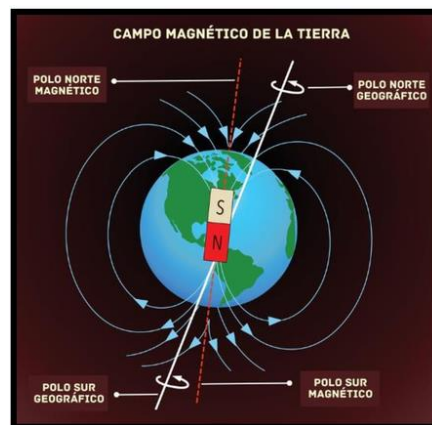


Fig. 2. Esquema de la configuración del CMT.

3. Observatorios geomagnéticos, instrumentos y estándares

El campo geomagnético y su variación son esencialmente fenómenos globales y para describirlos adecuadamente es preciso tener una serie global de medidas distribuidas tan uniformemente como sea posible. Estos datos, que son la base de cualquier estudio en geomagnetismo, se derivan de observaciones realizadas en Observatorios Magnéticos.

Hoy hay alrededor de 122 observatorios magnéticos alrededor del mundo en operación actualmente. El SMN cuenta con 2 de estos Observatorios, los únicos operando hoy en Argentina. Ambos tiene un registro de más de 100 años de estas

mediciones, ellos son el Observatorio de Pilar, Córdoba y en Base Orcadas Antártida, desde que ambos fueron emplazados en 1904. Posteriormente, en 2015, se instaló una Estación magnética en Cipolletti y además durante el verano se registran datos en distintas estaciones antárticas donde el SMN tiene presencia, Bases Esperanza, Marambio, Petrel, Carlini y San Martín (Fig. 3)

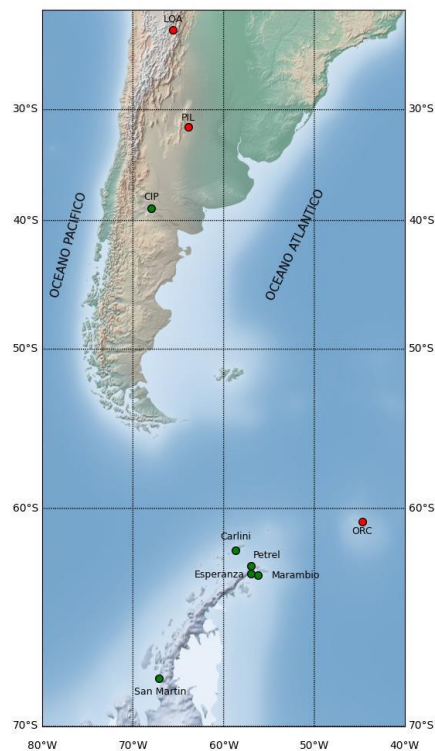


Fig. 3. Ubicación de los observatorios y estaciones magnéticas del SMN

Actualmente al Área Geofísica del SMN, que tiene la coordinación en la Sede Central, dentro de la Dirección Central de Monitoreo del Clima (DCMC) y que al mismo tiempo pertenece a la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios (DNCIPS), le competen todas las tareas relacionadas a Geomagnetismo así como los Observatorios y/o estaciones magnéticas (Fig. 4).



Fig. 4. Observatorios y Estaciones magneticas del SMN

Los observatorios registran continuamente el campo geomagnético y sus variaciones temporales usando instrumentos (Fig.5) que registran los valores de las componentes de dicho vector campo.



Fig. 5. Teodolito magnetico (izquierda), Magnetometro de precesion protonica (centro) y Variometro y electronica (derecha)

Para referenciar las variaciones registradas a los valores absolutos del campo se realizan medidas periódicas regulares manuales, conocidas como observaciones absolutas, realizadas por personal calificado utilizando un teodolito magnético.(Fig.6)

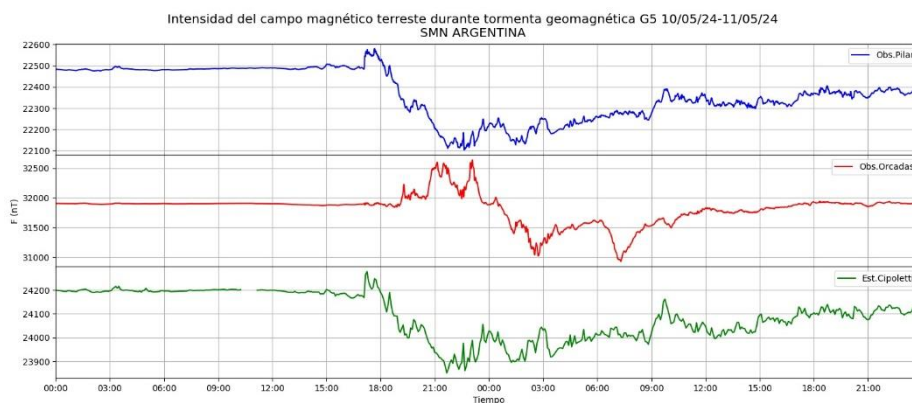


Fig. 6. Registro de Intensidad del CM durante una tormenta magnetica

Uno de los logros a destacar en el ámbito general de la instrumentación geomagnética es la creación a principios de la década de los noventa de la red INTERMAGNET (International Real-Time Magnetic Observatory Network - <http://www.intermagnet.org/>), que agrupa los observatorios magnéticos con registro digital, con el objeto de facilitar el intercambio de datos en tiempo real o casi real. Con ello, además, se facilita la adopción de estándares modernos para la instrumentación.

El SMN ingreso a esta Red en 2012, luego de un año de prueba, convirtiéndose en el único Organismo Nacional miembro activo de Argentina. (Fig. 7)

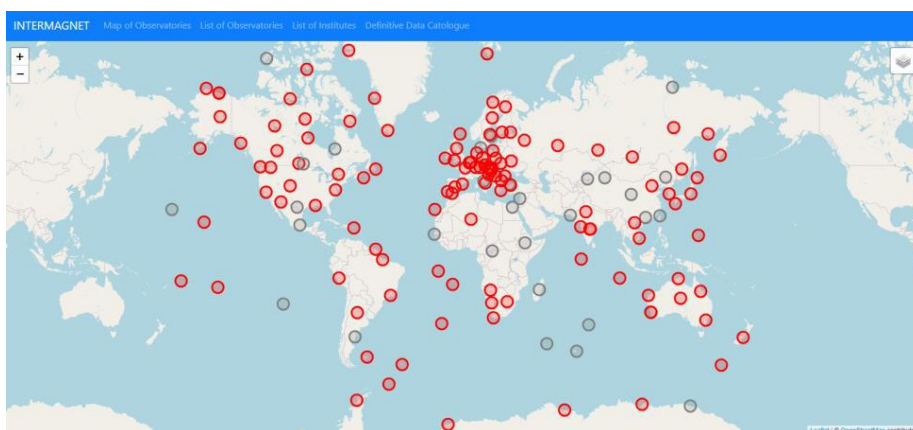


Fig. 7. Observatorios y Estaciones de registro magnético alrededor del mundo (Rojo -Activos y Gris – Inactivos)

El mayor problema a la hora de utilizar los datos de observatorio para una modelización global de la variación secular es la distribución de los mismos. Existe una adecuada cobertura en Europa, Norteamérica, el Este y Sudeste asiáticos pero la situación en el resto del mundo, particularmente en el hemisferio sur, deja mucho que desear, por lo mismo es tan importante mantener los observatorios en Argentina. Y esto queda demostrado con las estadísticas de descarga de nuestros datos, en estos últimos años, que se ha ido incrementado de manera exponencial (Fig.8)

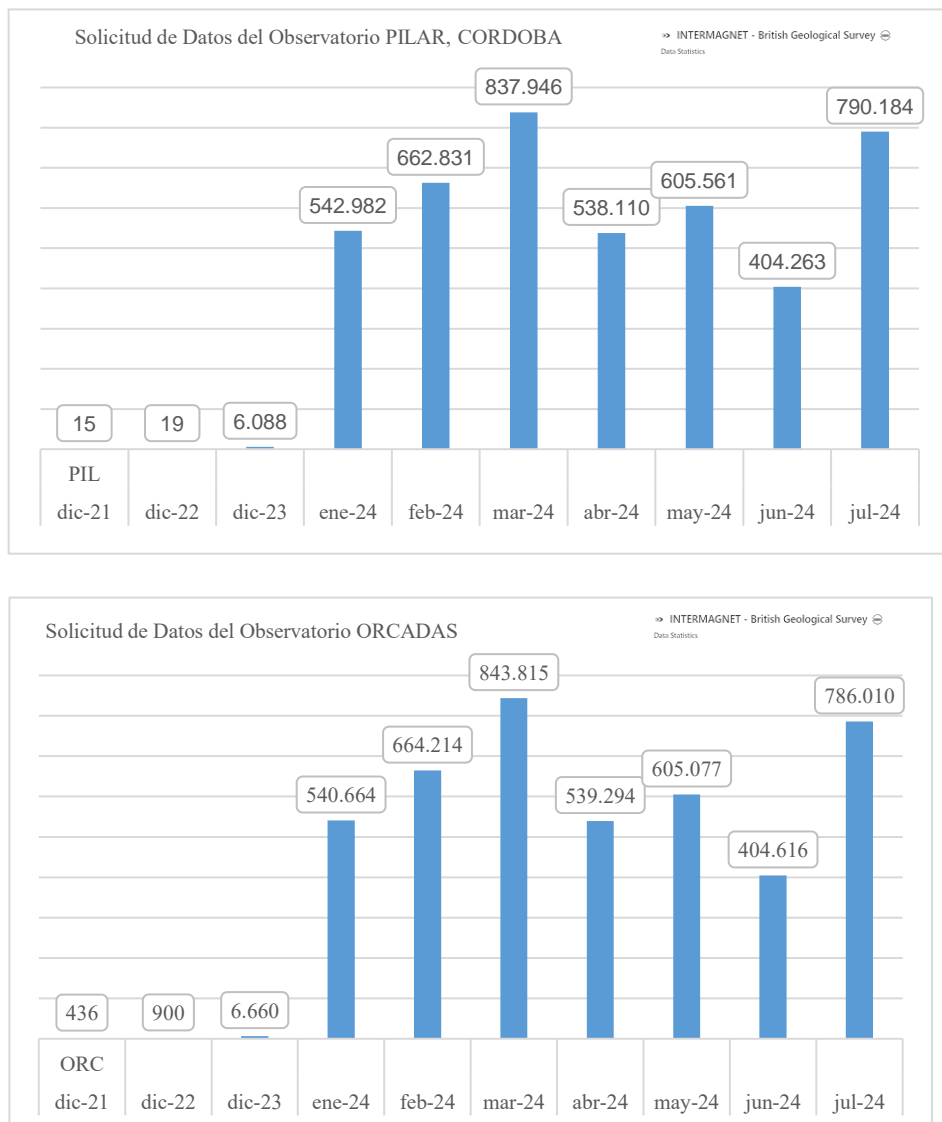


Fig. 8. Estadísticas de descarga de datos magnéticos de Observatorios del SMN

Los datos tomados diariamente son enviados a esta Red, contribuyendo a la obtención del modelo de CMT IGRF (Fig.9)

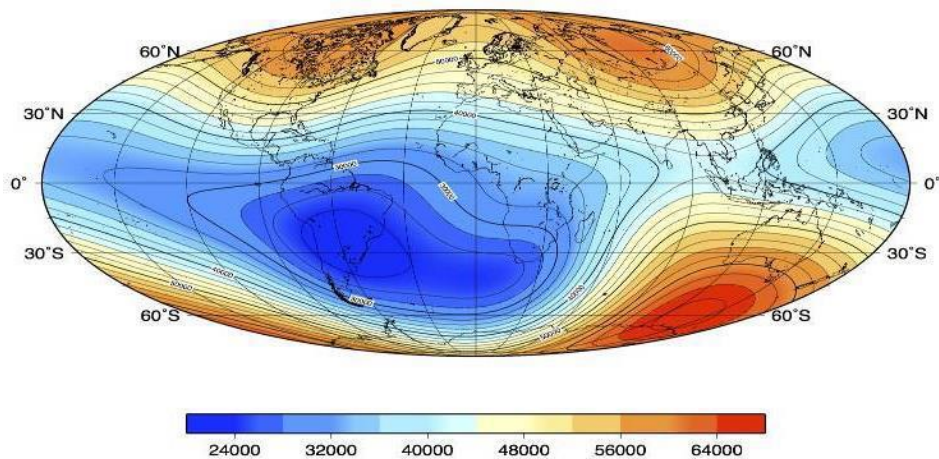


Fig. 9. Campo Geomagnético de Referencia Internacional IGRF

Se realiza un monitoreo diario del comportamiento del CM en nuestras locaciones, se mantiene un seguimiento de funcionamiento del instrumental digital como de las mediciones manuales y esto deriva en el análisis de las componentes magnéticas para el desarrollo de productos y/o marcación de parámetros de buena calidad del dato. Se realiza, además, un procesamiento anual de la información que permite la renovación de la membresía INTERMAGNET luego de que los mismos sean aprobados por equipos de expertos.

4. Conclusiones

El equipo interdisciplinario del Área Geofísica del SMN monitorea el CM, procesa y analiza datos magnéticos. Mantener la operatividad de los Observatorios y estaciones magnéticas es el desafío constante, con personal los 365 días del año.

Somos miembros de una amplia red global de Observatorios magnéticos, nuestra ubicación es estratégica y de importancia para el estudio de la evolución espacial y temporal del CMT, por lo mismo se realiza el seguimiento y control de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS) que presenta una inexplicable, aun, disminución en intensidad del campo magnético.

En el campo de la predicción es dónde mayores esfuerzos y recursos se están destinando últimamente, dentro del ámbito general de lo que se conoce como la meteorología espacial (Space Weather) que engloba el estudio de las condiciones en el espacio que puedan afectar a la actividad humana. Se han desarrollado mundialmente

diferentes servicios de alertas geomagnéticas y predicciones de actividad solar dirigidas a una amplia red de usuarios potenciales.

Sin embargo, es importante entender que los observatorios magnéticos no solo vigilan el campo magnético terrestre, sino que también contribuyen al entendimiento y predicción de la meteorología espacial, protegiendo así tecnologías modernas y la infraestructura crítica.

Referencias

1. Campbell, W. H. Introduction to Geomagnetic Fields (2nd Ed). Cambridge University Press. (2003)
2. Herraiz, M., et al. Geomagnetismo y Aeronomía. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas» (INTA) (2014).
3. Hulot, G., A. Balogh, U. R. Christensen, C. Constable, M. Manda, N. Olsen (Eds), Terrestrial Magnetism.. Space Science Reviews Vol 155, 1-4: (2010)
4. Jankowski, J. and Sucksdorff, C. IAGA Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice. (1996) ISBN: 0-9650686-2-5
5. Kerridge, D. INTERMAGNET: Worldwide Near Real-Time Geomagnetic Observatory Data. (2001).
6. Newitt, L.R., Barton, C.E. and Bitterly, J. IAGA Guide for Magnetic Repeat Station Surveys (1997). ISBN: 0-9650686-1-7
7. St-Louis, B. (Ed.), INTERMAGNET Operations Committee and Executive Council, 2020. INTERMAGNET Technical Reference Manual, Version 5.0.0