

Un laboratorio demasiado lejos.

Pablo G. Recabarren¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Fecha de recepción del manuscrito: 05/09/2016

Fecha de publicación: 30/09/2016

Resumen—Esta contribución presenta diversos aspectos de la actividad de toma de datos que, desde el Año Geofísico Internacional de 1957, e ininterrumpidamente, registra el Laboratorio Belgrano (LABEL), de la Base Antártica homónima, la más austral de actividad permanente, sostenida por nuestro país, ubicada a los 78° S. Desde el año 1985 hasta nuestros días, este laboratorio ionosférico de altas latitudes, fue dirigido por graduados de la FCEFyN en reiteradas oportunidades, siendo esta la razón por la que este artículo lleva a aportar al lector un aspecto no muy conocido de la actividad científico técnica de nuestra Unidad Académica, en la región más alejada del planeta. Se hacen comentarios sobre la interacción Tierra – Sol, determinante de la fenomenología que se describe y la metodología empleada en los diferentes programas de trabajo.

Palabras clave—ionosfera, magnetósfera, aurora australi, VLF, riometría.

Abstract—This contribution shows some aspects of the data acquisition activity, since the International Geophysical Year of 1957, which continuously records the Belgrano Laboratory (LABEL) at Belgrano antarctic station, the southernmost permanent activity station supported by our country, at Latitude 78° South. Since 1985 until today, this high latitude ionospheric observatory, was frequently led by graduates of the FCEFyN, being this the reason why this article leads to provide the reader about this non well known aspect of the scientific activity of our institution in the far most region of the planet. We comment on Solar - Earth interaction, determinant of phenomenology on which records are made on this station and the methodology used in the different work programs.

Keywords— ionosphere, magnetosphere, aurora australi, VLF, riometry.

INTRODUCCIÓN

La estructura de la atmósfera de La Tierra está formada por diferentes regiones o capas. La vida en el planeta se desarrolla en lo que conocemos como atmósfera baja o troposfera. Desde la superficie del planeta y hasta la estratósfera tienen lugar la mayoría de los procesos que regulan los fenómenos meteorológicos.

Este artículo trata sobre algunos de los fenómenos de las capas exteriores, las más lejanas, la ionósfera y la magnetósfera terrestre y de cómo se monitorean estos mecanismos desde los observatorios magnéticos e ionosféricos de altas latitudes, particularmente, el más austral que administra Argentina, y en el que profesionales de nuestra Universidad han tenido actuación relevante durante las dos últimas décadas del siglo XX, el Laboratorio de la Base Antártica Belgrano II.

UNA VENTANA AL ESPACIO

Podemos definir sintéticamente a la ionosfera como una región constituida por material ionizado o en estado de plasma, principalmente originada por la acción ionizante de la radiación solar incidiendo sobre los gases de las capas superiores. La característica saliente es la presencia de

cargas eléctricas, no neutras o iones, en grandes cantidades. La magnetósfera, en tanto, es la región de despliegue del campo magnético terrestre. Esta región coexiste parcialmente con la anteriormente descrita, siendo su interacción gobernada por las leyes físicas del electromagnetismo. Las cargas eléctricas del material ionizado o plasma ionosférico son guiadas por las líneas de fuerza del campo magnético, pero a su vez, las cargas eléctricas en movimiento generan campos magnéticos que se suman vectorialmente con el campo magnético terrestre, modificándolo, pudiendo generar estados perturbados.

Las líneas de fuerza del campo magnético terrestre son entrantes en los polos, permitiendo que el plasma solar eyectado en erupciones y fulguraciones solares, penetre en los casquetes polares, a alturas mucho menores que en latitudes medias, en donde las líneas de fuerza son paralelas a la superficie. Este *embudo* magnético crea las condiciones para la ocurrencia de la fenomenología propia de altas latitudes de entre las que las auroras polares, por su belleza e impacto visual, son las más conocidas.

De este modo, la configuración del campo magnético terrestre polar se constituye en una verdadera ventana que conecta a nuestro planeta con la fenomenología solar, razón por la que este campo de conocimiento se conoce como *interacción Tierra – Sol*.

Dirección de contacto:

Pablo Recabarren, Beccar Varela 35, Barrio Las Flores, X5016 Córdoba, 03514615004, eMail: pablo.recabarren@unc.edu.ar.

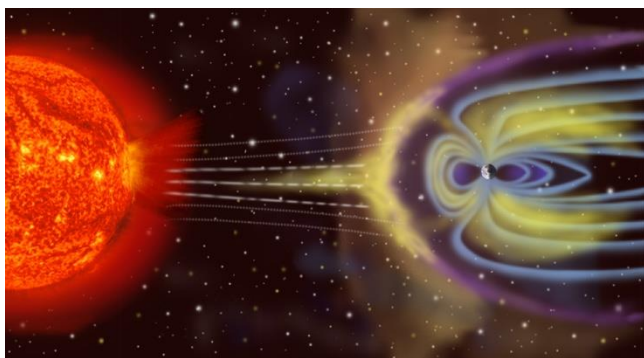


Fig. 1 – El campo magnético terrestre impide el arribo del material ionizado solar en latitudes bajas o medias, no así en las regiones polares, en las que precipita a altitudes menores, colisionando con los gases atmosféricos.

Existen otros fenómenos menos conocidos, pero de no menor interés, como las tormentas magnéticas, los procesos de absorción de ondas de radio, la propagación de señales de muy baja frecuencia, el radio ruido extraterrestre, y en general, la dinámica ionosférica y su impacto en las comunicaciones humanas en las diferentes bandas.

AURORAS POLARES

Las auroras polares son indudablemente, el fenómeno natural más impactante de estas alejadas regiones.

Son producidas por la ionización de los gases entre los 300 y 1000 km de altura. La ruptura de las estructuras moleculares y atómicas, es acompañada por la liberación de energía en la banda visible del espectro. La ionización del Oxígeno, el Hidrógeno y el Nitrógeno les dan su coloración verde amarillenta predominante, aunque también son frecuentes los rosados y azules.

Los despliegues aurorales se producen en una región conocida como óvalo auroral, localizado alrededor de los polos magnéticos y determinado por el límite entre las líneas de fuerza del campo magnético que se cierran y las líneas que quedan abiertas hacia la cola magnética.

Nuestra Base Antártica Belgrano II está ubicada a los 78° Lat. S, en plena zona auroral, pudiendo observarse el fenómeno durante el invierno polar, dependiendo su intensidad y frecuencia, de la actividad solar.

Tratándose de un fenómeno debido a las colisiones entre gases y material ionizado, con cargas eléctricas en movimiento, el campo magnético se ve perturbado por estos eventos, razón por la que se presenta normalmente acompañado de importantes variaciones de los valores del campo magnético o tormentas magnéticas. Las alteraciones son tanto en los valores de campo magnético como en los valores de la densidad electrónica de la ionósfera, ocasionando inconvenientes en la propagación de las ondas de radio en la banda de altas frecuencias, pudiendo llegar a impedir las en ocasión de eventos energéticamente importantes.

Se destaca la importancia de la fenomenología propia de la cola de la magnetósfera ya que los balances energéticos encontrarán justificación a partir de la energía de la reconexión de líneas en estas lejanas regiones de la magnetósfera.



Fig. 2 – Despliegue auroral sobre Base Antártica Belgrano II durante la noche polar de 1985.

DINAMICA DE LA IONOSFERA

Aunque con menos espectacularidad que el fenómeno auroral, la principal actividad del Laboratorio Belgrano, ó *LABEL*, se centra en la adquisición de datos para el estudio de la dinámica de la ionósfera. Esta capa de material altamente ionizado que rodea al planeta, refleja las ondas de radio, posibilitando su propagación a grandes distancias. Si bien el empleo de sistemas satelitales para el establecimiento de las comunicaciones ha restado el interés de estos estudios, su relación con el sol y otros fenómenos hacen sumamente necesario su monitoreo permanente.

Algunos fenómenos solares, como erupciones, fulguraciones, manchas, tienen fuerte impacto en los valores de la densidad electrónica de nuestra ionósfera, modificando el valor límite entre las señales cuyas frecuencias son reflejadas y las que son absorbidas. La frecuencia límite se denomina *frecuencia de corte* y por sobre ésta, las señales son absorbidas, impidiendo su propagación.

El *LABEL* está equipado con un sondador ionosférico, verdadero radar de incidencia vertical, y con riómetros (*radio ionospheric opacity meter*), que permiten monitorear las frecuencias de corte y la absorción de la ionósfera a las ondas de radio.

Es un hecho conocido que la densidad electrónica, y por ende, el comportamiento de la ionósfera, varían según la hora del día y la época del año, en virtud de la determinante influencia que el sol tiene en su comportamiento. El monitoreo permanente se orienta a determinar patrones cuyo ciclo sea de mayor duración.

GEOMAGNETISMO

El valor del campo magnético terrestre en la locación es registrado con dos tipos de instrumentos, magnetómetros

protónicos de campo absoluto, y los variómetros *fluxgate*. Estos últimos miden las variaciones más rápidas del campo, algunas de las cuales se conocen como micropulsaciones, por sus bajos valores y frecuencias relativamente altas.

SEÑALES DE MUY BAJA FRECUENCIA

Se trata de un fenómeno poco conocido, sumamente curioso y de creciente interés. La distribución espacial de densidad electrónica ionosférica determina ductos que obran como verdaderas guías de onda naturales, posibilitando que una perturbación electromagnética, viaje por el ducto, con muy pocas pérdidas de energía, reflejándose varias veces entre los puntos extremos del ducto. Estos puntos extremos, son posiciones análogas en ambos hemisferios, conectados por una misma línea de campo magnético. Se denominan puntos *conjugados* y no son antípodas, ya que su recta de unión no pasa por el centro de la Tierra.

Una perturbación electromagnética puede generarse por un rayo o un relámpago en cualquier parte del ducto, y comienza a viajar de una región polar a la otra, reflejándose varias veces hasta ser atenuada completamente. Las componentes de mayor frecuencia de esta señal viajan más rápido que las de menor frecuencia, con lo que la señal original se va descomponiendo, arribando las frecuencias más agudas, antes que las graves. Estas señales son de baja frecuencia, en el rango audible, de entre unos pocos Hertz a no más de 10 KHz. Si estas señales son captadas por equipos de audio, pueden escucharse como silbidos. En la década del '30, cuando se descubrió este fenómeno, se pensó que se trataba de señales artificiales, por su característica audible en forma de silbidos, coros o siseos.

Para que el ducto pueda propagar este tipo de señales debe encontrarse en un estado sumamente estable y uniforme de densidad electrónica, y ello sólo es posible si existe calma en la actividad solar, pudiendo monitorearse indirectamente la actividad solar, a partir del registro de estas señales.

OTRAS ACTIVIDADES CIENTÍFICAS

Si bien se describieron los programas centrales del LABEL, además y como espacio de toma de datos para estudios científicos en nuestra base más austral, son de responsabilidad de este laboratorio, todo tipo de trabajo orientado a la investigación confiado a esta estación polar. De este modo se ha trabajado en programas de registro de datos sobre la capa de ozono, almacenamiento de recursos genéticos soja y maíz, a bajas temperaturas, en colaboración con el INTA, deriva de continentes, astronomía y otros programas específicos no relacionados con la alta atmósfera polar.

LA BASE BELGRANO II Y NUESTRA FACULTAD

Esta base polar, ubicada a los 78° Lat. S, es la más austral que mantiene nuestro país, en funcionamiento permanente. La base cuenta con el Laboratorio Belgrano (LABEL), el cual es un observatorio ionosférico, como se presentara en los apartados anteriores. La base presenta una condición de fuerte aislamiento, siendo accesible solamente durante unos pocos días, durante el verano polar. Su abastecimiento solo es posible mediante rompehielos. En los últimos años, y muy ocasionalmente, el relevo de la dotación se hizo por vía aérea, aunque para ello se hace necesaria la

colaboración de otros países, ya que Argentina no cuenta con medios aéreos que puedan anevizar en el lugar.



Fig. 3 – Vista General del Laboratorio Belgrano (LABEL), en la base antártica homónima.

El laboratorio Belgrano es conducido año a año, por un Jefe Científico y dos o tres técnicos, generalmente formados en electrónica y en informática. Durante algunos años la dotación del LABEL se integró además con un astrónomo o alguien formado en astronomía.

En el año 1989, durante la gestión como Decano de la Facultad del Ing. Antonio Li Gambi, se firmó un convenio de colaboración con el Instituto Antártico Argentino. En virtud de este convenio, que aún está vigente y activo, muchos miembros de nuestra comunidad han participado de actividades en el Continente Blanco, en diferentes áreas. Ingenieros, Biólogos y Geólogos han realizado trabajos científicos en las diferentes bases antárticas argentinas, tanto en campañas de verano o de invierno, y del mismo modo, investigadores del Instituto Antártico, desarrollan o han desarrollado trabajos en nuestra Facultad.

Durante las dos últimas décadas del siglo XX, se alcanzó un máximo de participación y presencia de nuestros ingenieros en el laboratorio argentino más austral, contándose entre ellos los Ingenieros R. Bonorino, M. Cavarra, J. Vigil, G. Giovanola, R. Vrech, J. Hutka, G. Lazarte, A. Babini, M. Bisogni, F. Oliva Cúneo, y quien suscribe esta contribución.

Aunque la lista de quienes han participado en actividades científicas en el continente antártico es más extensa si se incluyen otras áreas o dependencias de esta Universidad, como es el caso del grupo de biología marina del Dr. M. Tatián, del Geol. C. Torielli, el Dr. D.Ferreiro, el Tec. J.Puerta, entre otros, esta contribución se circunscribe principalmente a los ingenieros y estudiantes de ingeniería que han trabajado en los observatorios de las bases Belgrano y San Martín, ambas ubicadas al sur del círculo polar antártico y dedicadas a los temas que se han descrito.

CONCLUSIONES

Para el autor del presente trabajo resulta pertinente, en el año en que nuestra Facultad cumple su 140 aniversario, divulgar la presencia y el trabajo de miembros de nuestra casa en las más alejadas regiones del planeta.

Esto nos habla de que la complejidad y variedad de los saberes desarrollados en nuestra facultad posibilita aportar tecnología que permite expandir los límites del conocimiento humano.