

Meteorología del Espacio (Space Weather) desafío desde Antártida

Adriana María Gulisano^{1,2,3}

Grupo Lamp (Laboratorio Argentino de Meteorología del Espacio): S. Dasso^{2,3,4}, V. Lanabere⁴, J. J. Masías-Meza³, V. López⁵

1 Instituto Antártico Argentino, DNA, Buenos Aires, Argentina.

2 Instituto de Astronomía y Física del Espacio (UBA-CONICET), Buenos Aires, Argentina

3 Departamento de Física and IFIBA, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina.

4. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina.

5 Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires, Argentina

8 lagoproject.org, see the full list of members and institutions at lagoproject.org/collab.html. E-mail: лаго-pi@lagoproject.org



Departamento de
Ciencias de la Atmósfera y los Océanos
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires



Servicio
Meteorológico
Nacional



I A F E

CONICET
U B A



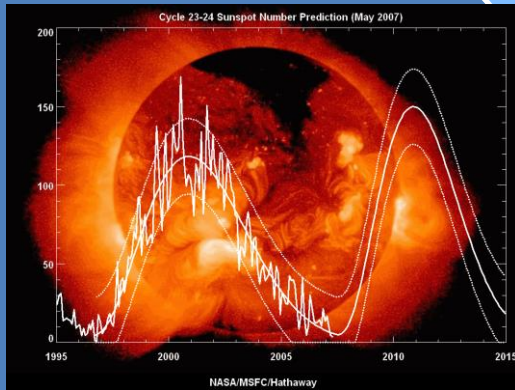
Esquema de la charla:

- Muy breve introducción a 'Space Weather'
- riesgos de eventos extremos
- Eventos transitorios (Fulguraciones, SEPs, tormentas geomagnéticas)

Como vamos a estudiar estos efectos desde Antártida:

- Observatorio LAGO para el estudio de rayos cósmicos
- Detectores de Efecto Cherenkov en agua
- Programa de Meteorología del Espacio de LAGO
- Caracterización de sitio Antártico y simulaciones numéricas
- Mediciones en el IAFE
- Oportunidades

Meteorología del Espacio (“Space Weather”)



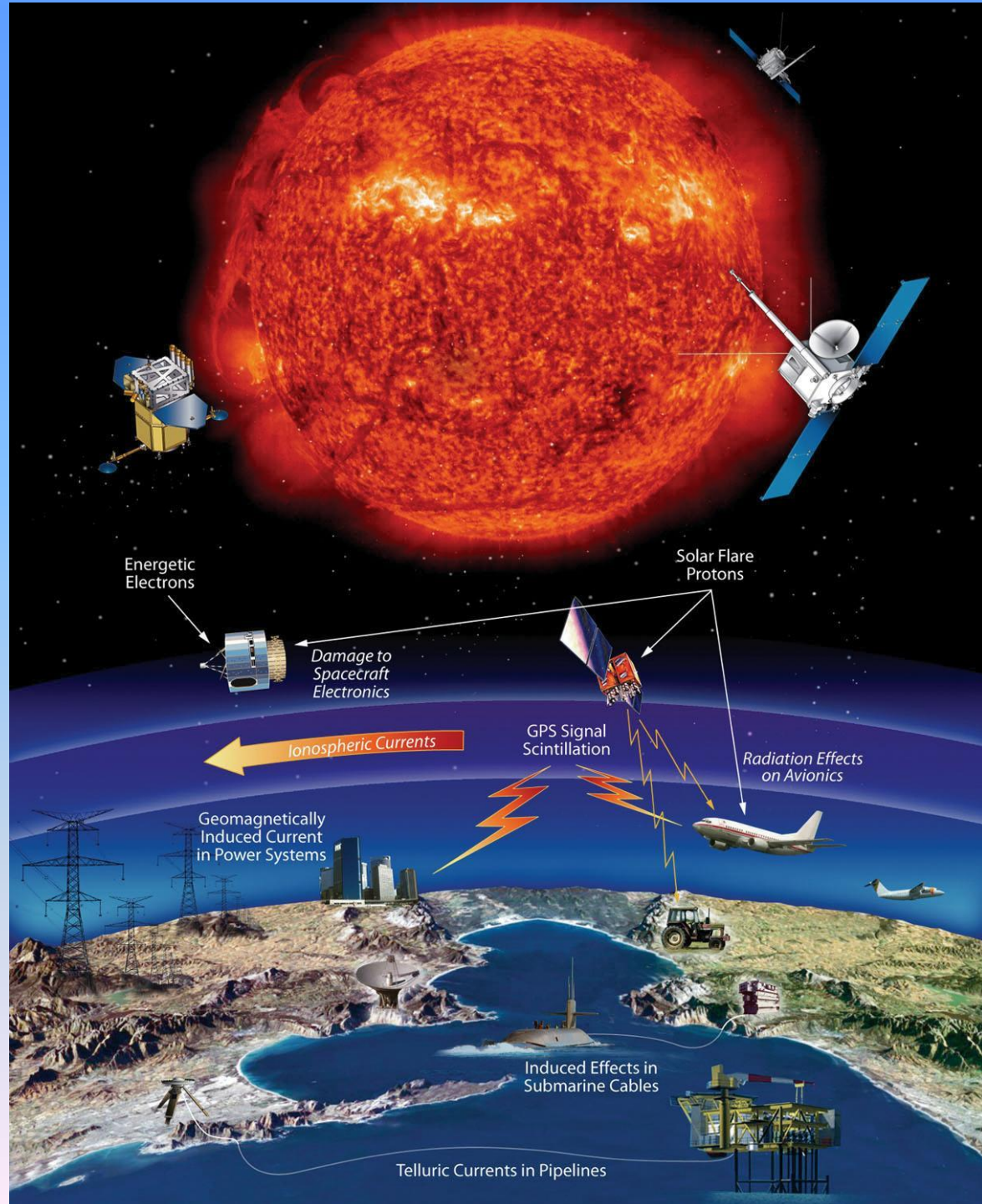
“Space Weather” se refiere a las Condiciones físicas en el Sol, en el viento solar, la magnetósfera, la ionósfera, y la termósfera, que pueden influir en las prestaciones y fiabilidad de sistemas tecnológicos instalados en el suelo o bien en satélites espaciales, y/o que hacen peligrar la salud o vidas humanas.

La Organización Mundial de Meteorología (WMO) tiene paneles especialmente dedicados al Space Weather

Argentina Participa de los mismos

IMPACTOS PRINCIPALES

- Corrientes Telúricas
- Comunicaciones
- Sistemas de posicionamiento global
- Tecnología satelital
- Aumento de Niveles de radiación a pasajeros y pilotos
- Control de órbita de satélites



**Seguridad
de los
astronautas**

Arrastre atmosférico

**Degradación y
daños a satélites**

**Perturbación
de la red eléctrica**

**Daños
a células
fotovoltaicas**

**Perturbación
de ondas radio**

**Perturbación de los cables
de telecomunicaciones**

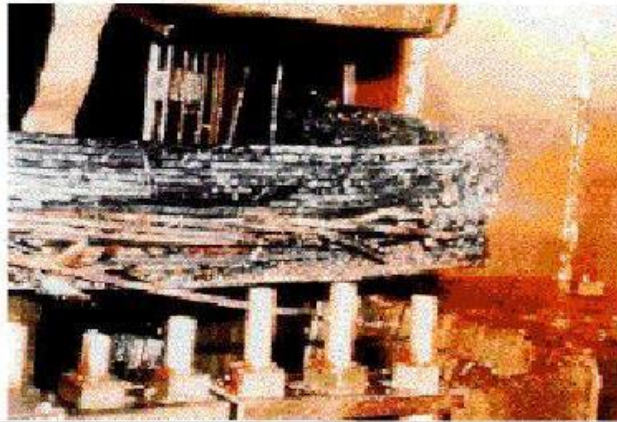
**Mas
efectos**

**Centelleo
de señales
de satélites**

**Exposición
a radiación
en aeronaves**

PJM Public Service
Step Up Transformer

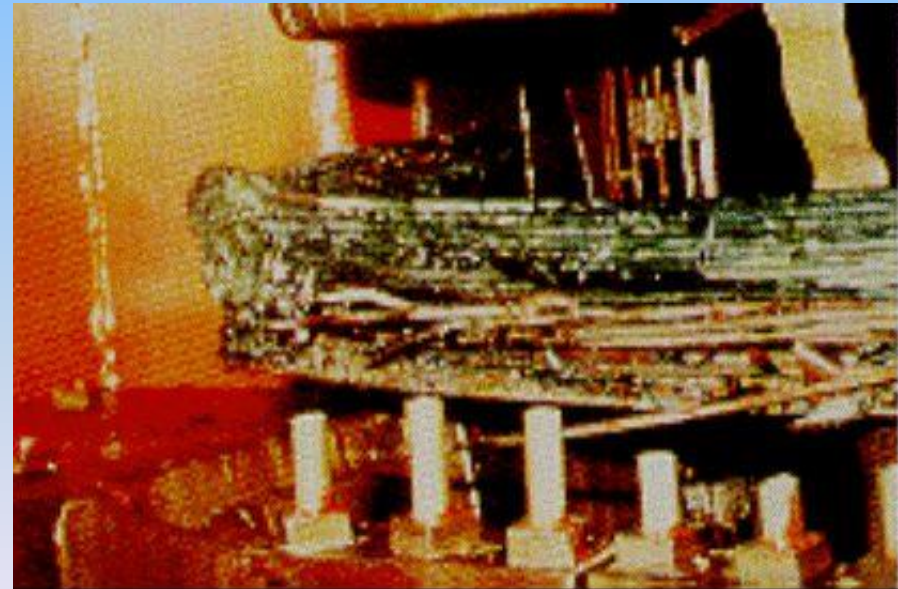
Severe internal damage caused by
the space storm of 13 March, 1989.



Efectos no deseados de las tormentas magnéticas



Aurora, the Roman goddess of dawn



An electric power transformer destroyed by induced currents during a large magnetic storm. In April 1994, five transformers in the Chicago area failed in association with elevated geomagnetic activity.

'Solar Flares' o Fulguraciones solares



Classification	Peak Flux Range at 100-800 picometre (Watts/square metre)
A	$< 10^{-7}$
B	$10^{-7} - 10^{-6}$
C	$10^{-6} - 10^{-5}$
M	$10^{-5} - 10^{-4}$
X	$10^{-4} - 10^{-3}$

Las fulguraciones solares se clasifican por su manifestación en emisión de radiación X como: A, B, C, M o X, acorde al pico del flujo (en watts por metro cuadrado, W/m^2) de rayos X entre 1 y 8 Å en el entorno de la Tierra, por ejemplo medido por la sonda GOES

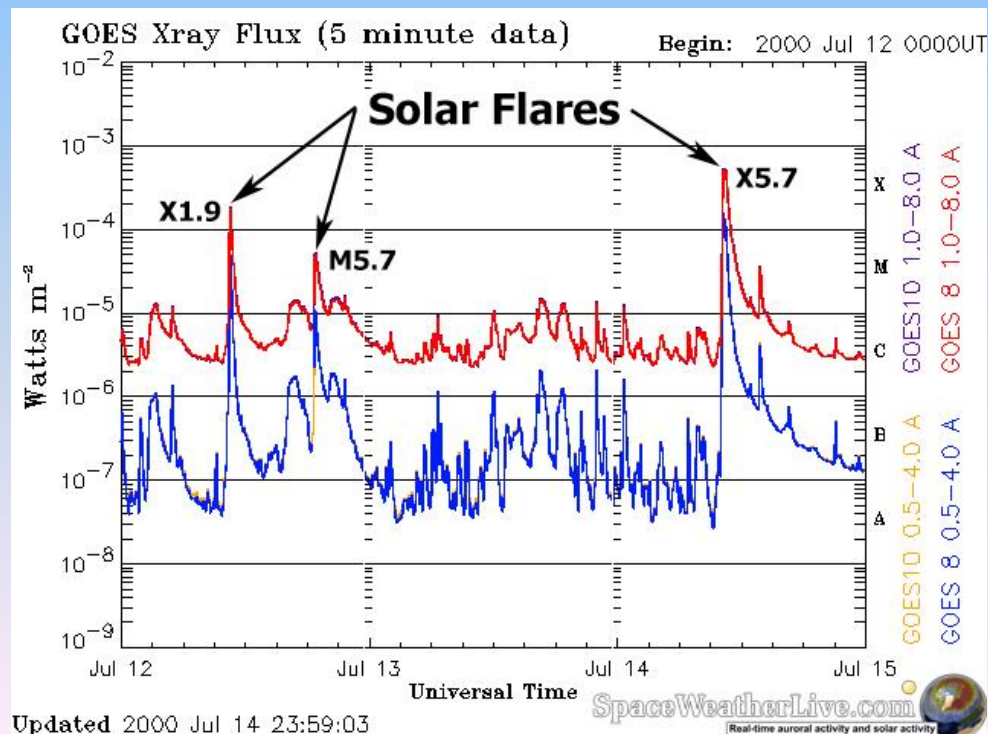
Super X for peak flux $> 10^{-3} Wm^{-2}$

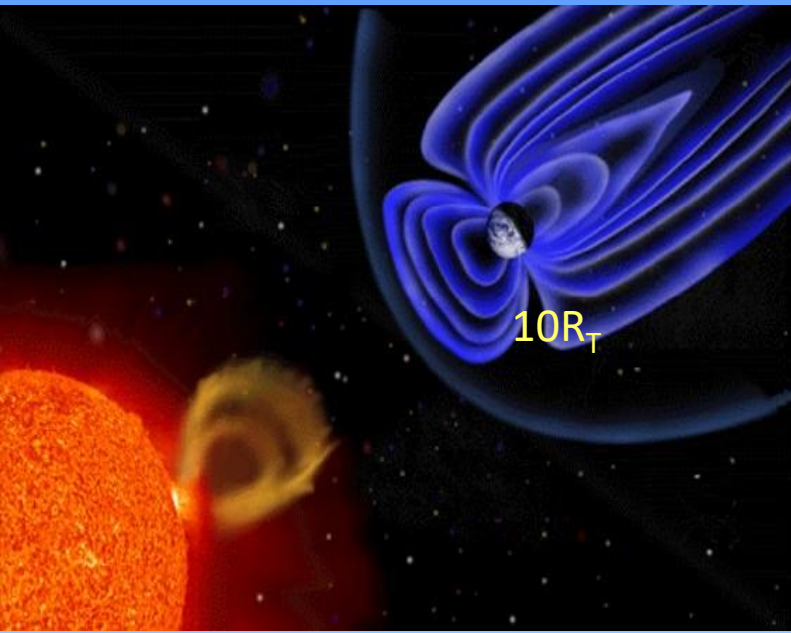
X-ray Solar Flare Classifications

X-class flares: Biggest flares - capable of causing planet wide radio blackouts and extended radiation storms.
Intensity ratings: X9-most intense, X8, X7, X6, ... X1

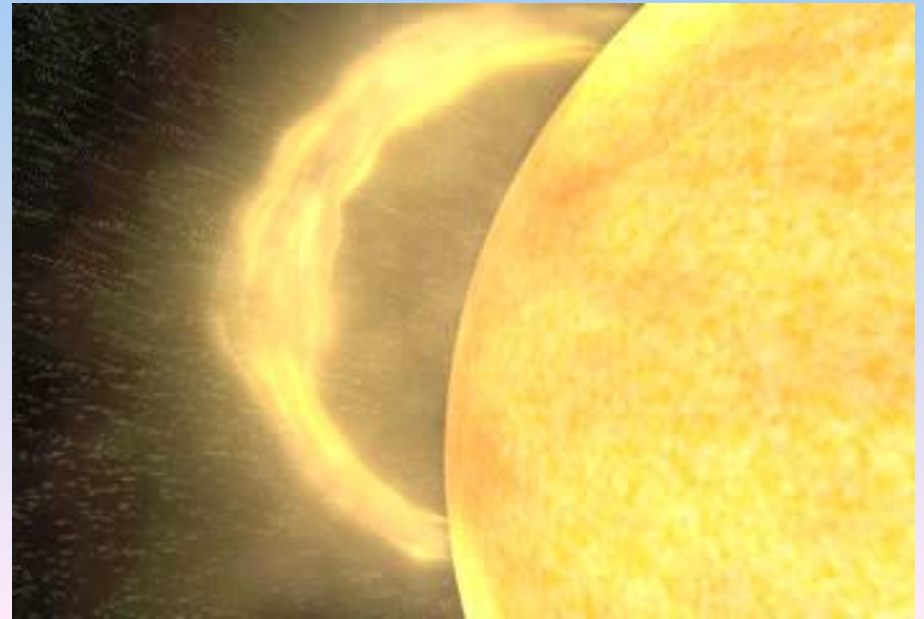
M-class flares: Medium size capable of causing brief radio blackouts and interference. Sometimes followed by radiation storms.
M9 - M1

C-class flares: Small with few noticeable consequences on Earth.
C9 - C1





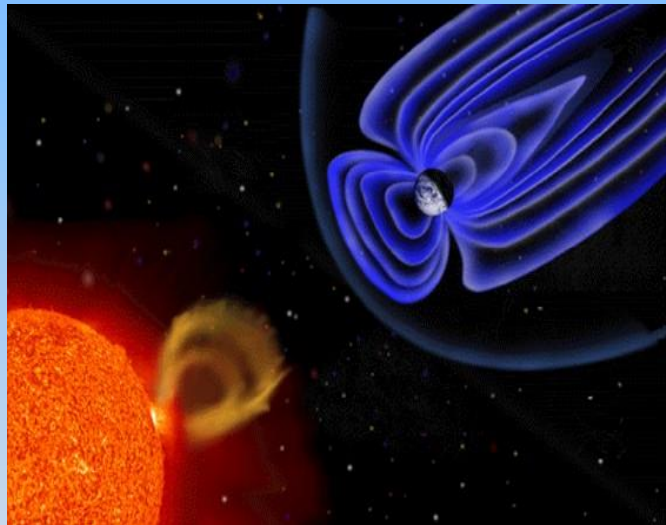
2. ¡Tormentas Magnéticas!



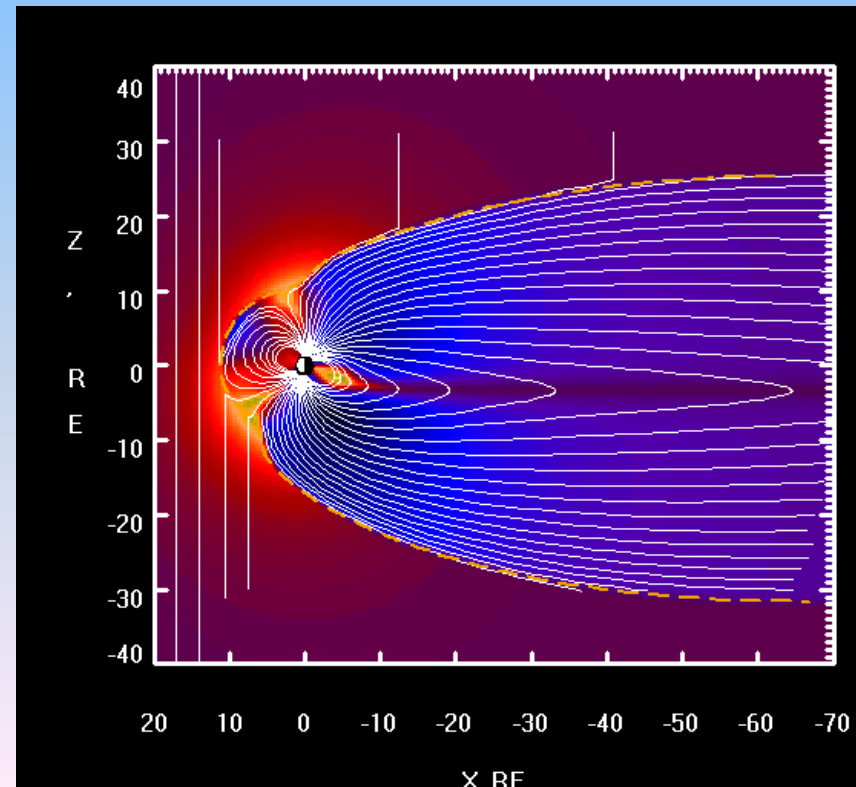
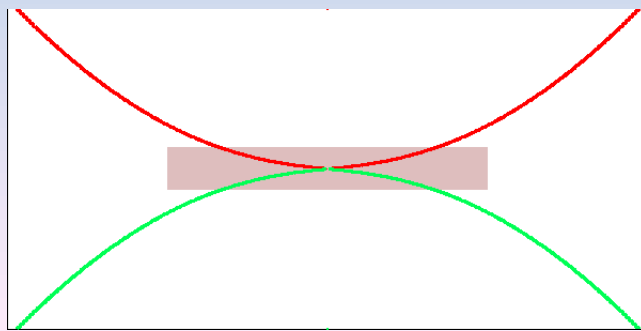
La Magnetosfera abierta por eventos solares

Resultado de la interacción del dipolo magnético terrestre con el viento solar

Eventos solares (ICMEs) producen reconexión magnética y abren el 'escudo magnético terrestre', permitiendo ingreso masivo de partículas y energía



Reconexión Magnética



¿Qué es L A G O?

LATIN AMERICAN GIANT OBSERVATORY

<http://labdpr.cab.cnea.gov.ar/lago>

Un observatorio distribuido de Detectores Cherenkov en agua

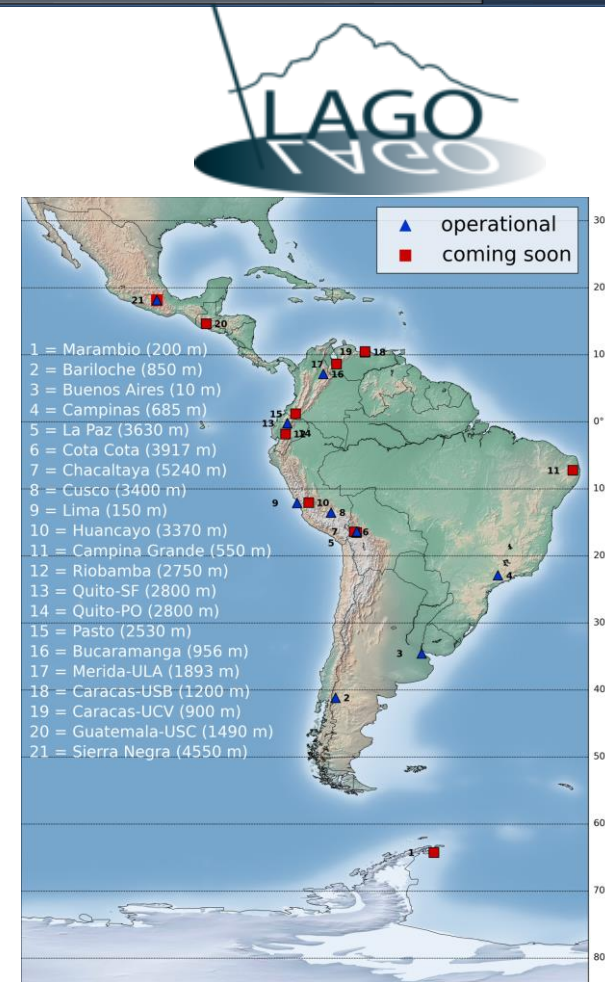
89 miembros de 29 instituciones en 10 países latinoamericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Guatemala, México, Perú, Venezuela. Y un país Europeo: España (colaborando con facilidades de cálculo)

How it works?

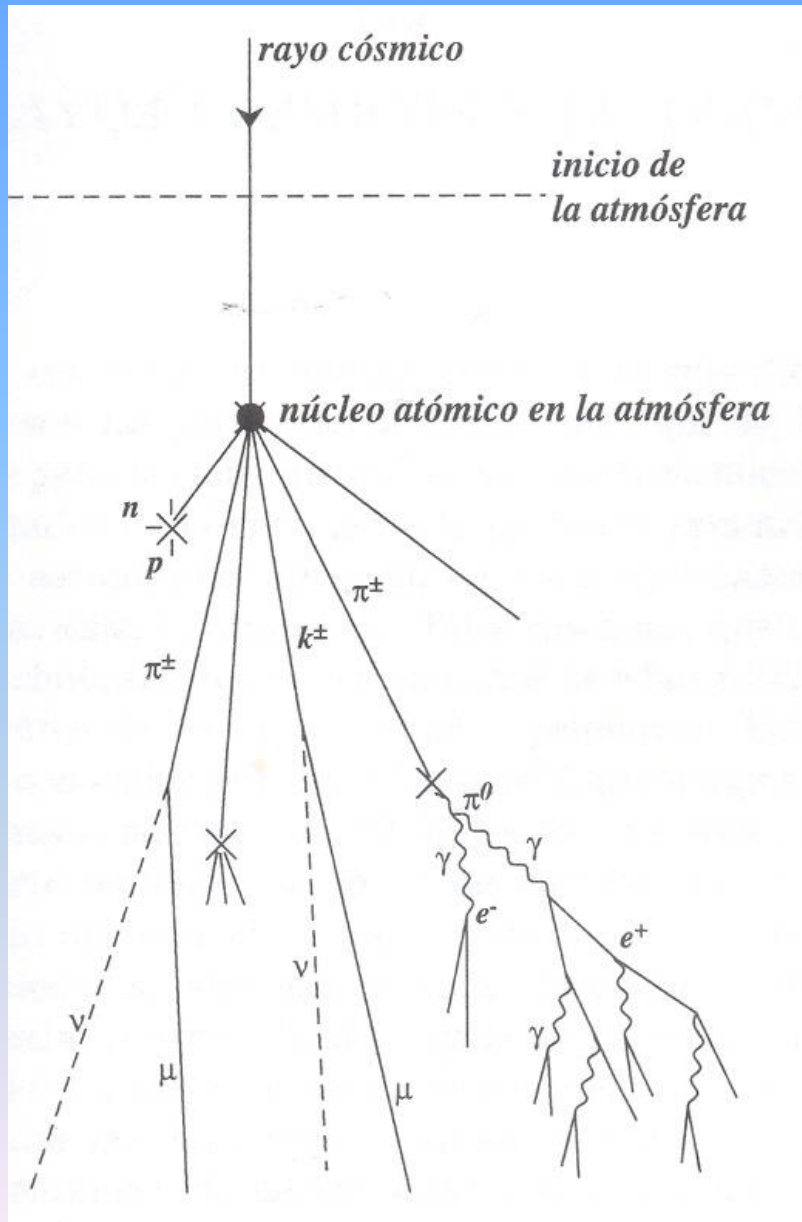
- Non-centralized, collaborative network of institutions
- 3 working groups, 10+1 members coordination committee, 1 P.I.
- Developments, expertise and data are shared across the network
- Primary objectives conducted by specific LAGO programs



- LAGO: Detectors & electronics
- LAGO Virtual (data)
- LAGO Physics (models)
- LAGO Academic

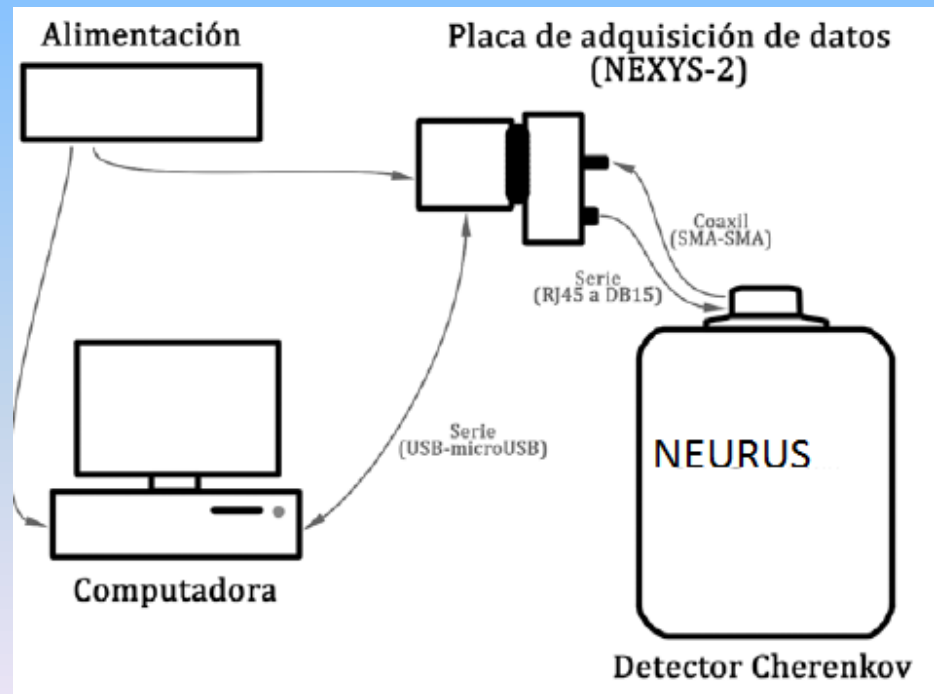


Teoría – Radiación Cherenkov



Esquema de la cascada de reacciones nucleares secundarias producida por un rayo cósmico primario en la alta atmósfera.

Debido a las velocidades relativistas muchas de estas partículas de la cascada secundaria pueden ser detectadas a nivel del suelo por detectores apropiados.



Proyecto: Nodo Antártico de la RED

LAGO (Latin American Giant Observatory)



Proyecto Interinstitucional:

- **IAFE (UBA-CONICET)**
- **Instituto Antártico Argentino/DNA**
- **CAB (Ensayos no nucleares)**

Objetivos Científicos:

***Estudio de eventos transitorios y de largo plazo en Meteorología del Espacio a través de la modulación Solar de los rayos cósmicos**

***Mediciones de radiación de fondo a nivel del suelo y a nivel de altura de vuelo**

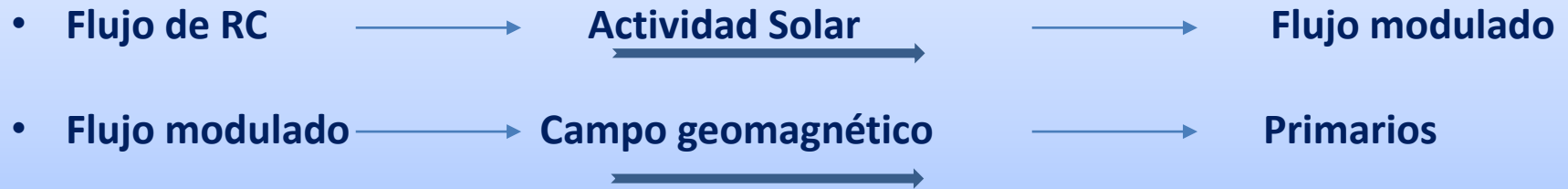
El programa de Climatología Espacial de la colaboración LAGO A través de la modulación Solar de Rayos Cósmicos de baja energía

Interacciones:



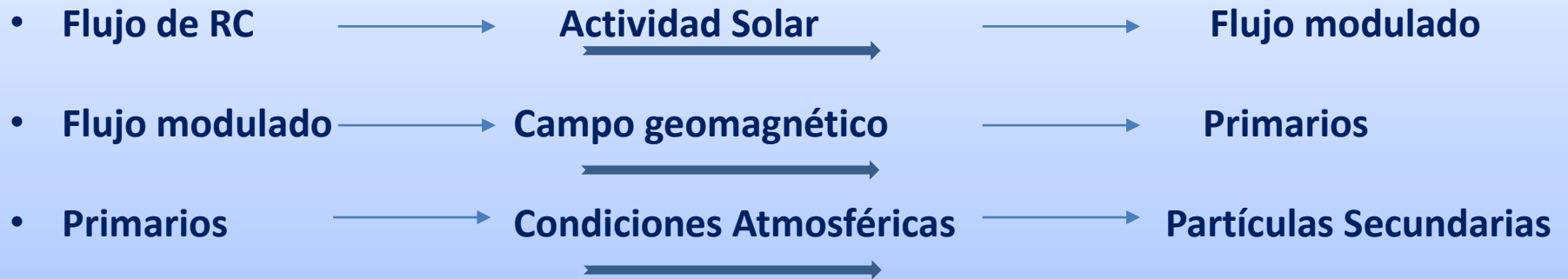
El programa de Climatología Espacial de la colaboración LAGO A través de la modulación Solar de Rayos Cósmicos de baja energía

Interacciones:



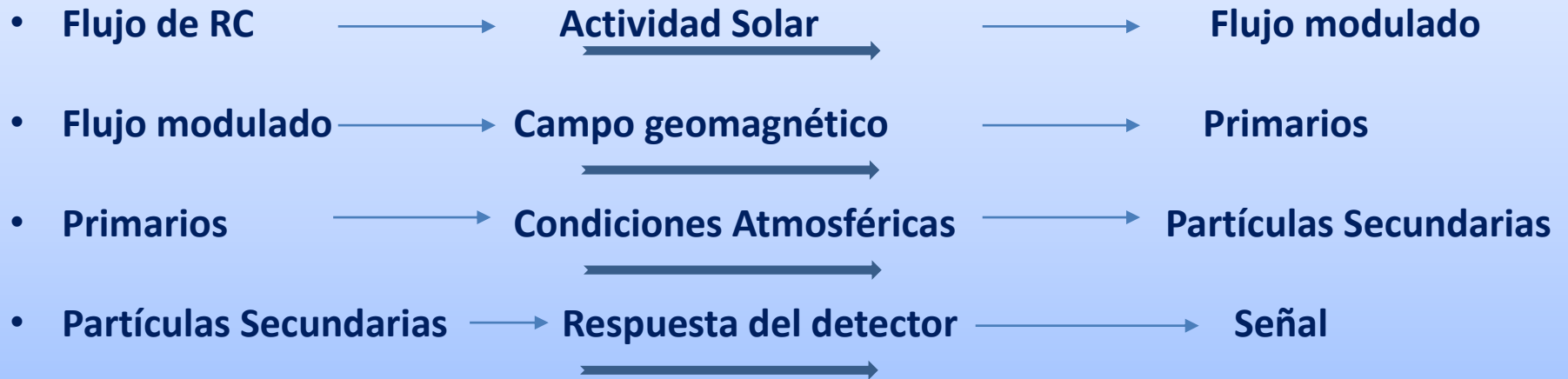
El programa de Climatología Espacial de la colaboración LAGO A través de la modulación Solar de Rayos Cósmicos de baja energía

Interacciones:



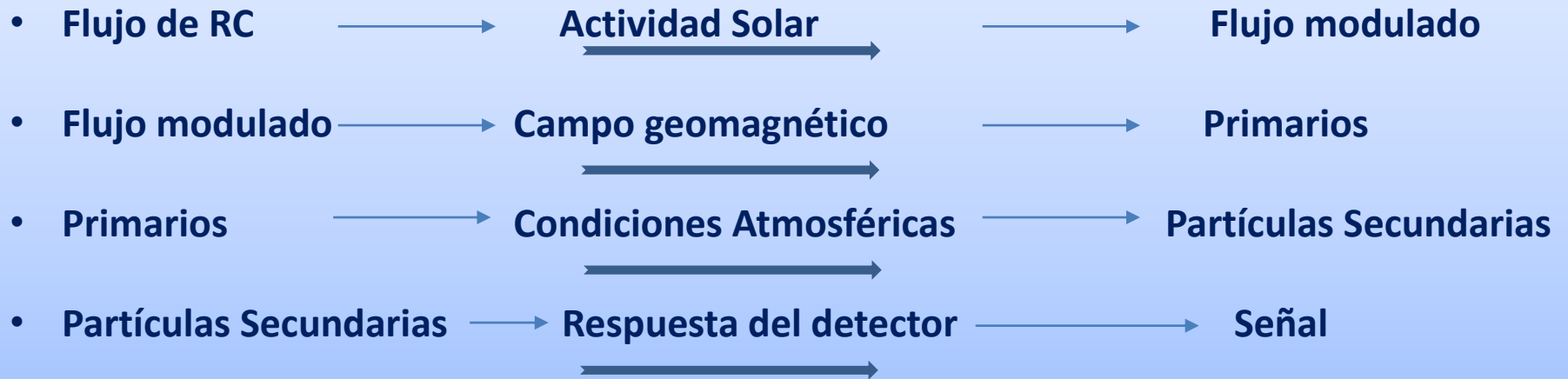
El programa de Climatología Espacial de la colaboración LAGO A través de la modulación Solar de Rayos Cósmicos de baja energía

Interacciones:



El programa de Climatología Espacial de la colaboración LAGO A través de la modulación Solar de Rayos Cósmicos de baja energía

Interacciones:

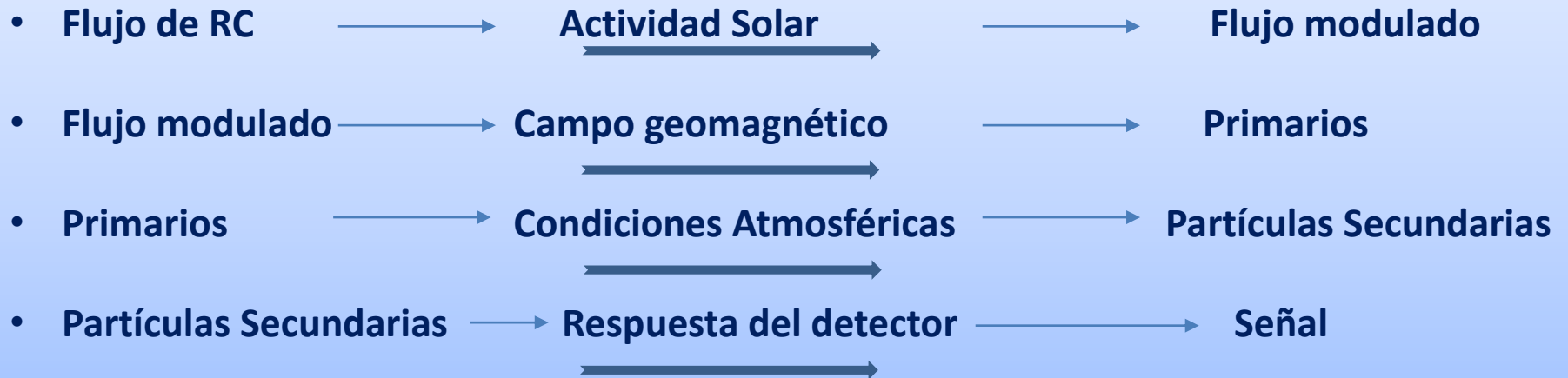


Sinergia:

Variación de las señales del Flujo de RC ↔ Actividad Solar

El programa de Climatología Espacial de la colaboración LAGO A través de la modulación Solar de Rayos Cósmicos de baja energía

Interacciones:



Sinergia:

Variación de las señales del Flujo de RC ↔ Actividad Solar

Capacidades de LAGO: Análisis Multi-espectral

Mediciones simultáneas de partículas secundarias a nivel del suelo y distintas alturas y rigideces de corte en tres bandas: EM, μ y dominada por multi-partículas



Se realizaron estudios para emplazamiento incluyendo de **resistividad del suelo**, direcciones predominantes de vientos etc.

Proyecto institucional IAA aprobado (**INST-20-2012/13**) en el plan Anual Antártico

PICT-2013-1462
PIP-11220130100439CO (CONICET) para construir un prototipo del detector y un detector para monitoreo permanente en Buenos Aires

PIDDEF 2014/2017 n° 08 para construir el detector a instalar en Antártida

Primer Nodo Antártico de LAGO: en Marambio (Lat. $64^{\circ} 14'24.96''$ S, Long. $56^{\circ} 37'30.34''$ W), (196 m a.s.l.).

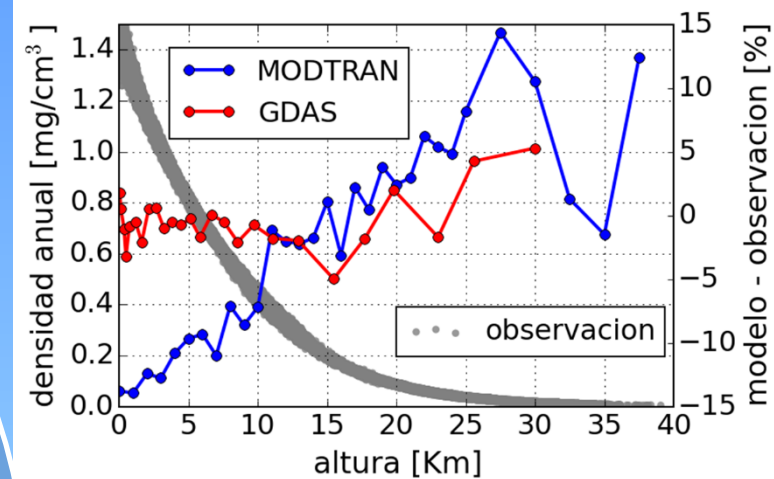


Para realizar simulaciones de RC es necesario calcular la profundidad atmosférica

$$\chi(l) = \int_l^{\infty} \rho(l) dl$$

Caracterización de la atmósfera de Sitio necesaria para el correcto modelado de las cascadas de RC

- Caracterizamos los perfiles verticales de **temperatura y presión** para Marambio utilizando sondeos con globos
- Tomamos los promedios para cada nivel de altura a partir del **re-análisis GDAS en un entorno de Marambio**.
- A partir de presión y temperatura calculamos los **perfiles de densidad** en altura utilizando la composición de la atmósfera estándar y sus pesos moleculares.
- Comparamos estos perfiles con los modelos de **atmósfera MODTRAN** utilizados en simulaciones CORSIKA



Ejemplo de Comparaciones: Perfil observado con sondeos (en gris). Las diferencias porcentuales con el modelo MODTRAN de Atmósfera Estándar (en azul), y las obtenidas a partir de GDAS (en rojo). Las diferencias porcentuales presentan su escala en el eje de ordenadas del lado derecho

Resultados de la caracterización de sitio



Caracterizamos el **perfil en altura de temperaturas y presiones** desde 1998 hasta 2014 con sondeos y desde 2008 a 2014 con datos de la **red GDAS**. (Los Datos fueron procesados por Viviana López).



Calculamos el perfil de **densidad** a partir de los datos de presión y temperatura



Comparamos nuestros resultados con los modelos MODTRAN



Los perfiles de Atmósferas de MODTRAN (estándar y sub ártica) difieren en los 7 primeros km de altura por lo menos en un $\sim 10\%$ mientras que los obtenidos con GDAS modelan mejor el perfil observado con diferencias porcentuales menores al $\sim 3\%$. Nuestras próximas simulaciones de lluvias de RCs usarán perfiles GDAS

El detector de rayos cósmicos
por efecto Cherenkov

Desarrollado en el IAFE

Equipo de trabajo:

Dr. Dasso, Dra Gulisano

Personal de Apoyo IAFE:

Ubaldo Ereñu

Maximiliano Ramelli

Omar Areso

Matias Pereira

Personal de Apoyo IAA:

Héctor Ochoa

Asistencia Técnica:

Colaboración LAGO

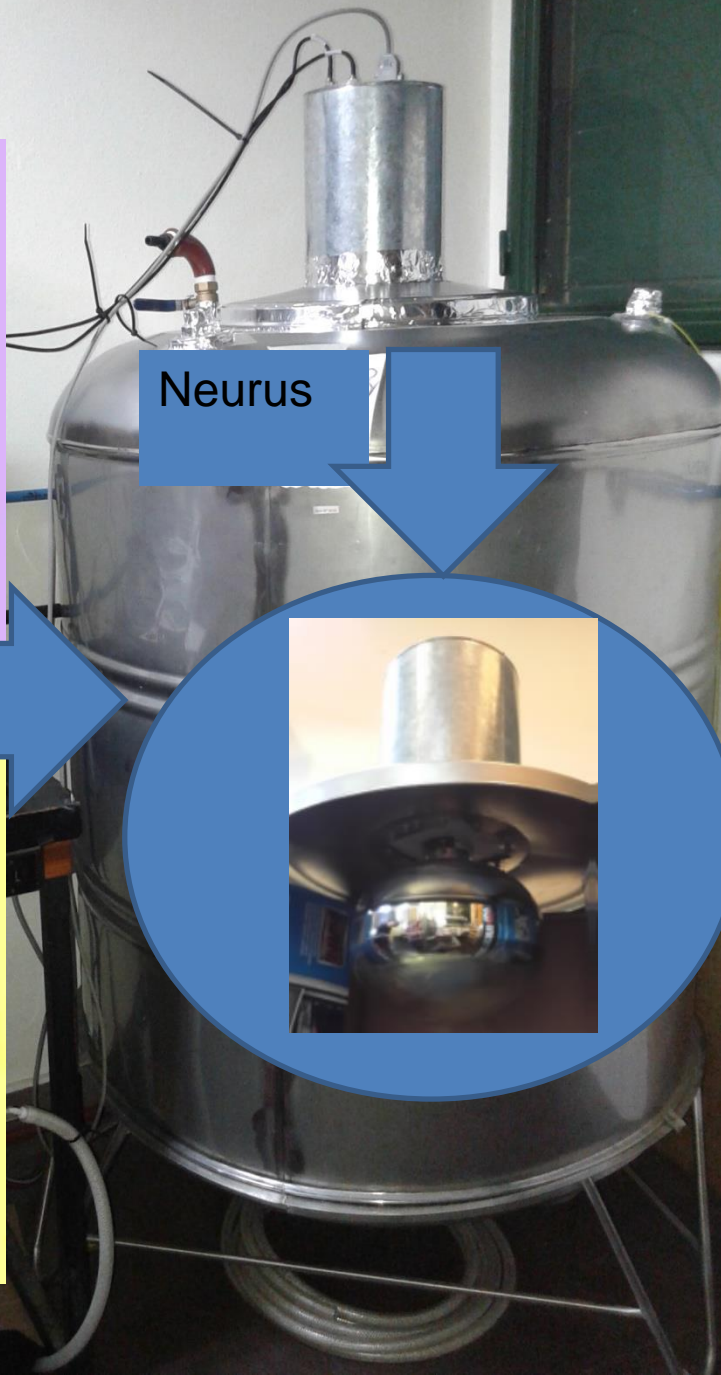
Estudiantes de

Laboratorio 6 y 7:

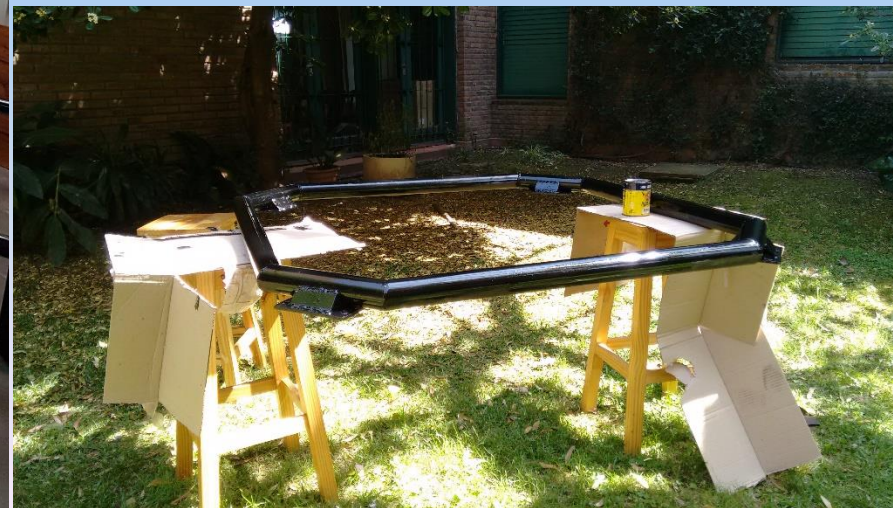
Francisco, Maximo, Tiago y

Ludmila

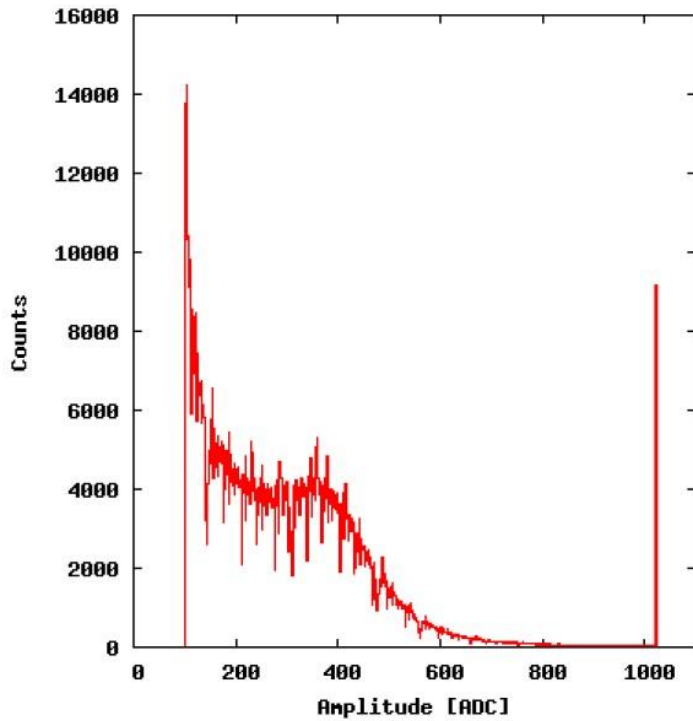
Se planea instalar un detector similar
en Antártida (en desarrollo)
mientras en el IAFE se realiza
monitoreo permanente



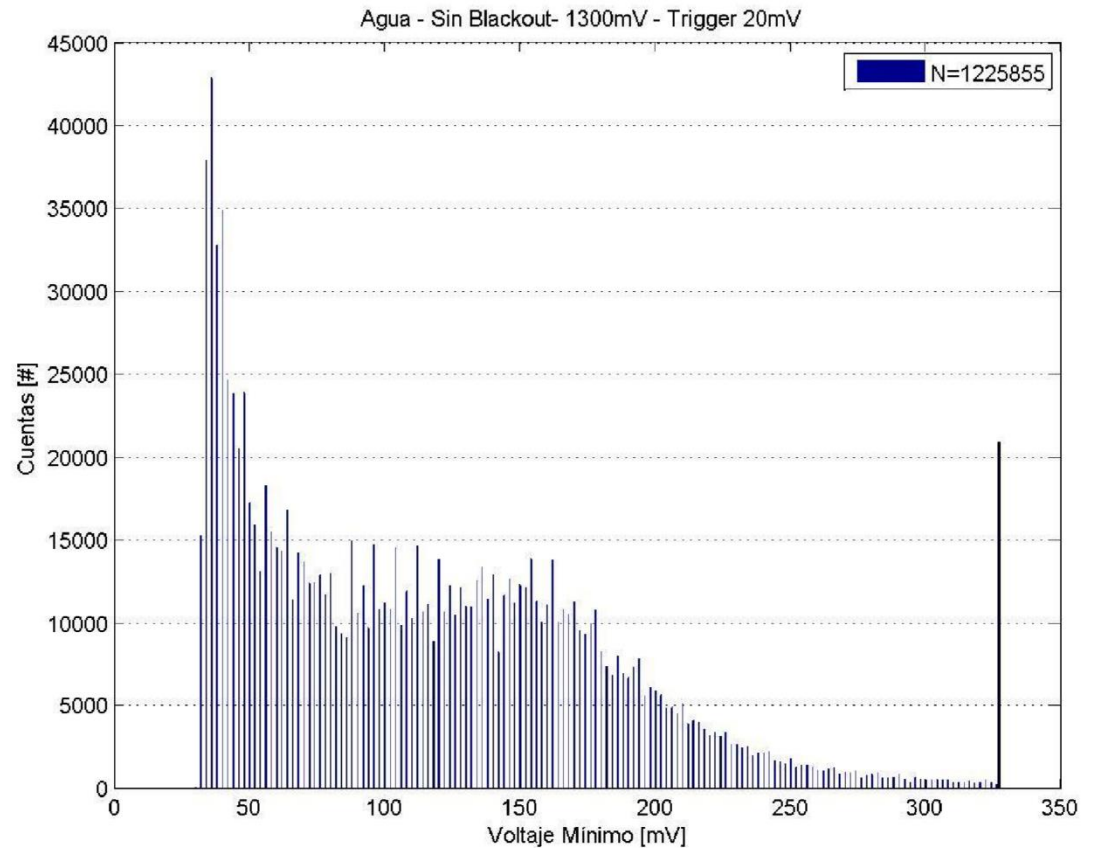
Nuevo Detector en desarrollo para enviar a Antártida



Histograma de amplitud del pulso



Esperado (observaciones de detector LAGO testeado en CAB-BRC)

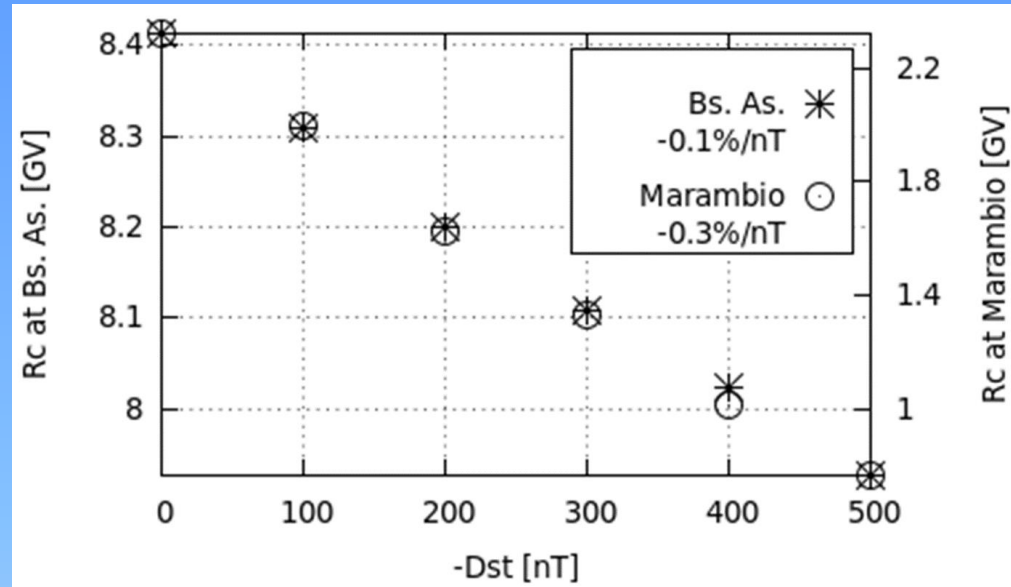


Observado en detector del IAFE

SIMULACIONES EN CONDICIONES DE TORMENTA GEOMAGNETICA

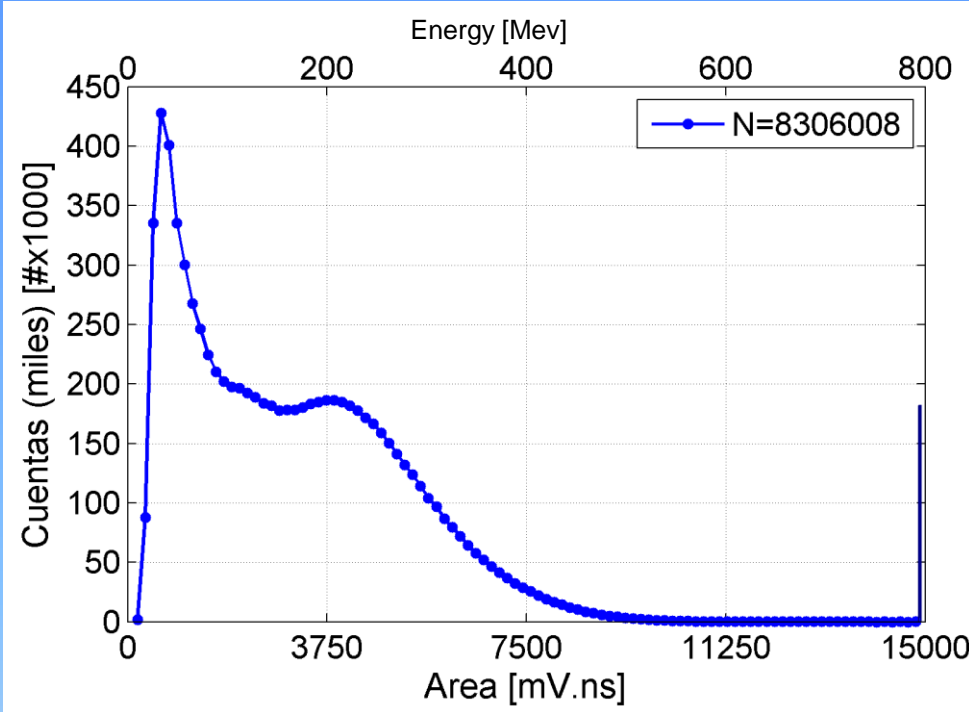
El índice Dst es un buen indicador para determinar la actividad de la magnetosfera, y es usada frecuentemente para cuantificar la intensidad de las llamadas tormentas geomagnéticas, que son Fuertes perturbaciones geomagnéticas, cuyas duraciones típicas son de ~10 horas.

La rigidez de una partícula es $R=cp/q$, donde c es la velocidad de la luz y q la carga eléctrica de la partícula. Se puede calcular una R_c efectiva para una dada localización y la dependencia de R_c con Dst es tal que para actividad geomagnética partículas menos energéticas pueden llegar a nivel del suelo comparado con condiciones calmas.



Evolución de las rigideces de corte efectivas como función del índice Dst; la tasa de decrecimiento lineal es de $\Delta R_c/\Delta Dst = -0.001 \text{ GV/nT}$ en Buenos Aires y de $\Delta R_c/\Delta Dst = -0.003 \text{ GV/nT}$ en Marambio (J. Masías-Meza & S. Dasso, Sun and Geosphere, 2014)

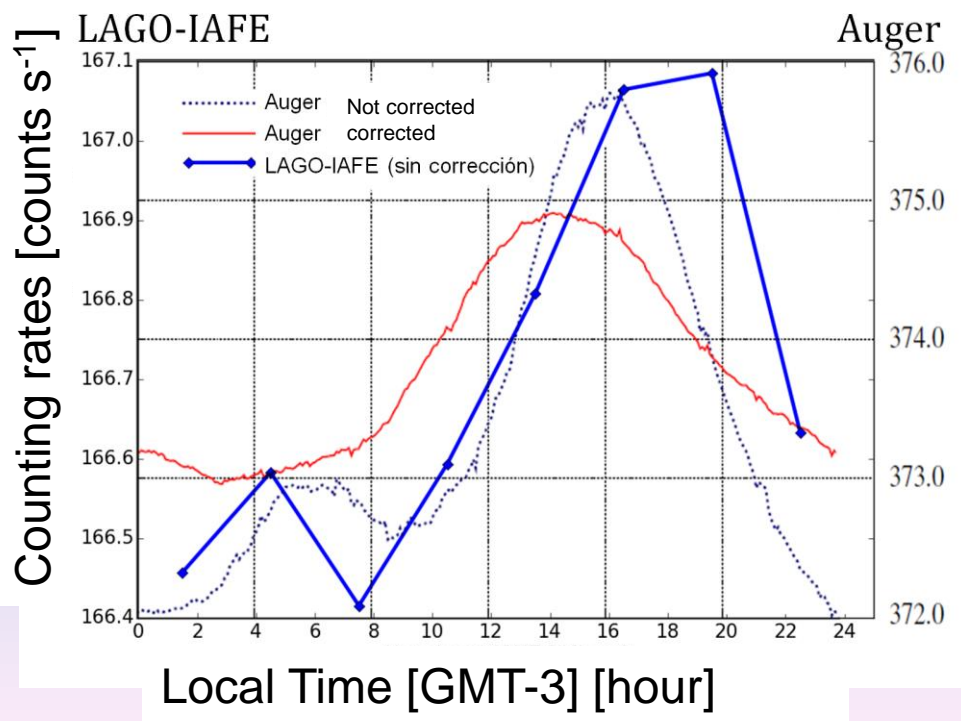
Pulsos típicos observados en el osciloscopio



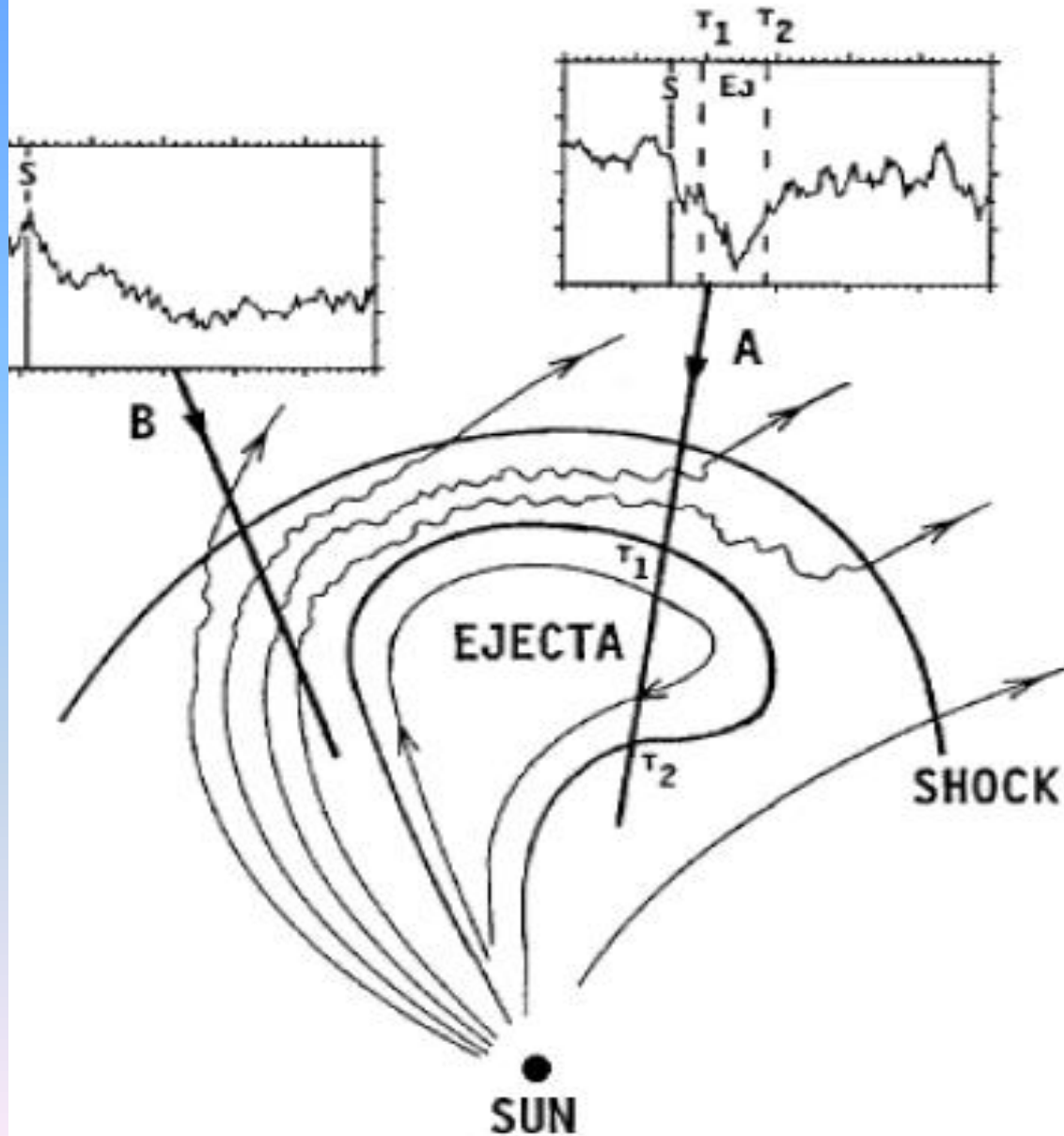
Calibración de Muón vertical Equivalente

Modulación Diaria, no corregida por presión en el IAFE, y comparación con Observaciones del observatorio Pierre Auger.

Los puntos azules corresponden a los centros gaussianos de los histogramas de intervalos de 3 horas usando la técnica: Superposed Epoch Analysis

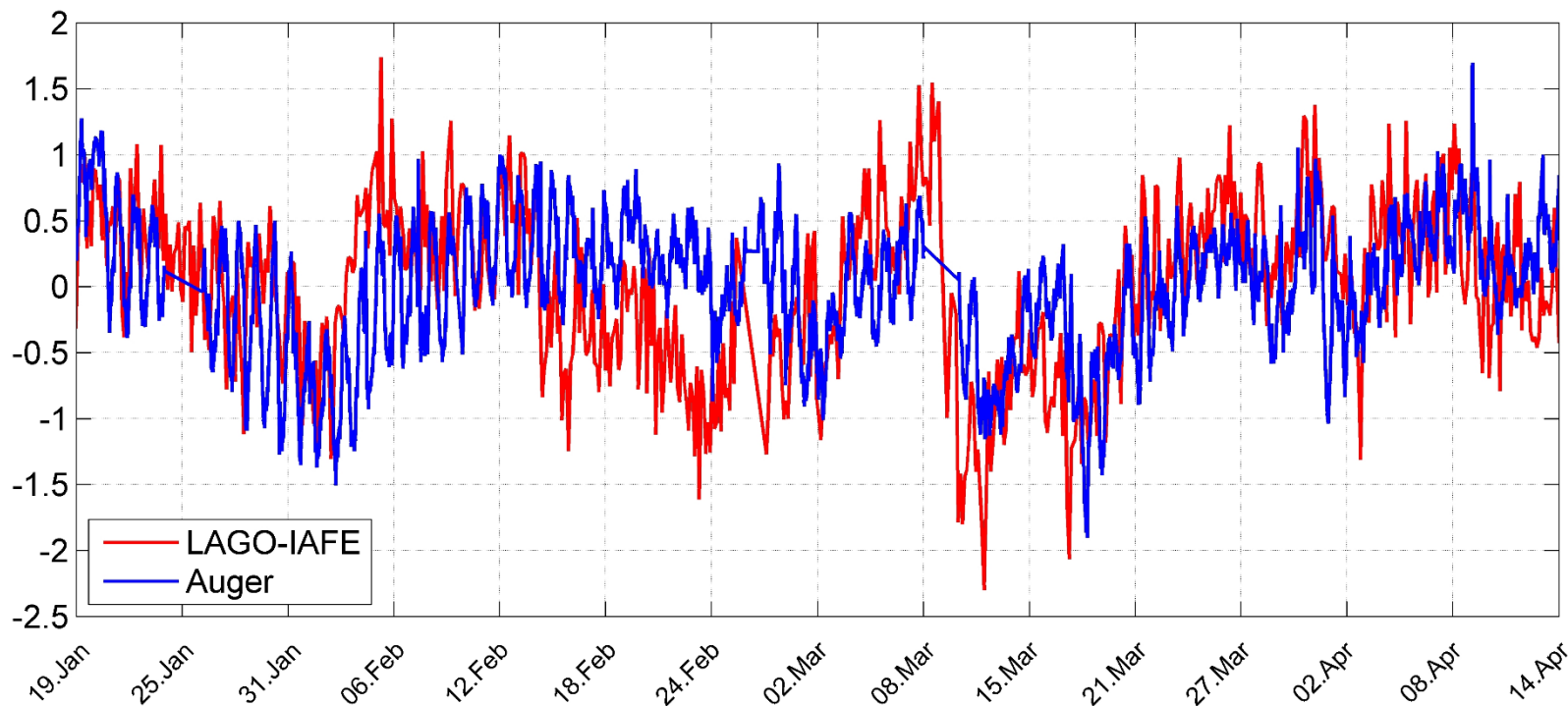


Decrecimiento Forbush



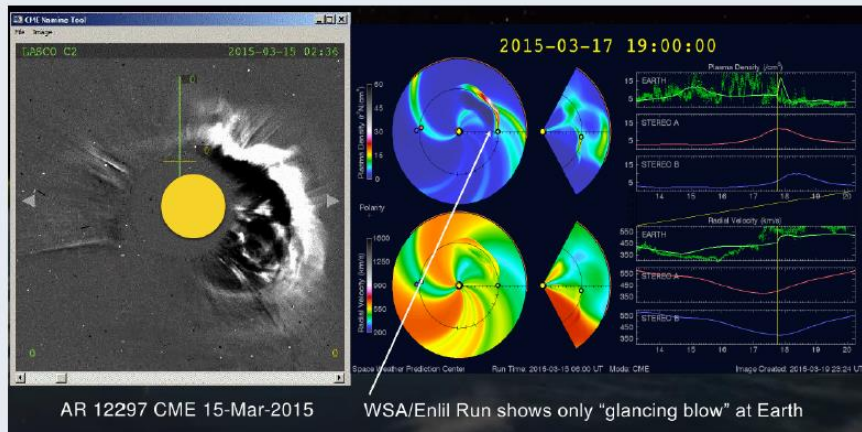
Las CMEs, ICMEs y/o nubes magnéticas impiden la difusión de rayos cósmicos dentro de la estructura lo que se traduce en un decrecimiento de rayos cósmicos observados en la Tierra

Relative deviation [%]



Desviación Relativa de las tasas de conteo corregido por presión desde el 19 de enero hasta el 14 de abril de 2015 medido en el IAFE y la comparación con los scalers de baja energía del Observatorio Pierre Auger.

St. Patrick's Day 2015



Decrecimiento Forbush medido en el IAFE

17/03/2015

¡OPORTUNIDADES!

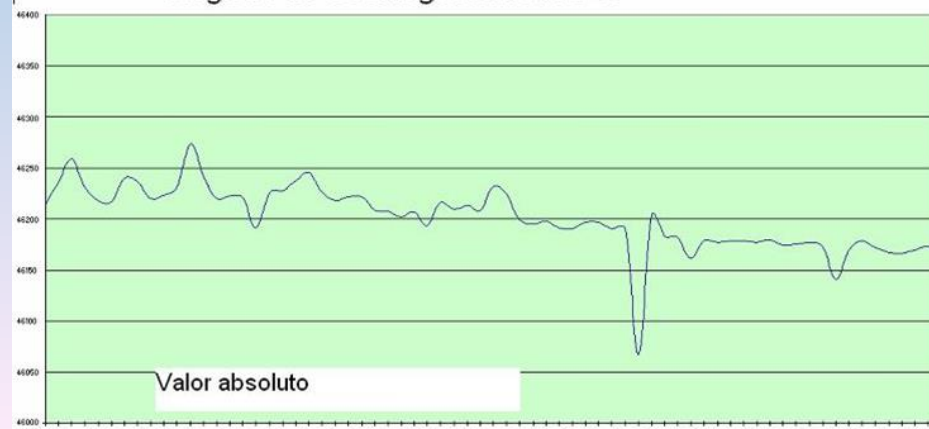
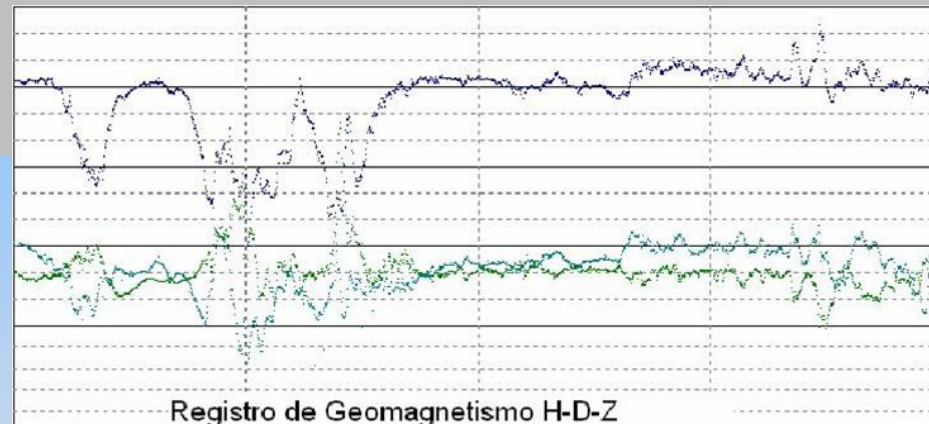
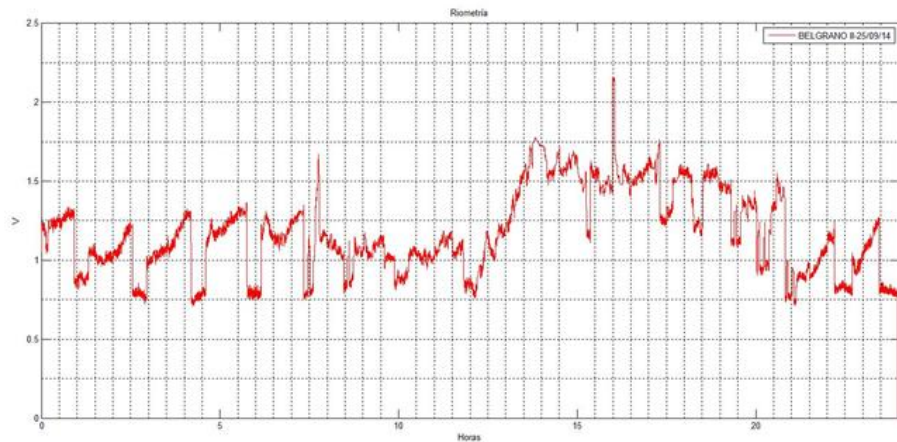
Antártida

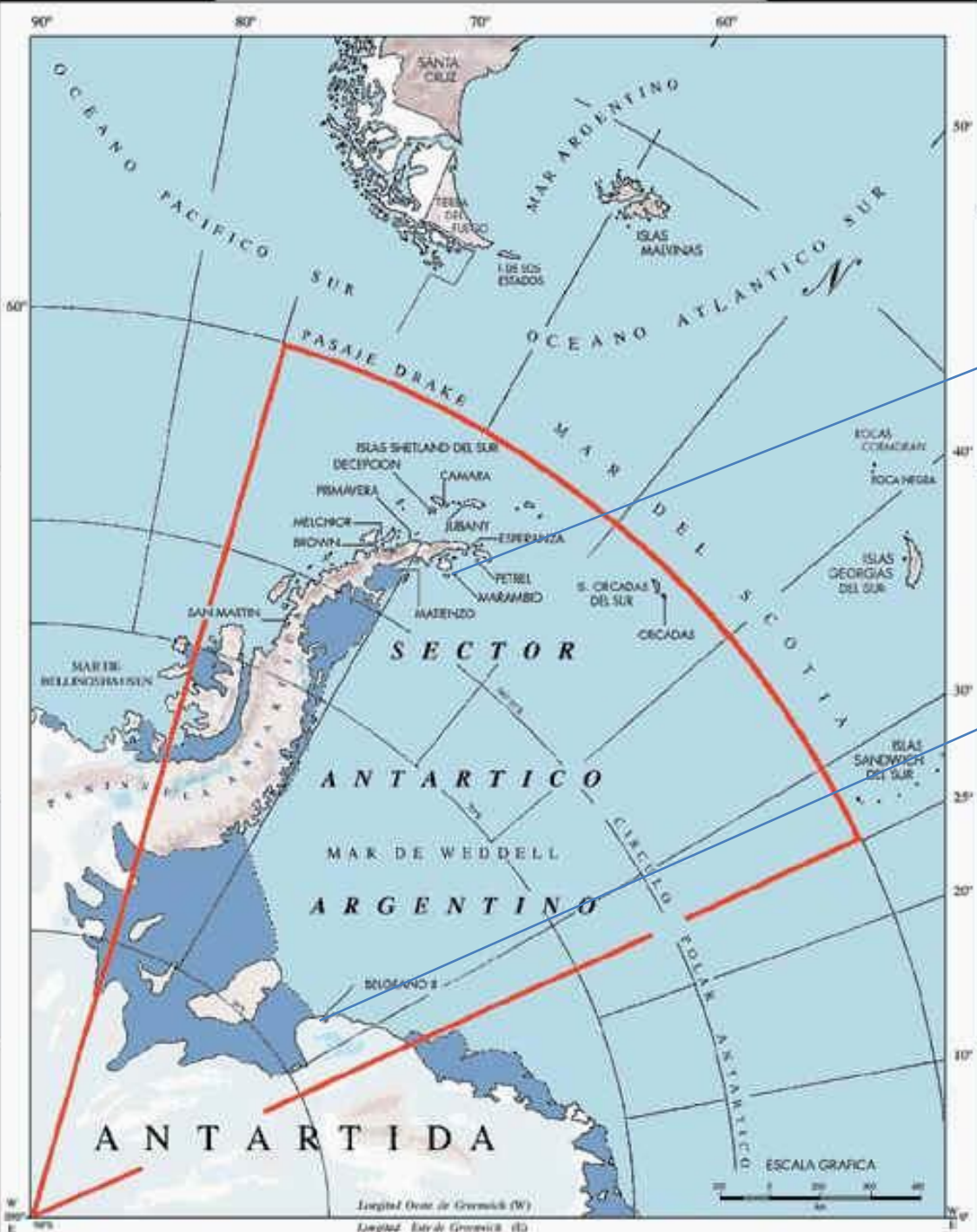
Estaciones Ionosféricas: **San Martín** (-68.1; 293; Modip: -60.2)
Belgrano II (-77.9; 321.4; Modip: -68.56)

Instrumentos:

sondadores ionosféricos IPS42 Mca. KEL Aerospace
magnetómetros EDA Fluxgate
riómetros La Jolla Science sintonized at 30Mhz.

En Belgrano II (existe también magnetómetro protónico)
Para solicitar datos contactar a la Bases de Datos Antárticos
(diegogidna.gov.ar)





MARAMBIO

BELGRANO II



Programa de Meteorología del Espacio

Gráficos de datos geomagnéticos, de riometría, ionogramas en las bases San Martín y Belgrano estarán disponibles en breve para estudios de “Space Weather”

Los investigadores pueden solicitar los datos a la base de datos Antárticos de la República Argentina

Inminente viaje a Antártida para colocación de primeros sensores y pruebas de telemetría este año !!!!!

Nodo Antártico de LAGO (Latin American Giant Observatory)

- MARAMBIO: Detectores de Efecto Cherenkov (WCD) para medir flujos de rayos cósmicos y estudios de “space weather”. Se está gestionando la construcción de un laboratorio en Marambio en una primera etapa.
- BELGRANO II: WCD en una segunda etapa.

Ya estamos realizando “Resúmenes de las condiciones SWx junto al SMN”

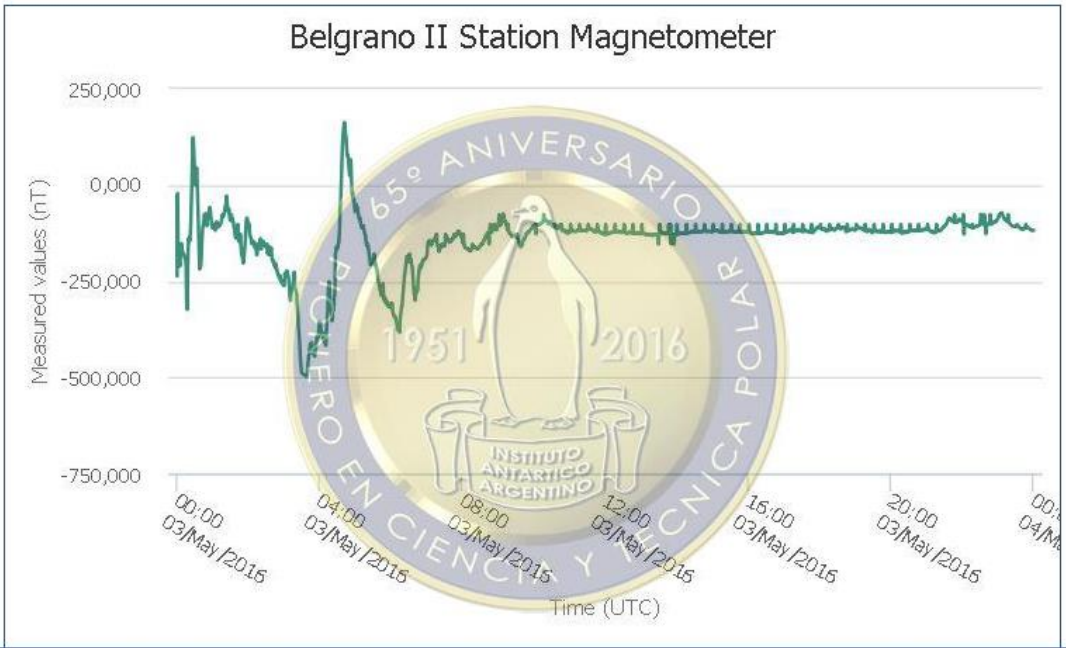
Estos instrumentos permitirán estudios **magnetosféricos-ionosféricos y estudios de física de partículas y rayos cósmicos para estudios de “space weather”, propagación de GNSS etc...**

(“Review on Space weather in Latin America 2, the research networks ready for Space Weather” Adv. In Space Research (2016) C.N Denardini, S. Dasso & Gonzalez Esparsa)

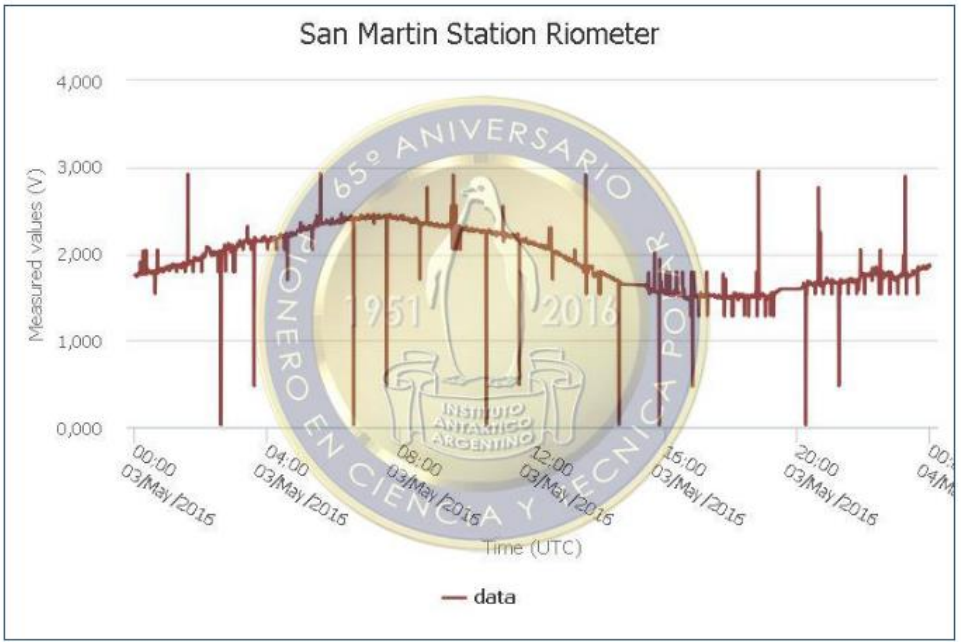
PAGINA DE PRUEBA INTERNA - DATOS METEOROLOGIA ESPACIAL
Instituto Antártico Argentino

NOTA: La presente es solo una pagina estatica de prueba interna. Los graficos aqui contenidos NO DEBEN SER REFERENCIADOS NI UTILIZADOS CON NINGUN FIN.

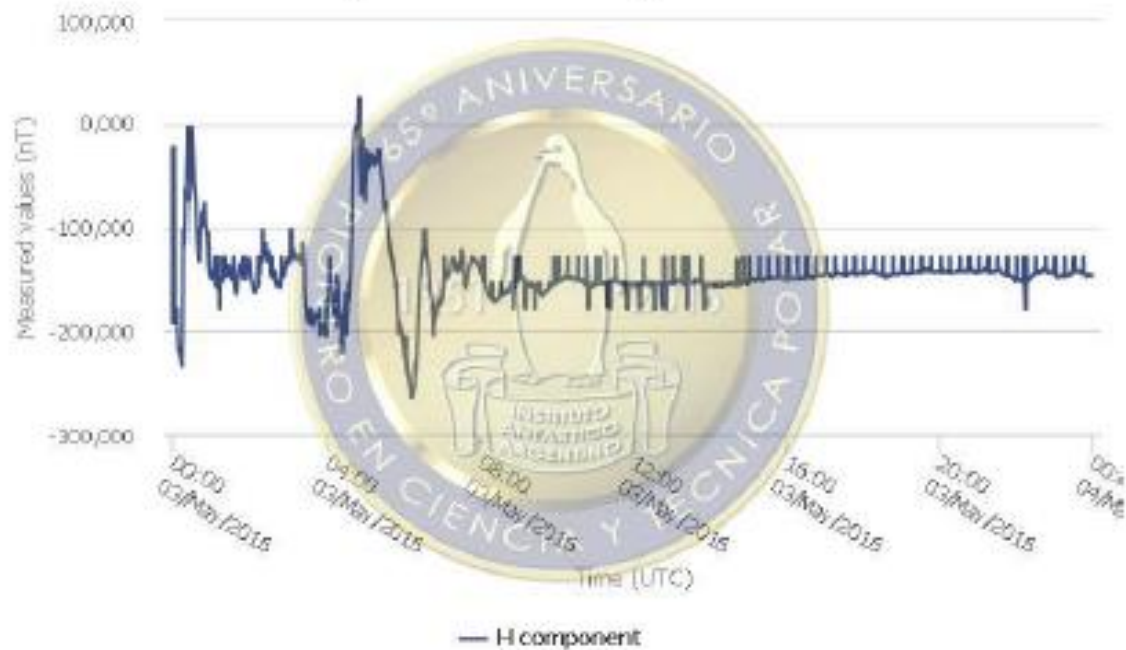
BASE BELGRANO II - 77°51'S, 34°33'W



Página web (en desarrollo) para Space Weather Operativo



Belgrano II Station Magnetometer



Belgrano II Station Magnetometer



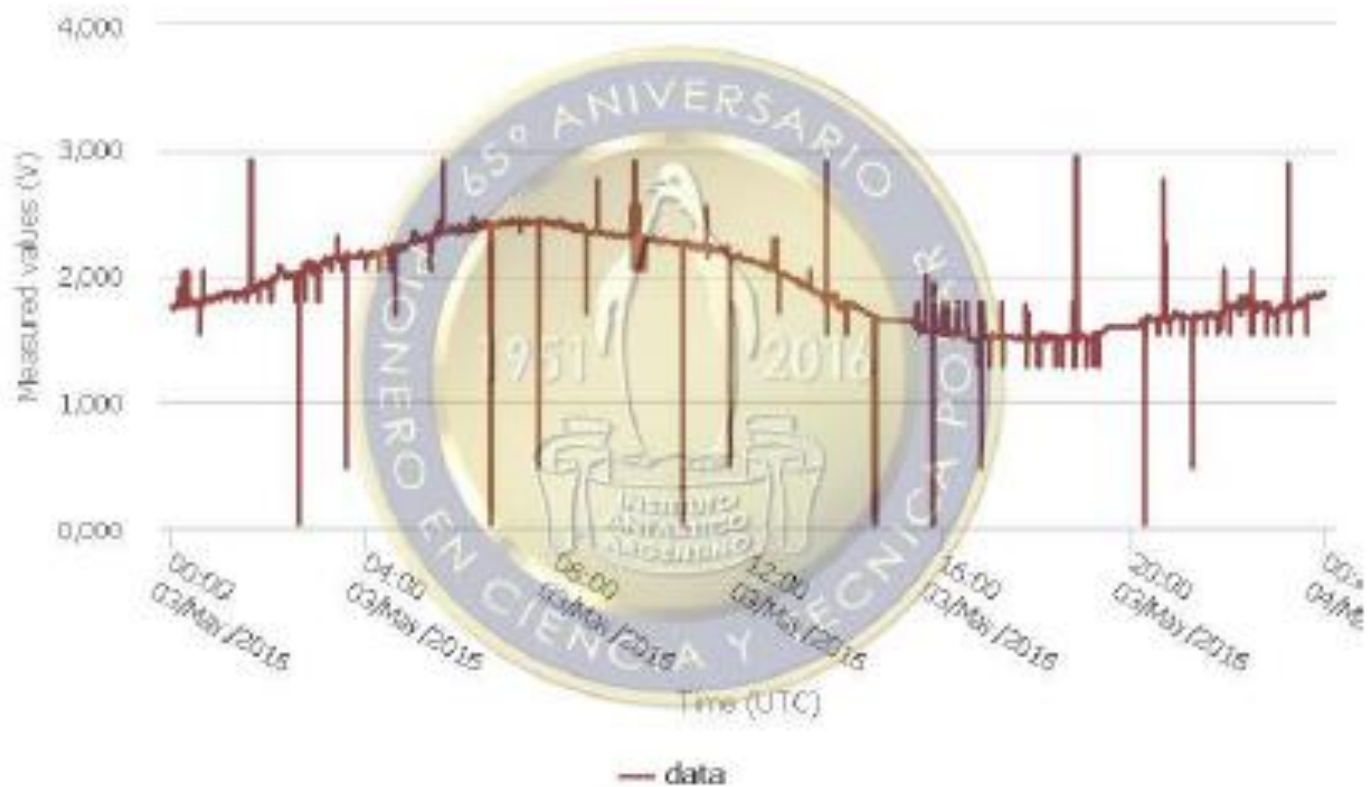


BASE SAN MARTÍN = 68°08'S, 67°06'W

San Martin Station Magnetometer



San Martin Station Riometer



Oferta Beca Doctoral Meteorología Espacial en Argentina

Convocatoria: PIDDEF

Tipo de beca: Inicial Título del proyecto: Condiciones de la Meteorología Espacial en Argentina – Causas y Consecuencias sobre niveles de Radiación de partículas.

Investigadores responsables: Dr. Sergio Dasso, Dra. Adriana María Gulisano

Tema de la beca: Meteorología Espacial en Argentina

Requisitos del becario: El candidato deberá ser Argentino nativo o naturalizado, egresado de Ciencias de la computación, Ciencias Físicas, Ciencias de la Atmósfera, Ciencias Químicas, Ingeniería, o Carreras afines, no mayor de 35 años de edad. Se evaluará el curriculum, considerando el promedio obtenido durante la carrera, los antecedentes académico-científicos y la experiencia en temas afines, actitud pro-activa, manejo de herramientas de programación y procesamiento de datos.

Se requiere copia de DNI, CUIL, CV, y del certificado analítico, plan de materias de la carrera y título de grado obtenido

Lugar donde se ejecutará la beca: Instituto Antártico Argentino (25 DE MAYO 1143, SAN MARTÍN, PROVINCIA DE BUENOS AIRES TEL: +54 (11) 2033-1420).

Esto es Antártida, en un lugar similar a éste,
colocaremos nuestro laboratorio de rayos cósmicos



email: agulisano@iafe.uba.ar



Gracias!

Podes seguirnos en [@lagoproject](#)