

El Observatorio de Centelleo Interplanetario de Coeneo, Michoacán (MEXART)

J. Americo González Esparza

Las tormentas solares son eventos explosivos que ocurren en la superficie del Sol, durante los que se liberan enormes cantidades de energía y 'nubes' de material solar que salen al espacio interplanetario y pueden ocasionar, entre otros efectos, daños severos a los sistemas de telecomunicaciones. Es posible detectar estas eyecciones de 'nubes' empleando las mediciones de un radiotelescopio que capte las interferencias (centelleo) que éstas producen en las señales de radio cósmicas. Un radiotelescopio se compone de una antena y un receptor (aparato de radio) que apunta al cielo y capta las señales de radio que nos llegan del Cosmos. El radiotelescopio nos permite descubrir un universo diferente al que pueden mirar nuestros ojos.

Hace quince años, la doctora Silvia Bravo† junto con un pequeño grupo de investigación del Instituto de Geofísica de la UNAM, comenzó a considerar la idea de construir en México un radiotelescopio para estudiar las tormentas solares. Un proyecto de tal envergadura parecía una empresa quijotesca porque la construcción de un radiotelescopio implica obtener recursos económicos suficientes para financiar el desarrollo del observatorio y garantizar la formación de un equipo técnico que pueda diseñar y ensamblar una antena-receptor. Conseguir este tipo de financiamiento no es una tarea fácil y Silvia Bravo y su equipo tuvieron que vencer varios obstáculos.

El primer paso fue la construcción de un prototipo donde se probó la respuesta del diseño del radiotelescopio. La antena puede pensarse como una antena gigante de televisión que apunta al cielo en la frecuencia de 140 MHz, conformada por un ensamble de pequeñas antenas tipo dipolo (esto es, alambres de cobre en forma de "T") arregladas a lo largo de líneas paralelas en dirección este-oeste. Cada una de estas líneas contiene 64 dipolos y mide aproximadamente 140 metros. El prototipo se terminó de construir en 1997 en Teoloyucan, Estado de México, y cumplió con sus objetivos: (1) se formó un equipo técnico especializado en radio y (2) se probó la respuesta de los elementos que conforman el instrumento. Teoloyucan se ubica cerca del Distrito Federal, donde están las instalaciones del Observatorio Magnético del Instituto de Geofísica, lo que facilitó diversos aspectos logísticos como el traslado del personal, etc. Sin embargo, la cercanía a la gran ciudad implica en realidad muchas desventajas, como el alto nivel

de interferencia producida por la vida en la ciudad, que hacen casi imposible detectar las débiles señales de radio que provienen del Cosmos (¡no íbamos a construir una antena de casi una hectárea de terreno para detectar las señales de celulares!). Para la ubicación definitiva de nuestro radiotelescopio fue necesario buscar un sitio adecuado, y este fue el segundo paso en nuestra carrera de obstáculos.

En 1997 comenzó el peregrinar para encontrar ese sitio. Se visitaron diferentes locaciones en el Estado de México, Hidalgo, Zacatecas y Michoacán. En cada sitio se desarrollaron pruebas de ruido (interferencias) y se evaluaron aspectos logísticos (vías de comunicación, poblaciones cercanas, cercanía de universidades, etc.). Era necesario encontrar un sitio con niveles muy bajos de interferencia de radio en la frecuencia 140 MHz. Como dice la leyenda de los antiguos Mexicas, buscábamos 'señales' que indicaran el sitio correcto. Así fue como el equipo técnico del proyecto llegó a la colonia Felix Ireta, en la ciénega de Coeneo, Michoacán, donde se midieron los niveles más bajos de interferencia en radio. Desde el principio la respuesta de la gente del lugar fue muy amable y abierta, y aunque inicialmente no entendían bien a bien que era un radiotelescopio y por qué nos interesaban las tormentas solares, les dio mucho gusto que llegáramos a su comunidad. Al comprobar las excelentes características técnicas del sitio pensamos comprar un terreno y construir el radiotelescopio, pero dada la crisis económica de México padecida desde 1995, en la que se cayeron los apoyos a los proyectos científicos, el financiamiento para nuestro proyecto se volvió un nuevo obstáculo en nuestro peregrinar. Parecía que no había manera de continuar con el proyecto. Sin embargo, al plantearle el problema a la comunidad ejidal Felix Ireta, ellos decidieron donar en comodato un terreno de tres y media hectáreas a la UNAM para construir el observatorio. Las principales razones por las cuales hoy en día nuestro radiotelescopio se localiza en Coeneo son: el apoyo de la comunidad y las condiciones técnicas adecuadas del sitio; estas eran las dos 'señales' que estábamos buscando.

Una vez que se contó con el terreno y apoyo de la comunidad ejidal, continuamos buscando apoyos económicos que nos permitieran realizar la construcción del observatorio, si lográbamos esto, estaríamos casi en nuestra meta final. Afortunadamente logramos obtener el apoyo entusiasta tanto del gobierno municipal como del gobierno del estado de Michoacán. Entre 2000 y 2001 se construyó la plataforma de la antena y se introdujeron en el predio electricidad, agua y servicio telefónico; entre 2002 y 2005 se realizó la construcción del conjunto arquitectónico del observatorio, el cual incluye cuarto de control, sistema de protección contra descargas eléctricas, cubículos, casa habitación

para investigadores y estudiantes, etc. Este es uno de los pocos ejemplos que existen en el país en donde, gracias al apoyo de una universidad (la UNAM), un gobierno estatal (Michoacán) y la gente de una comunidad (Coeneo) se ha logrado realizar un proyecto de desarrollo de infraestructura científica.

El Observatorio de Centelleo Interplanetario de Coeneo, Michoacán tiene una antena conformada por un arreglo de 4,096 dipolos. El arreglo mide 140 metros en la dirección este-oeste y 80 metros en la dirección norte-sur; visto desde un avión, la antena parece un ensamble de alambres o "tendederos" (64 tendederos) (Fig. 1) ocupando el área de una cancha de fútbol (cerca de 10,000 metros cuadrados). La señal captada por cada dipolo se suma y mediante un proceso opuesto a las ramificaciones de un árbol, las señales de los dipolos se van uniendo hasta llegar al tronco principal. De esta manera es como una antena de gran área logra captar las débiles señales del cosmos. La señal captada llega finalmente al cuarto de control (tronco principal) donde se procesa, grafica y almacena en una computadora.

El radiotelescopio de Coeneo es mejor conocido en el mundo como MEXART (Mexican Array Radio Telescope) por sus siglas en inglés. El MEXART fue inaugurado el 1 de diciembre de 2005 por el gobernador de Michoacán, Lázaro Cárdenas Batel, y el rector de la UNAM, Dr. Juan Ramón de la Fuente. Ya en funcionamiento, el MEXART participa en las campañas conjuntas de estudios de tormentas solares que iniciaron en el 2007 con el Año Internacional Heliográfico (AHI). (ver el Geofisicos No. 30) durante el cual se han desarrollado programas de colaboración internacional para estudiar el Sol y sus efectos en nuestro planeta. Los proyectos de colaboración científica durante el AHI continuarán en el futuro para consolidar los vínculos de cooperación internacional. Puedes encontrar más información del observatorio en su página de internet (www.mexart.unam.mx).



Fig. 1. Un acercamiento a los dipolos que forman la antena del Observatorio de Centelleo Interplanetario (MEXART) en Coeneo, Michoacán.

un vistazo a los autores

Dra. Blanca Mendoza Ortega
blanca@geofisica.unam.mx

Dr. Juan Américo González
americo@geofisica.unam.mx

La Dra. Mendoza estudió el bachillerato en la Escuela Nacional Preparatoria, UNAM, Plantel No. 6, y posteriormente hizo la carrera de Física en la facultad de Ciencias de la UNAM, continuó con sus estudios de Maestría y Doctorado, lo cuales realizó en la Universidad de Oxford en Inglaterra. Al terminar su posgrado se incorporó al Instituto de Geofísica en 1985, en donde ha trabajado desarrollando tres áreas principales de investigación: Física Solar, Relaciones Sol-Tierra y Planetología, en las cuales ha publicado numerosos artículos. En particular, le interesa de manera especial el impacto que la actividad solar tiene en el clima y en los seres vivos.

Nació en la Ciudad de México, asistió al CCH del Centro Activo Freire y entre 1985 y 1991 realizó sus estudios de licenciatura (Física) en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Posteriormente, hizo el doctorado en el Imperial College-Reino Unido (1991-1995) continuando con un posdoctorado en el Jet Propulsion Laboratory-NASA/Caltech. Desde 1997 es Investigador del Departamento de Física Espacial del Instituto de Geofísica de la UNAM y sus áreas de investigación incluyen el estudio de la física del medio interplanetario, actividad solar, clima espacial, ondas de choque heliosféricas y centelleo interplanetario. Es responsable del Observatorio de Centelleo interplanetario de Coeneo, Michoacán (MEXART) y de la sede del Instituto de Geofísica en Michoacán.

Charlas de divulgación

"EXPLOSIONES EN EL CIELO Y TREMORES EN LA TIERRA: FRAGMENTACIÓN DE METEOROIDES EN LA ATMÓSFERA"
GUADALUPE CORDERO
JUNIO 5

"VOLCANISMO MONOGENÉTICO EN MÉXICO, UN RIESGO LATENTE"
MARIE-NOËLLE GUILBAUD
JULIO 3

"Y PARA EL BRONCEADO... ¡LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA!"
MAURO VALDEZ
AGOSTO 14

"SISMOS EN MÉXICO: MITOS Y REALIDADES"
AIDA QUEZADA
SEPTIEMBRE 4

INSTITUTO DE GEOFÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
AUDITORIO TLAYOLOTL 12:00HRS.
(ENTRADA LIBRE)

EDICIÓN

Dra. Margarita Caballero
Miranda
Tel. 56 22 42 33
maga@geofisica.unam.mx

Dra. Ana Ma. Soler
Tel. 56 22 42 34

anesoler@geofisica.unam.mx

los que lo hacemos

Impreso en la Unidad de
Apoyo Editorial del Instituto de
Geofísica, UNAM

DISEÑO
Alberto Centeno Cortés

La Unidad de Educación Continua y a Distancia en Ciencias de la Tierra le invita a las proyecciones que se llevarán a cabo los viernes a las 13:00 hrs. en el Auditorio Tlayolotl del Edificio Anexo del Instituto de Geofísica de la UNAM, Ciudad Universitaria

Entrada Libre

Viajeros en el tiempo
30 Mayo

10 descubrimientos que cambiaron la humanidad
27 Junio

Pasado catastrófico
29 Agosto

Presente violento
26 Septiembre

La roca viviente
31 Octubre

videocine
2008

EDICIÓN TÉCNICA
Silvia Zueck G.
Freddy Godoy Olmedo
UNIDAD DE APOYO EDITORIAL

DISTRIBUCIÓN
Aída Sáenz

GEOFISICOSAS

¡HOLA!

EN ESTE NÚMERO TE PRESENTAMOS DOS ARTÍCULOS

MUY INTERESANTES:

EL SOL NUESTRA ESTRELLA

Y

EL OBSERVATORIO DE CENTELLEO INTERPLANETARIO DE COENEO, MICHOACÁN (MEXART)

NO TE OLVIDES DE VER LAS FECHAS DE LAS CHARLAS DE DIVULGACIÓN Y DEL VIDEOCINE



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE MÉXICO

INSTITUTO DE GEOFÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA, CIRCUITO EXTERIOR
DELEGACIÓN COYOACÁN
C. P. 04510 TEL. 56 22 41 15

Num. 35, mayo 2008



EL SOL NUESTRA ESTRELLA

Blanca Emma Mendoza

El Sol ha sido adorado en muchas culturas por su prominente papel de generador de vida; por ejemplo, en la cultura mexicana es representado en la piedra del Sol o calendario azteca, como el dios Tonatiuh. Las culturas más antiguas, como la egipcia, también dejaron manifestaciones sobre el Sol en petroglifos, por ejemplo, el único dios Aton en el reinado de Akenaton y su famosa esposa Nefertiti. Los chinos y los coreanos, tienen registros de fenómenos solares desde los años 400 a 300 antes de Cristo (a. C.) y en occidente el estudio del Sol se remonta al año 200 a. C., cuando los griegos ya lo observaban, pero de estos trabajos sólo quedan algunos registros fragmentarios. Los estudios más modernos del Sol iniciaron en el año 1610 cuando Galileo Galilei construyó un telescopio y tuvo la brillante idea de dirigirlo hacia él y comenzar a observar y dibujar las manchas solares. Posteriormente, en 1625, el estudioso alemán Scheiner realizó una descripción más amplia de las manchas solares y desde entonces muchos científicos han continuado observándolo.

Actualmente en el mundo existen varios observatorios solares como el del Pic du Midi, en Francia, o el de Nobeyama, en Japón, donde tienen arreglos de muchos telescopios que captan distintas longitudes de onda (rayos X, rayos gamma) y la llegada de partículas que vienen del Sol (muones, electrones, neutrinos). El Instituto de Geofísica de la UNAM cuenta con diversos telescopios que miden varias de las emisiones solares, un ejemplo es el Observatorio Solar en Coeneo en Michoacán. El Sol también es estudiado a través de satélites, el primero fue el Skylab (¡que ya se impactó con la Tierra!), y más recientemente el Helios y el Soho, que tienen una serie de instrumentos que realizan mediciones de todos los tipos de emisiones que el Sol está enviando al medio interplanetario. El Sol, emite radiación electromagnética (desde rayos gamma, pasando por la luz visible y hasta ondas de radio) e inclusive algo de su masa, la cual se desprende durante eventos explosivos formando el llamado viento solar, que son partículas muy energéticas que arrastran consigo el campo magnético del Sol. Todo esto al salir al medio interplanetario, causa un impacto sobre los cuerpos que lo reciben, entre ellos la Tierra. Las emisiones solares son registradas con detectores de campo magnético, de partículas y de radiación electromagnética.

El Sol genera su energía en el Núcleo (Fig. 1); es aquí donde se lleva a cabo la conversión de Hidrógeno en Helio, reacción a partir de la cual se genera la radiación solar. La radiación solar (radiación electromagnética) es de tan alta energía que buena parte de ella corresponde a rayos gamma (los rayos gamma tienen una longitud de onda muy, muy corta). Sin embargo en su camino entre el Núcleo y la Fotosfera (Fig. 1), esta radiación interactúa con todo el material (principalmente Hidrógeno) que hay en el Sol, y sale en forma de radiación electromagnética de onda un poco más grande, principalmente en el rango de la luz visible (en especial el amarillo) y el ultravioleta. A la radiación electromagnética le toma de unos 100,000 a 1,000,000 años en llegar del Núcleo a la Fotosfera (o sea en atravesar la zona Radiativa, Fig. 1), es por ello que la luz que nos llega es una radiación "vieja". Una vez que ha llegado la radiación a la fotosfera tarda solo 8 minutos en llegar a la Tierra. El largo camino que recorre la radiación desde el Núcleo hasta la Fotosfera implica diversos fenómenos físicos. En la primera parte, la radiación se transporta desde el interior solar mediante fotones pero en la siguiente, dadas las condiciones de temperatura y las propiedades físicas del material que forma al Sol, la energía solar se transmite por celdas de convección de gran escala, que tienen miles de kilómetros de longitud. De hecho la Fotosfera o primera capa visible del Sol está formada por la parte superior de estas celdas convectivas.

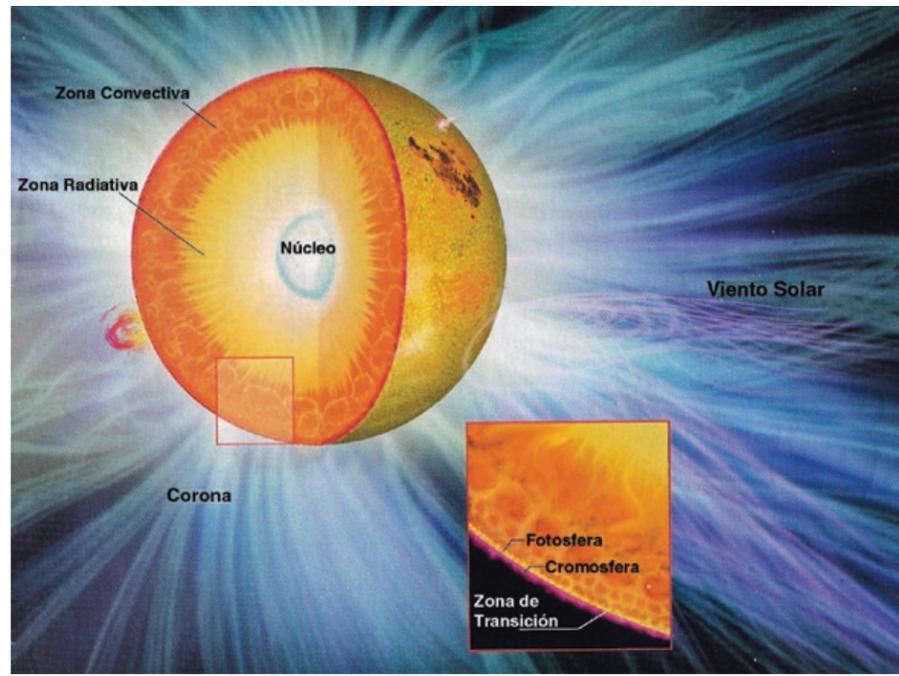


Fig. 1. Las diferentes capas del interior del Sol y de su atmósfera.

La atmósfera solar está formada por tres capas de acuerdo a su perfil de temperatura, que de abajo hacia arriba son: La Fotosfera, la Cromosfera y la Corona. La Corona del Sol, que es su capa más externa, emite en rayos X, esto significa que la temperatura ahí es de entre 1 y 2 millones de grados centígrados (°C) mientras que en la Fotosfera la temperatura es de cerca de 6,000 °C. Aquí cabe preguntarnos ¿cómo es esto posible?. La fuente de calentamiento se genera en el Núcleo y todos sabemos, aunque sea de manera intuitiva, que al alejarnos de la fuente de calor la temperatura baja; sin embargo en la atmósfera solar ocurre lo contrario, en la capa más externa (la Corona) la temperatura es mayor. La respuesta aún no se tiene con certeza, pero se presume que pueda ser por un proceso de disipación de ondas que provienen de la zona convectiva.

En la Fotosfera, se encuentran las estructuras más observadas del Sol, las llamadas manchas solares, que como ya se mencionó arriba, Galileo empezó a reportar de manera sistemática. Son regiones que se ven más oscuras comparadas con la atmósfera circundante. Estas manchas se encuentran en zonas de intensos campos magnéticos que inhiben la actividad convectiva, entonces allí el transporte de energía no es eficiente, y por ello la mancha se ve oscura, dado que es menos caliente que sus alrededores. El Sol, no siempre tiene la misma cantidad de manchas ni en los mismos lugares. Las manchas solares tienen una variación periódica en su número lo cual permite estudiar la actividad solar. Entre un mínimo en su número y el otro (o entre un máximo y el siguiente) hay en promedio once años; a esto se le conoce con el nombre de ciclo solar. Cuando el Sol está muy activo presenta muchas manchas y cuando se encuentra en un mínimo de actividad presenta muy pocas. En el año 2006 el Sol se encontraba en un mínimo de manchas solares y ahora su número va en aumento. Cuando la actividad solar es muy intensa se deforma el campo magnético terrestre y se abren en algunos puntos las líneas del campo magnético (generalmente en los polos) y logran penetrar partículas muy energéticas que generan las famosas auroras boreales y australes (Fig. 2). Otros planetas como Júpiter y Saturno también presentan auroras boreales y australes ya que, como la Tierra, tienen atmósfera y campo magnético.



Fig. 2. La aurora boreal es producida por la interacción entre la atmósfera solar y la terrestre.

Tanto el campo magnético como la atmósfera de la Tierra se ven afectados permanentemente por la actividad solar, la que también afecta a diversas actividades humanas como las telecomunicaciones. Sin embargo, el efecto de la actividad solar parece llegar a niveles más profundos en la atmósfera de nuestro planeta. El famoso calentamiento global que se ha observado desde principios del siglo XX se ha atribuido exclusivamente al efecto antropogénico, por lo menos es lo que todos escuchamos, pero cuando comparamos las gráficas del calentamiento global (temperatura promedio en la Tierra) y sobreponemos las de la actividad solar, observamos en la Figura 3 que se empatan razonablemente. Por tanto, si el Sol disminuye o aumenta su actividad, esto se podría reflejar en una disminución o aumento de la temperatura terrestre. Ahora podemos vislumbrar que el Sol puede afectar a la Tierra, y es que cuando el Sol estornuda, ¡a la Tierra le da pulmonía!

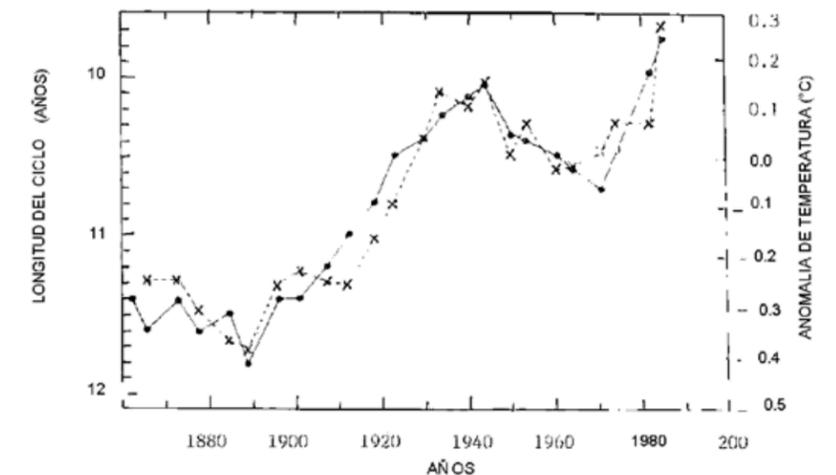


Fig. 3. En esta figura se grafican un parámetro de la actividad solar llamado longitud del ciclo (curva discontinua y cruces) y la temperatura promedio del hemisferio norte (curva continua con puntos).