

¿Cómo nos afectan las Partículas Energéticas Solares?

Dr. Luis Xavier González Méndez

LANCE/SCIEMEX IG-UM, UNAM.



/sciesmex



@sciesmex

xavier@igeofisica.unam.mx



El Clima Espacial

El **Clima espacial** o **Meteorología del espacio** se define como las condiciones físicas del Sol, el Medio Interplanetario, el campo geomagnético, la Atmósfera terrestre y de la Superficie terrestre que se encuentran influidas por la interacción Sol-Tierra. Las variaciones en el Clima Espacial pueden provocar serias afectaciones en nuestra tecnología.

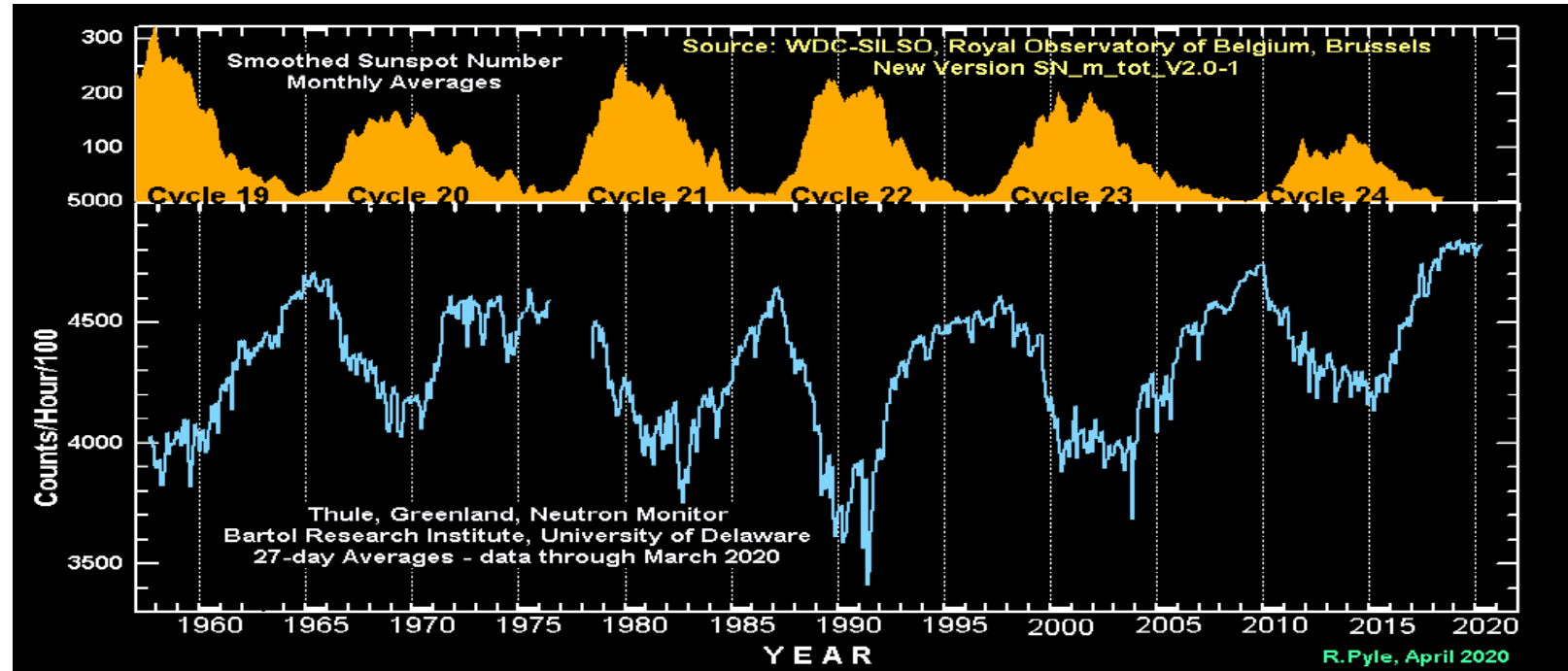
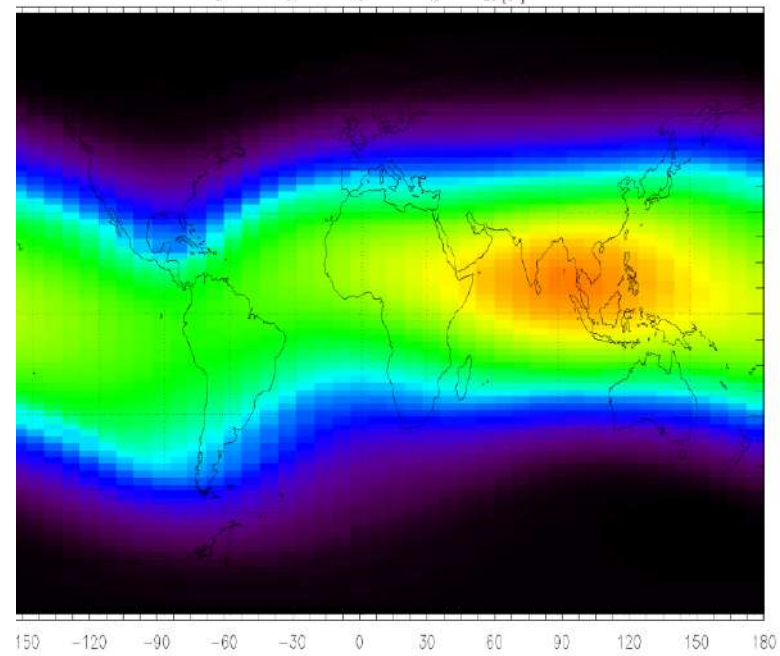
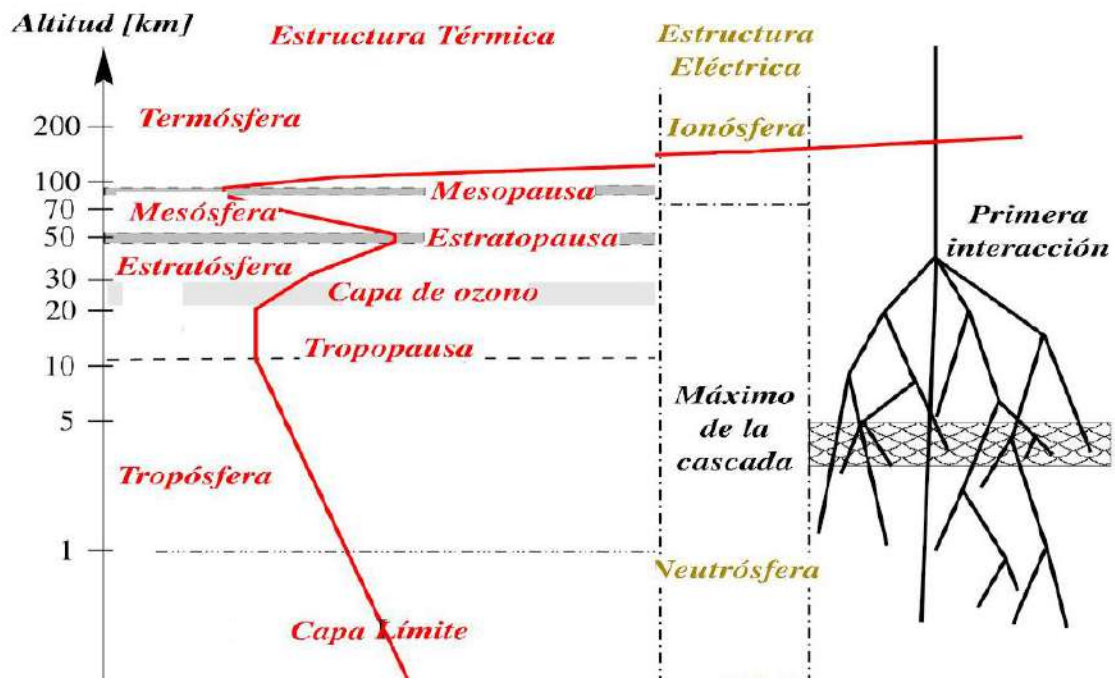
Las manifestaciones de actividad solar que tienen repercusiones en Clima Espacial son:

- ▶ Fulguraciones
- ▶ **Partículas Energéticas Solares,**
- ▶ Eyecciones de Masa Coronal
- ▶ Corrientes de viento solar formando Regiones de Interacción entre Corrientes.

Cuando las partículas, campos magnéticos y radiación electromagnética, asociados con estos fenómenos, interaccionan con el campo geomagnético, la dinámica de la magnetósfera, ionósfera y atmósfera neutra de nuestro planeta son perturbadas.

Manifestación	Características
<p data-bbox="19 485 363 699">Partículas Energéticas Solares</p>	<p data-bbox="401 182 1912 471">Descripción: Partículas (principalmente protones, electrones y partículas alfa y algunas veces neutrones) provenientes del Sol impulsadas a “altas energías”.</p> <p data-bbox="401 485 1110 549">Energía: $\sim 10^3$ eV – 10^9 eV.</p> <p data-bbox="401 642 1912 778">Ocurrencia: Son causadas en algunos eventos intensos de ráfagas y EMCs.</p> <p data-bbox="401 863 1912 1006">Clasificación: Partículas con energía > 40 MeV son un riesgo para la vida en el espacio.</p> <p data-bbox="401 1092 1671 1156">Tiempo de arribo: ~ 15 minutos – unas horas.</p> <p data-bbox="401 1242 1912 1378">Tenemos 2 escudos: Campo geomagnético y Atmósfera</p>

0 5 10 15 20 [eV]

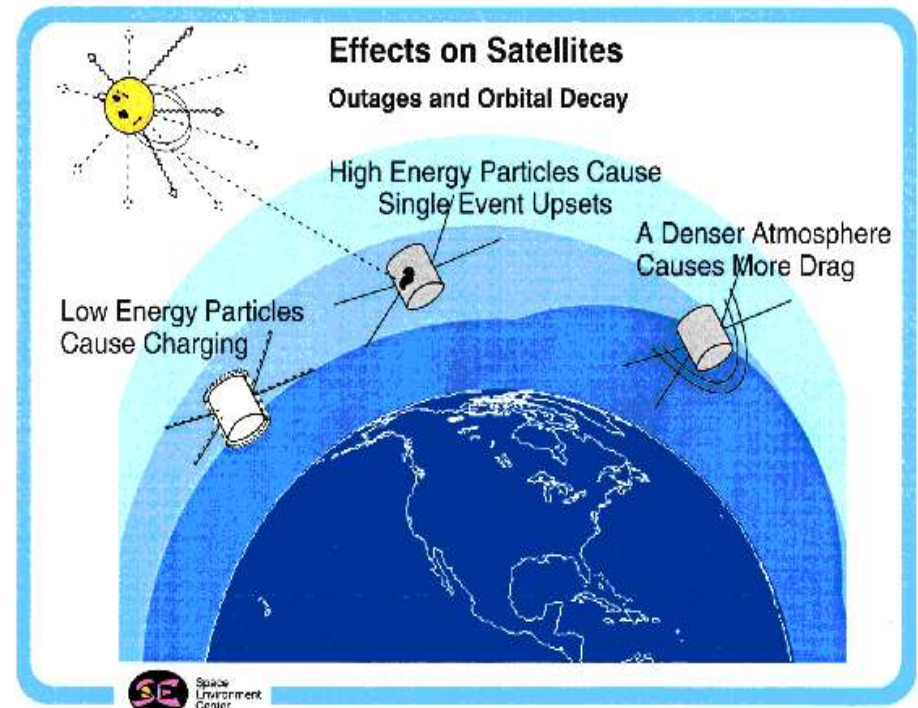
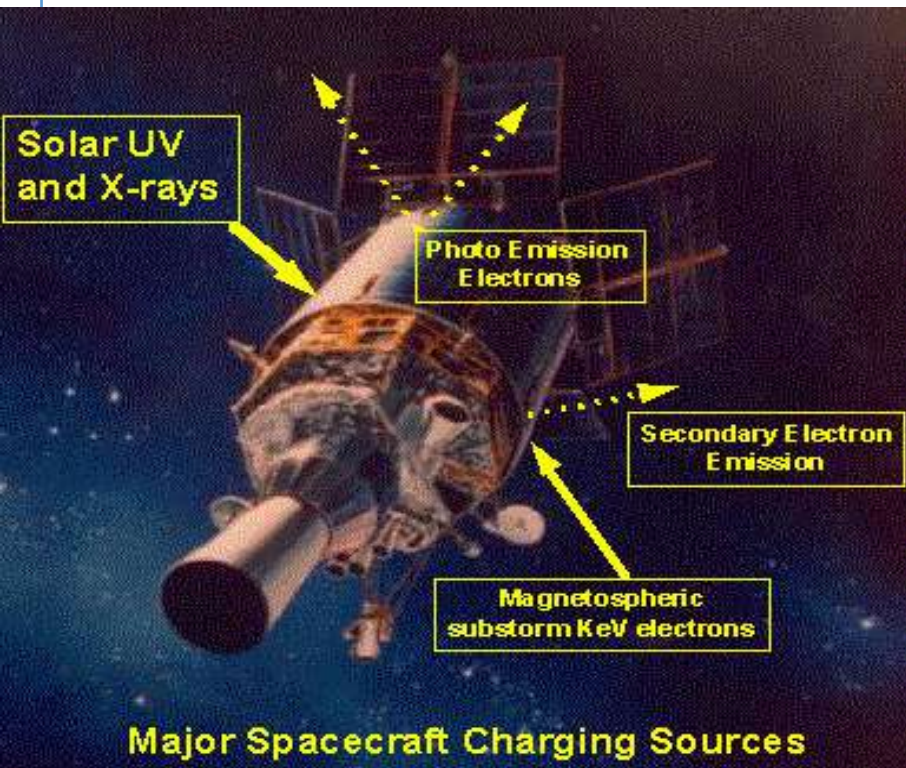


Afectaciones por partículas energéticas solares.

Afectación en Satélites y Naves

Efecto de los electrones

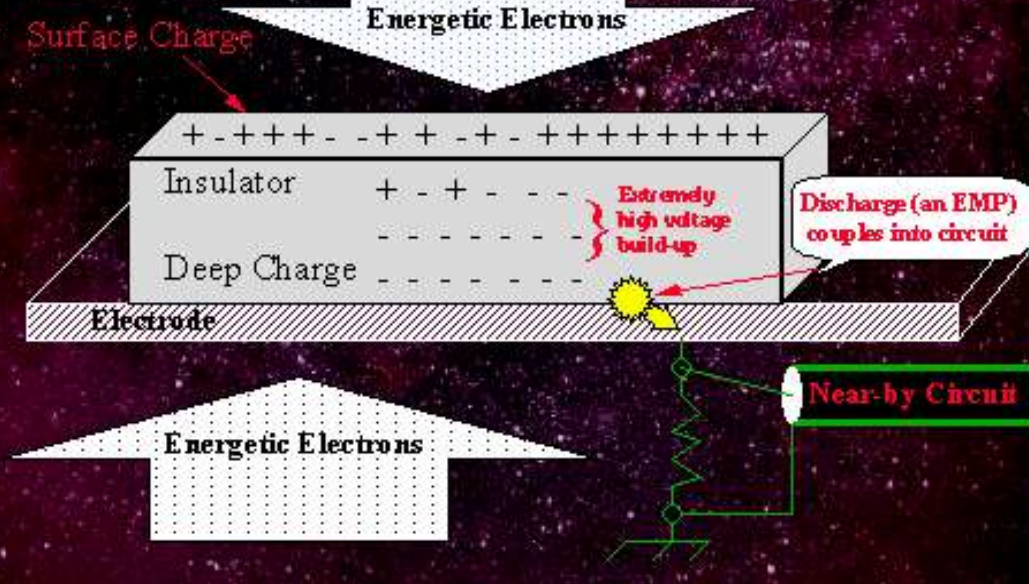
Causan carga electrostática, alteración y descomposturas en los componentes de los satélites y naves, lo que provoca fallas (alteración de la posición) y descargas que afectan la electrónica.



Electro-magnetic pulse (EMP) from an internal discharge



Electrons energetic enough to penetrate but not enough to pass through cause extreme electric potentials



La descarga puede afectar la electrónica, causando variaciones en los datos, falsos comandos e incluso daños en los componentes.

Pueden ocurrir dos tipos de carga: la **superficial** y la **interna**. Ambas implican interacciones complejas entre el medio ambiente espacial, los materiales y los sistemas micro-electrónicos.

La Carga superficial es causada por electrones de baja energía que interactúan sólo con los materiales superficiales del satélite o nave. La diferencia de potencial puede ser de varios kV y puede incrementarse entre diferentes superficies.

La carga interna es causada por electrones de alta energía que penetran a los componentes de las naves y/o satélites y depositan carga en los materiales aislantes. Las descargas dañan materiales sensibles. Este fenómeno requiere de uno a dos días de constante flujo de electrones para acumular suficiente carga y ser dañina.

Los electrones también pueden causar ionización que dañan los dispositivos micro-electrónicos, a través de la acumulación de carga atrapada en un aislante. Se incrementa el consumo de energía del dispositivo y se incrementa el ruido en la señal.

Protones y núcleos más pesados

Los protones energéticos y núcleos más pesados son el fondo de rayos cósmicos galácticos; sin embargo, cuando ocurre una fuerte fulguración solar se pueden emitir grandes flujos de partículas que dominan la llegada de partículas a la Tierra y pueden afectar el clima espacial (Partículas energéticas solares).

Además de la influencia de los electrones, el flujo de protones y núcleos más pesados provoca:

- Daños en la estructura cristalina de los dispositivos micro-electrónicos.
- Reducen el rendimiento de los transistores y dispositivos opto-electrónicos (celdas solares).
- Degradan la eficiencia de los componentes.

Dorman, et. al. 2015

Date	Event	Satellite	Orbit	Cause (probable)	Effects seen
8 March 1985		Anik D2	GEO	ESD	Outage
October 1989	CME-driven storm	TDRS-1	GEO	SEE	Outage
July 1991		ERS-1	LEO	SEE	Instrument failure
20 January 1994	Fast solar wind stream	Anik E1	GEO	ESD - note: all three satellites were of same basic design	Temporary outage (hours)
		Anik E2	GEO		6 months outage, partial loss
		Intelsat K	GEO		Temporary outage (hours)
11 January 1997	Fast solar wind stream	Telstar 401	GEO	ESD	Total loss
19 May 1998	Fast solar wind stream	Galaxy 4	GEO	ESD	Total loss
15 July 2000	CME-driven storm	Astro-D (ASCA)	LEO	Atmospheric drag	Total loss
6 Nov 2001	CME-driven storm	MAP	Interplanetary L2	SEE	Temporary outage
24 October 2003	CME-driven storm	ADEOS/MIDORI 2	LEO	ESD (solar array)	Total loss
26 October 2003		SMART-1	HEO	SEE	Engine switch-offs and star tracker noise
28 October 2003		DRTS/Kodama	GEO	ESD	Outage (2 weeks)
14 January 2005		Intelsat 804	GEO	ESD	Total loss
15 October 2006	Fast solar wind stream	Sicral 1	GEO	ESD	Outage (weeks)
5 April 2010	Fast solar wind stream	Galaxy 15	GEO	ESD	Outage (8 months)
13 March 2012	CME-driven storm	Spaceway 3	GEO	SEE?	Outage (hours)
7 March 2012		SkyTerra 1	GEO	SEE/ESD?	Outage (1 day)
22 March 2012		GOES15	GEO	ESD?	Outage (days)

12. SOLAR COSMIC RAY EVENTS AND SATELLITE ANOMALIES

Results are shown in Figs. 15-17.

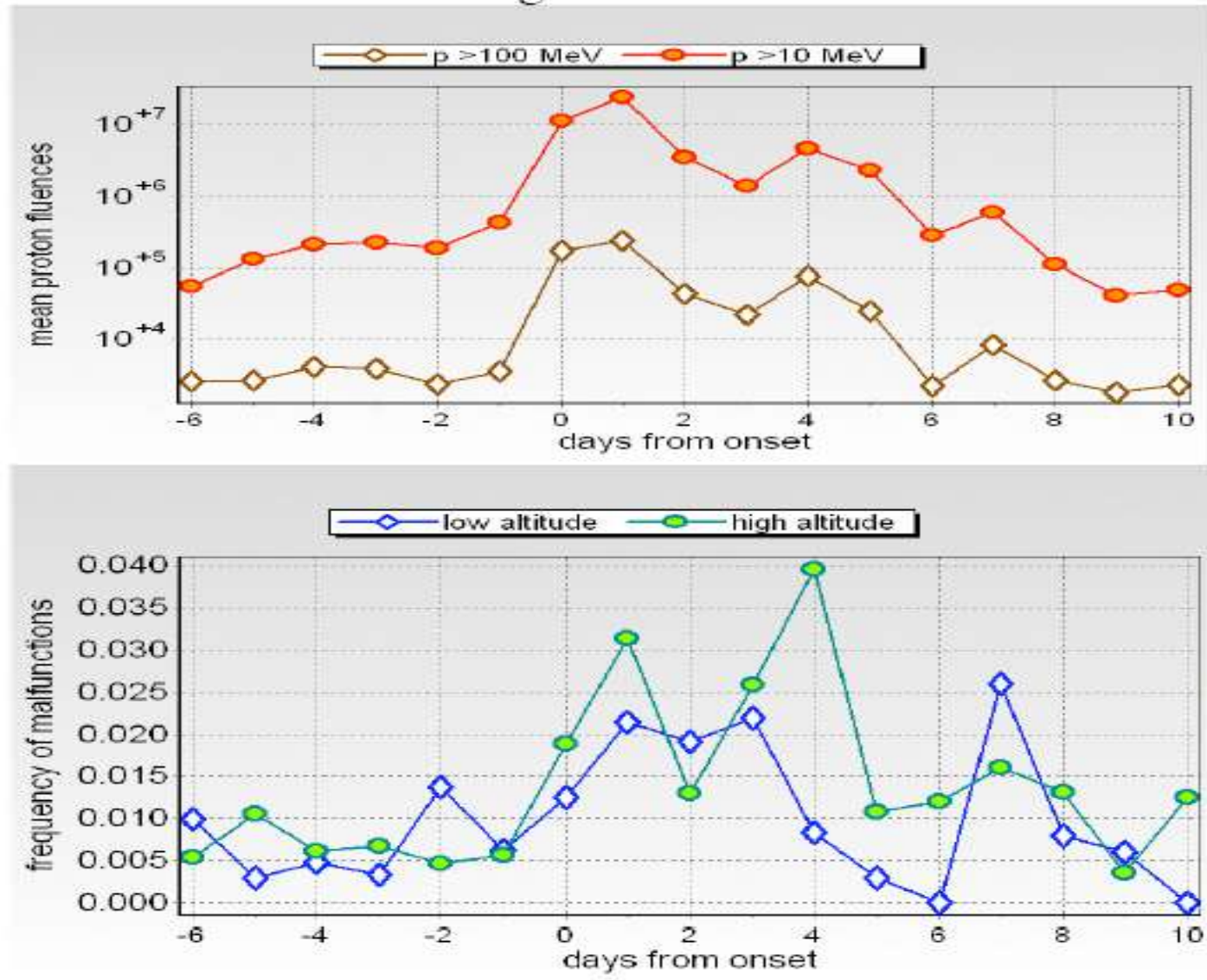


Figure 15. Solar proton events and satellite anomalies.

Posible Afectación en Aviones

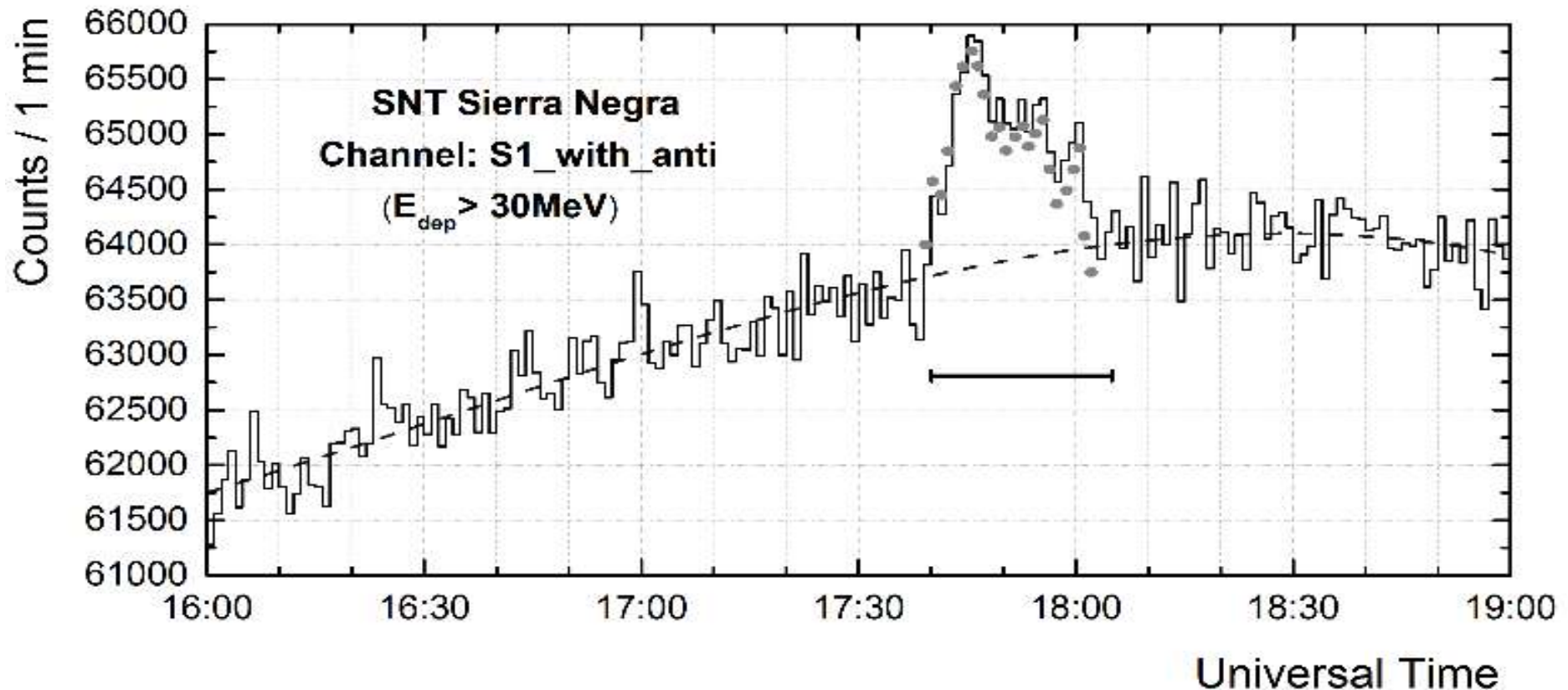
- Las partículas energéticas solares chocan con los átomos en la atmósfera superior y genera una cascada de partículas secundarias.
- La radiación de partículas a la altura de un vuelo comercial es ~300 veces mayor que al nivel del mar, ya que la atmósfera absorbe las partículas secundarias en función a su energía. De este modo, un flujo significativo de partículas puede tener un impacto en la tripulación y pasajeros de aeronaves debido a la mayor exposición de radiación ionizante.
- Muchos estudios muestran que la radiación ionizante puede ser perjudicial para la salud humana en exposiciones grandes (laboratorio).
- En condiciones normales, el campo geomagnético confina el efecto de la radiación de partículas energéticas solares a rutas de alta latitud, pero para eventos solares muy energéticos, las partículas pueden ingresar por zonas más cercanas al ecuador.
- Se ha comenzado a colocar medidores de radiación a bordo de aviones comerciales para dilucidar la influencia de las partículas en los equipos de aviación y salud de pasajeros (estudios a gran escala).
- Si una emisión de partículas energéticas solares impacta la Tierra y genera radiación secundaria ionizante que se detecta en distintos puntos del planeta, es conocida como GLE, ésta radiación puede afectar a los pasajeros de vuelos cercanos a los polos.
- Se reportaron fallas en el piloto automático y en respuesta de los circuitos, que coincidieron con flujos de partículas solares en Australia.

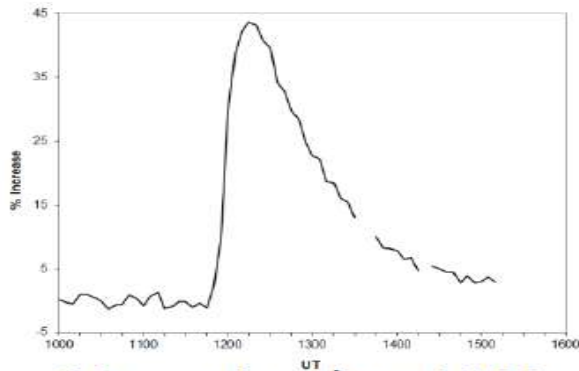
- Síntomas en los humanos a causa de la radiación acumulada durante un mismo día [5]:
 - 0 – 0.25 Sv: Ninguno
 - 0.25 - 1 Sv: Algunas personas sienten náuseas y pérdida de apetito.
 - 1 - 3 Sv: náuseas entre leves y agudas, pérdida de apetito, pérdida de médula ósea más severa, así como daños en ganglios linfáticos, bazo, con recuperación solo probable.
 - 3 - 6 Sv: náusea severa, pérdida de apetito, hemorragias, infección, diarrea, descamación, esterilidad, y muerte si no se trata.

- A nivel del mar, la tasa de exposición es $\sim 0.03 \mu\text{Sv/h}$ [2]. A altitudes típicas de aviones comerciales de 9 a 12 km, las tasas de exposición aumentan a $\sim 5\text{-}10 \mu\text{Sv/rh}$.
- En altitudes de vuelo en varios de los aviones de pasajeros comerciales de alta velocidad (18-20 km), las tasas de dosis equivalentes estimadas son $\sim 10\text{-}20 \mu\text{Sv h/hr}$.
- En altitudes de vuelo superiores a 3 km, el contribuyente dominante a la dosis efectiva es de neutrones secundarios
- Para los eventos de partículas solares más energéticos de los últimos 28 años, se calculó la dosis de radiación, simulando exposición de 10 horas a 12 km de altura [8] (vuelo comercial) en el polo norte (recuerda que entran muchas más partículas por los polos):
 - 29-sept-1989: 0.101 mSv/hr
 - 14-sept-2000: 0.067 mSv/hr
 - 20-enero-2005: 0.066 mSv/hr
 - 23-feb-1956: 0.5 mSv/hr,

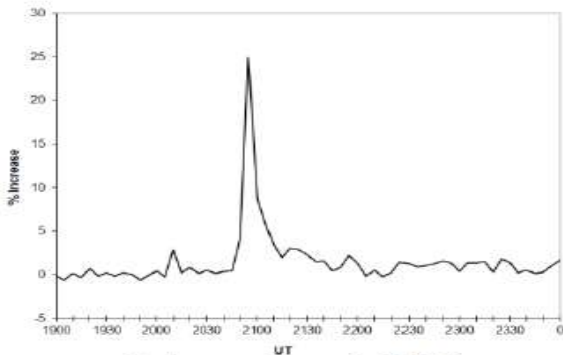
Afectación a nivel de Tierra

- Un flujo muy intenso de partículas energéticas solares puede alcanzar Tierra y generar ionización.
- La mayor afectación sería en los componentes electrónicos susceptibles.

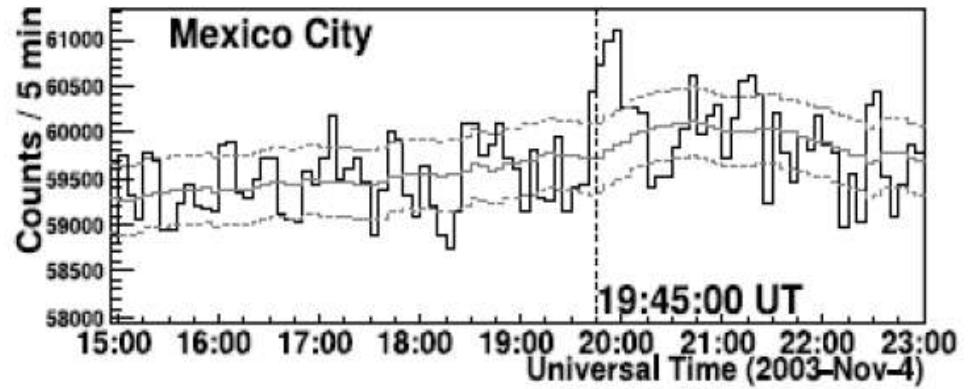




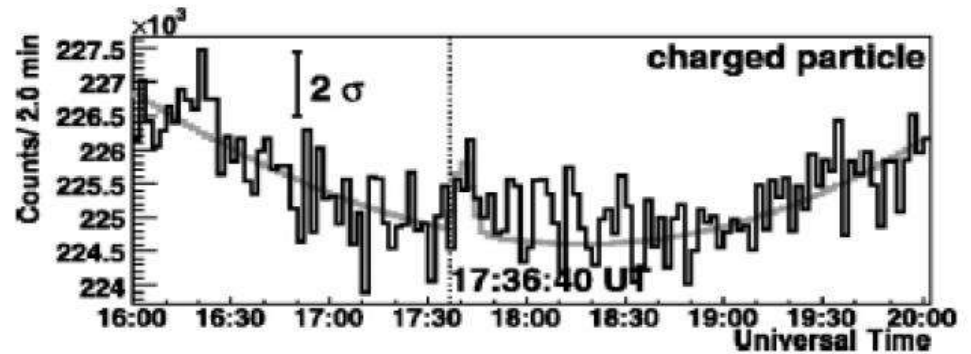
29 septiembre 1989



24 mayo 1990



27



Con base en las cuentas totales de varias estaciones en tiempo real, se busca un aumento significativo en las cuentas totales de los datos de varias estaciones.

Partículas Energéticas y Neutrones Solares

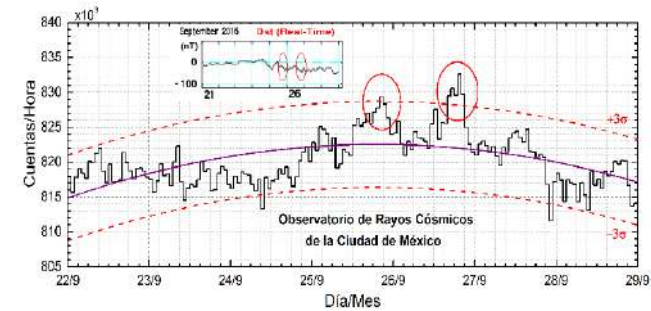
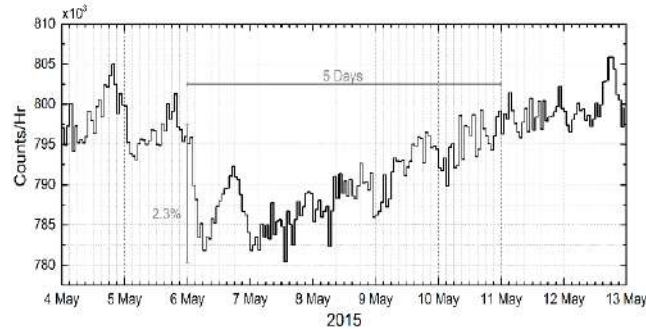
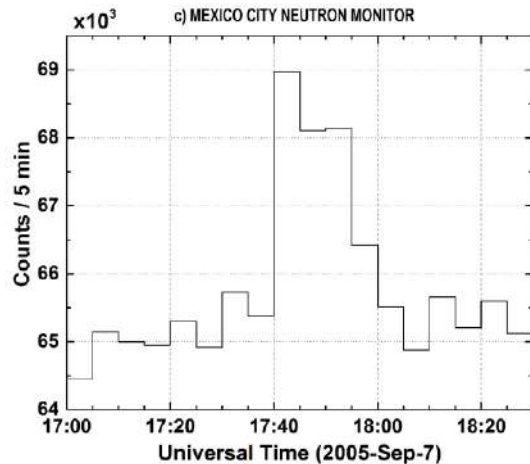
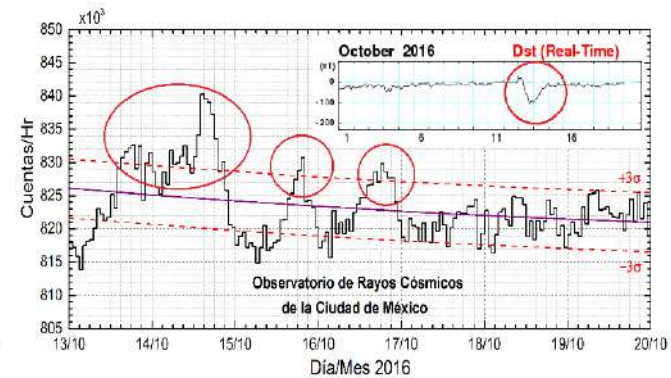
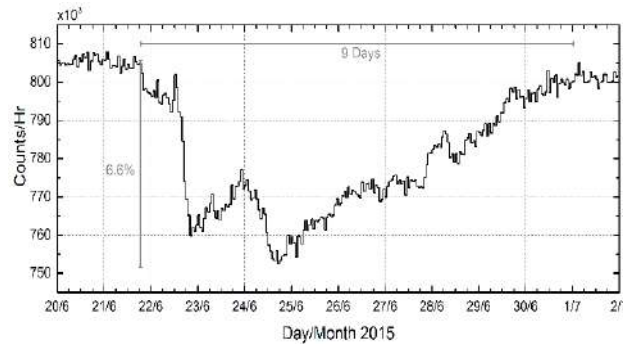
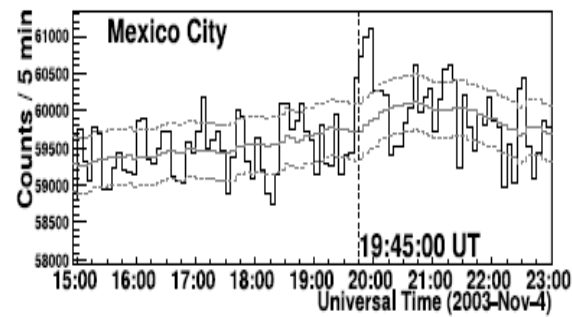
Aceleradas en las fulguraciones solares y en las ondas de choque de las eyecciones de masa coronal .

Decrecimientos Forbush

Caída repentina de las cuentas de rayos cósmicos galácticos debido a la influencia de las líneas de campo magnético de las eyecciones de masa coronal o regiones de interacción corrotantes .

Tormentas Geomagnéticas

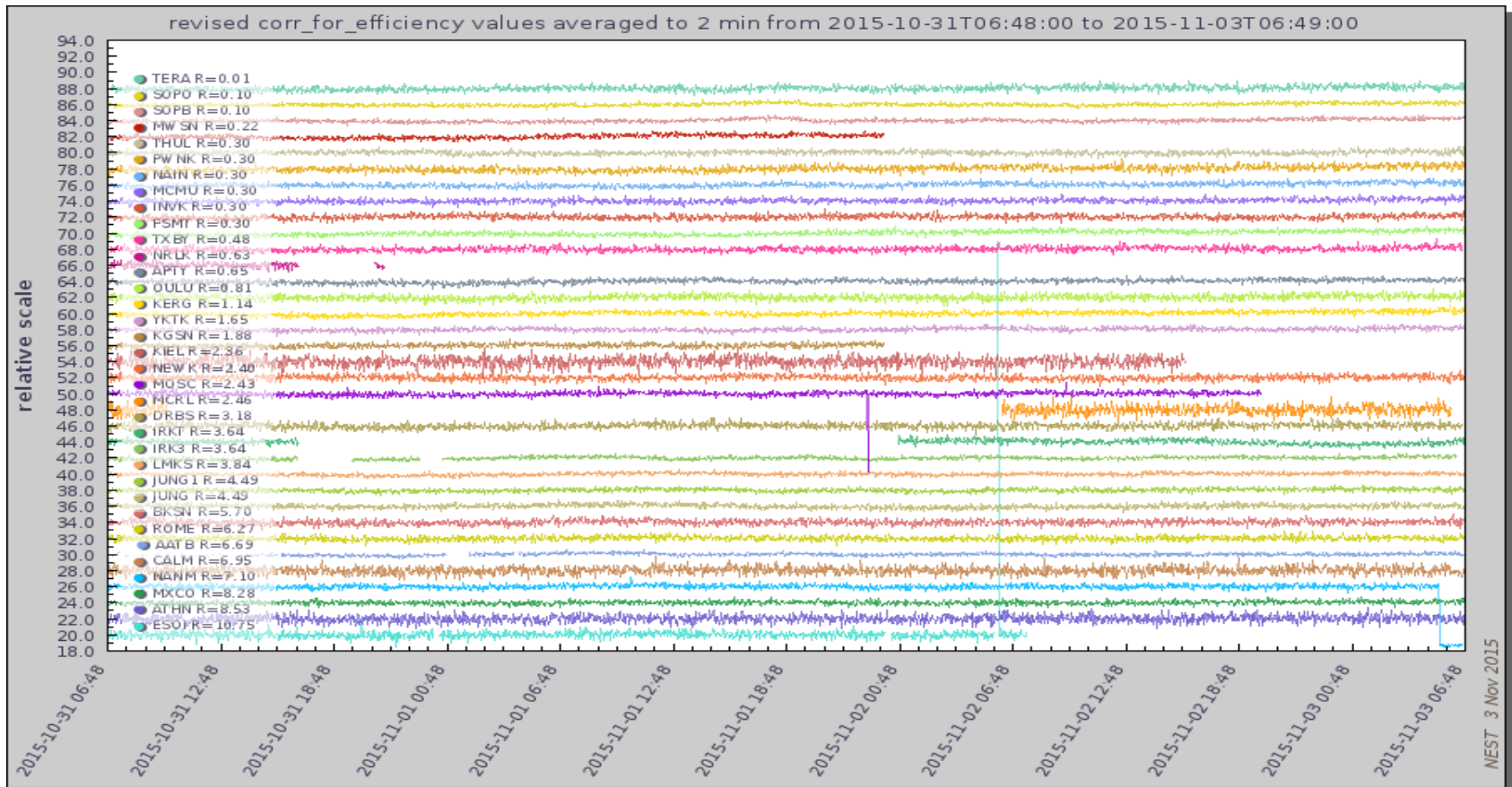
Variaciones en los registros de rayos cósmicos galácticos debido a la afectación de la intensidad de las líneas de campo geomagnético por emisiones solares, que provoca el cambio de la rigidez umbral.



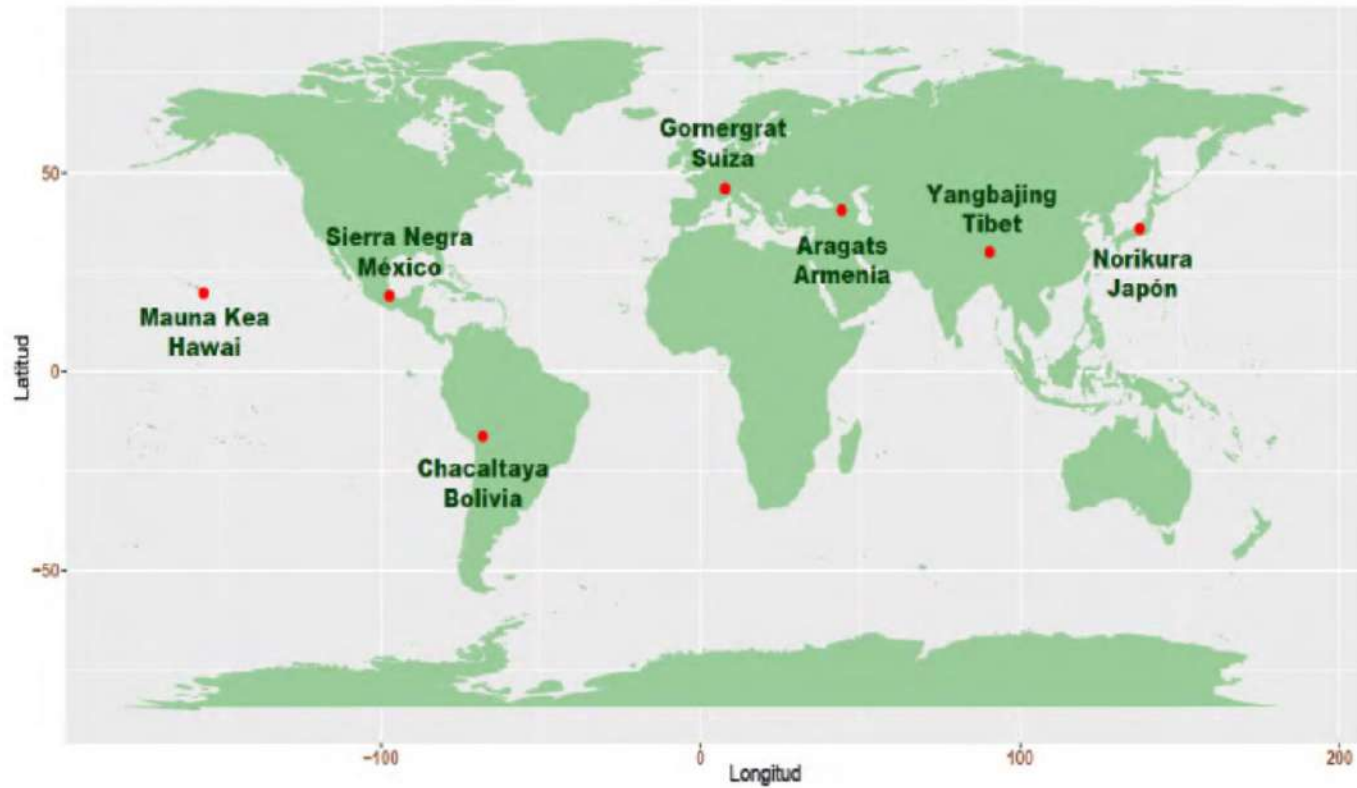
La red de Monitores de Neutrones como un detector multidireccional.

La red MN se puede considerar como un único espectrógrafo multidireccional. El desarrollo de programas especiales, permite la derivación de la densidad de RC, anisotropía y distribución de paso angular en cualquier momento, utilizando varias estaciones.

El uso de todas las estaciones como un detector multidireccional unificado hace la precisión sustancialmente mayor. El MN de la CDMX es uno de los más estables de la red y el único detector Latinoamericano.



Observatorios de Rayos Cósmicos en el LANCE (Sierra Negra y CDMX)





NMDB stations
15,619 views

All changes saved in Drive

Add layer Share Preview

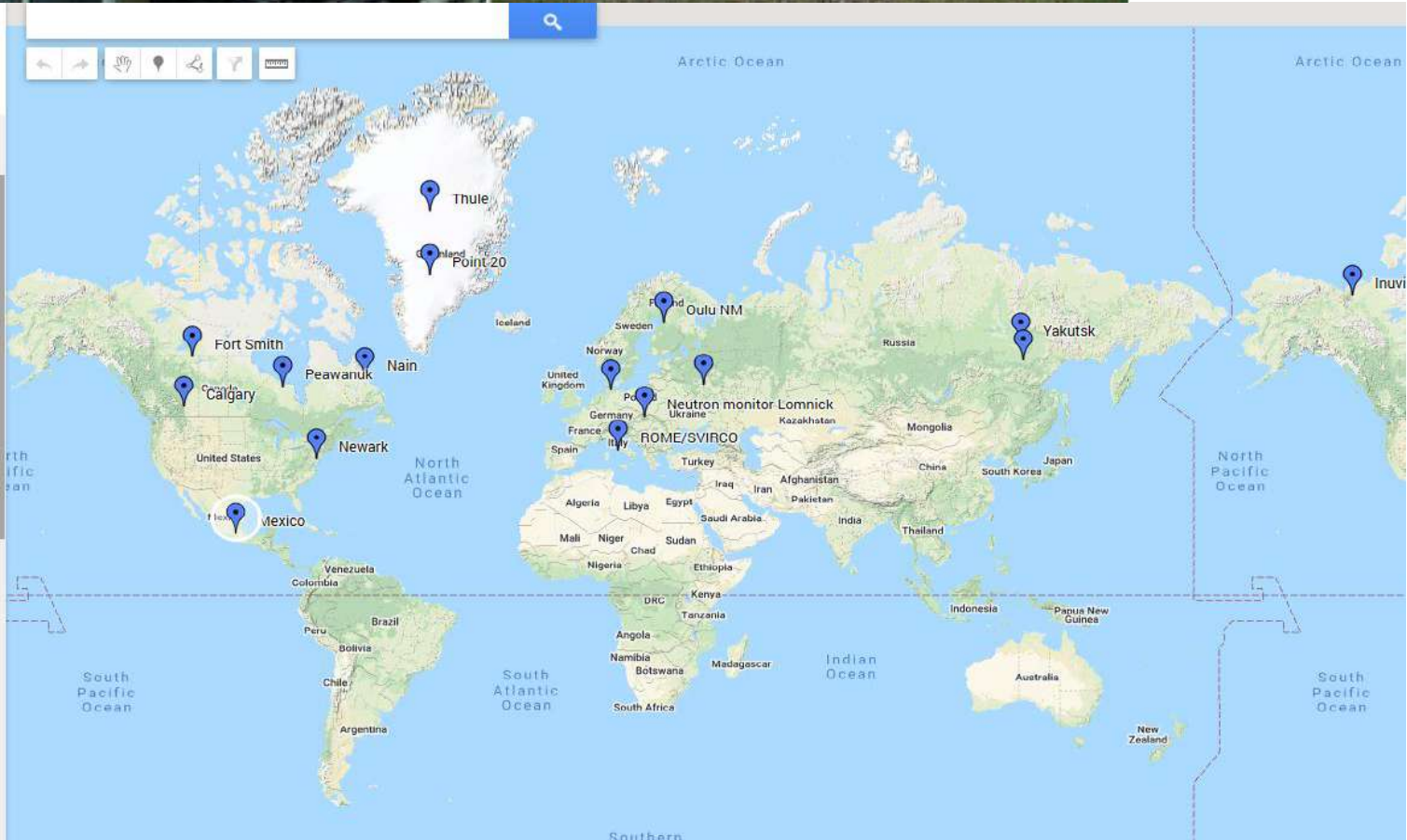
Слой без названия

- Individual styles
- Neutron monitor Lomnick
- Kiel Neutron Monitor 18NM64
- ROME/SVIRCO
- Moscow NM
- Yakutsk
- Newark
- Thule
- Oulu NM
- Inuvik
- Mc Murdo
- Peawanuk
- Fort Smith
- Nain
- South Pole
- Mexico
- Calgary
- Yakutsk
- Point 20

Untitled layer

Import

Add places to this layer by drawing or



www.sciesmex.unam.mx



SCiESMEX

Servicio de Clima Espacial - MX

LANCE

Laboratorio Nacional de Clima Espacial



IGUM
INSTITUTO de GEOFÍSICA
Unidad Michoacán



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**G
R
A
C
I
A
S**