

Detección de la radiación cósmica y la colaboración LAGO

Dr. Yuniór Frainen Pérez araujo,
Investigador posdoctoral en el Instituto de Física-UNAM.
email: yuniorp@fisica.unam.mx

Msc. Víctor Clarizio Canelón,
Profesor de Física - UCV.
email: vclariziosaeucv@gmail.com

Radiación Cósmica

$p(100 \text{ EeV})$

p

γ

π

$P > 10 \text{ EeV}$

$P < 10 \text{ EeV}$ (No se señalan las fuentes)

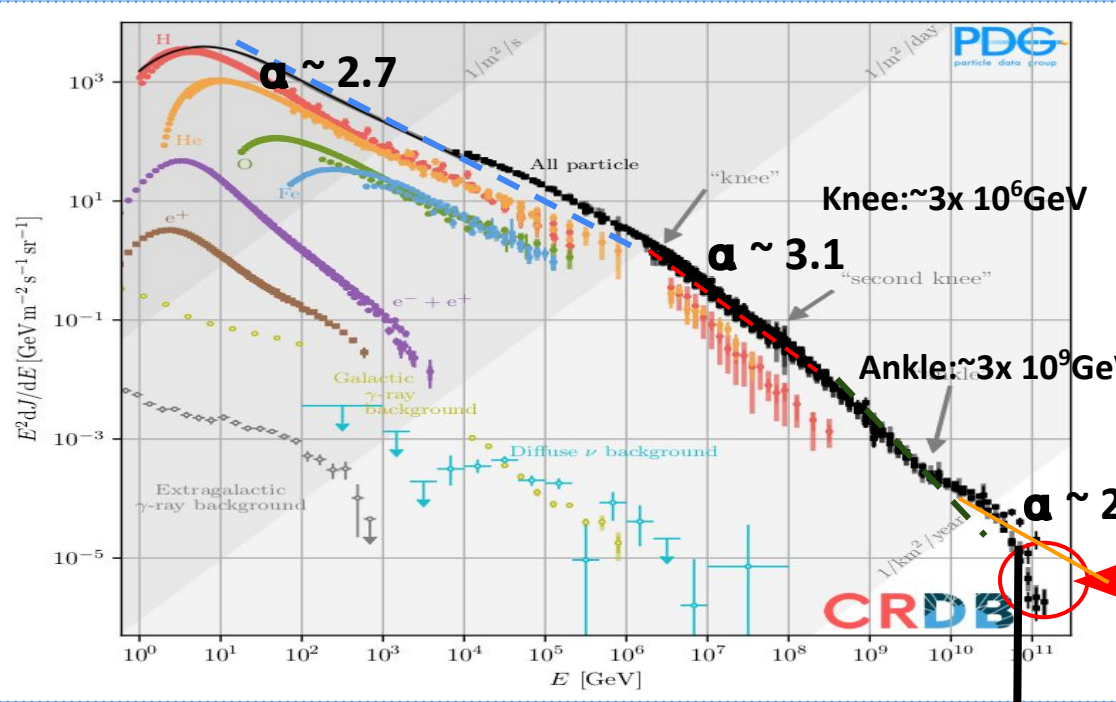
Protón

Neutrino

Charged cosmic ray
(ex.: Proton)

Gamma

Espectro de la radiación cósmica

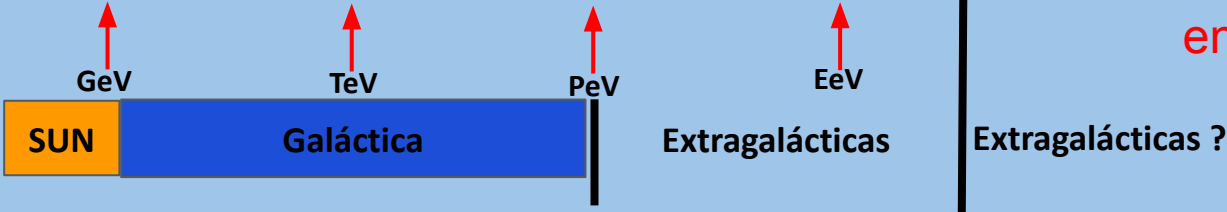


$$J(E) = \frac{dN}{dt dA d\Omega dE}$$

$$\left[\frac{1}{\text{m}^2 \text{ s sr GeV}} \right]$$

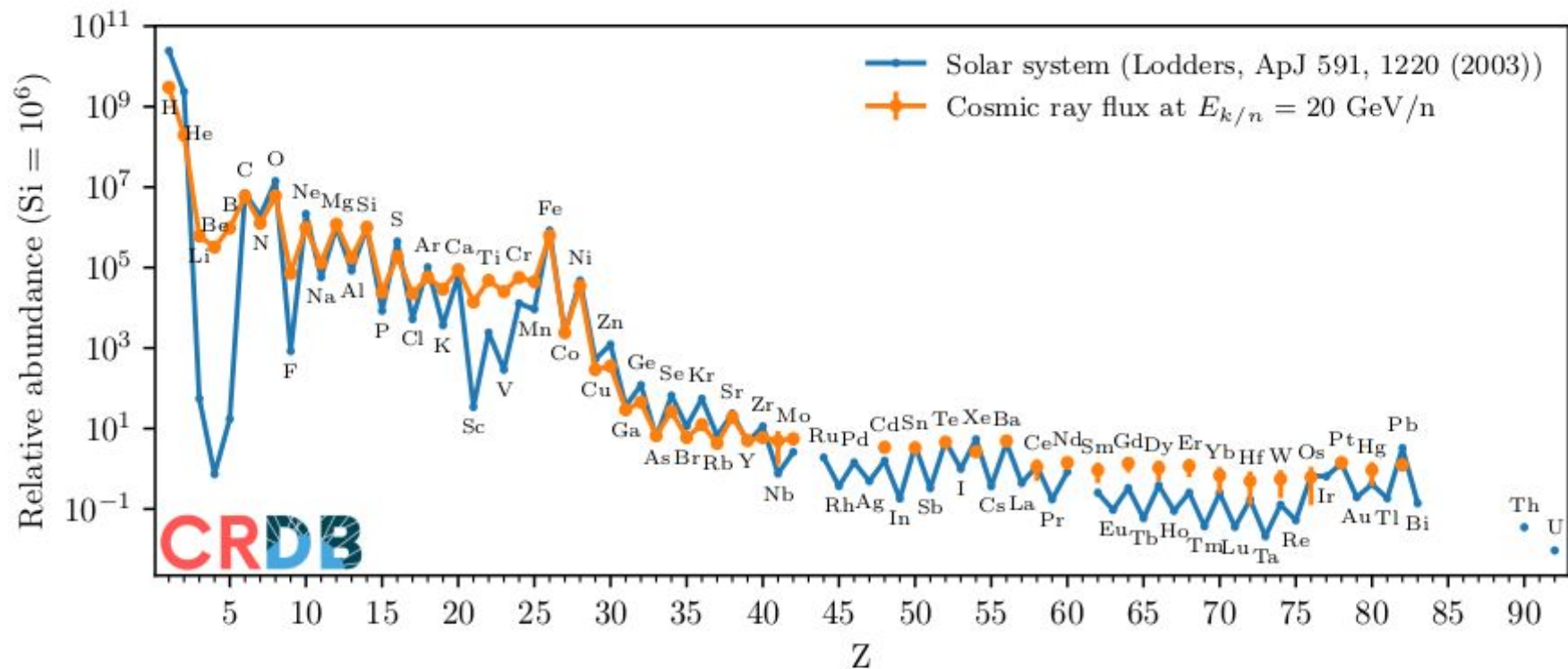
Ley de Potencia

$$J(E) = j_0 E^{-\alpha}$$



Esto es lo que aún no entendemos completamente

Espectro de rayos cósmicos y Composición.

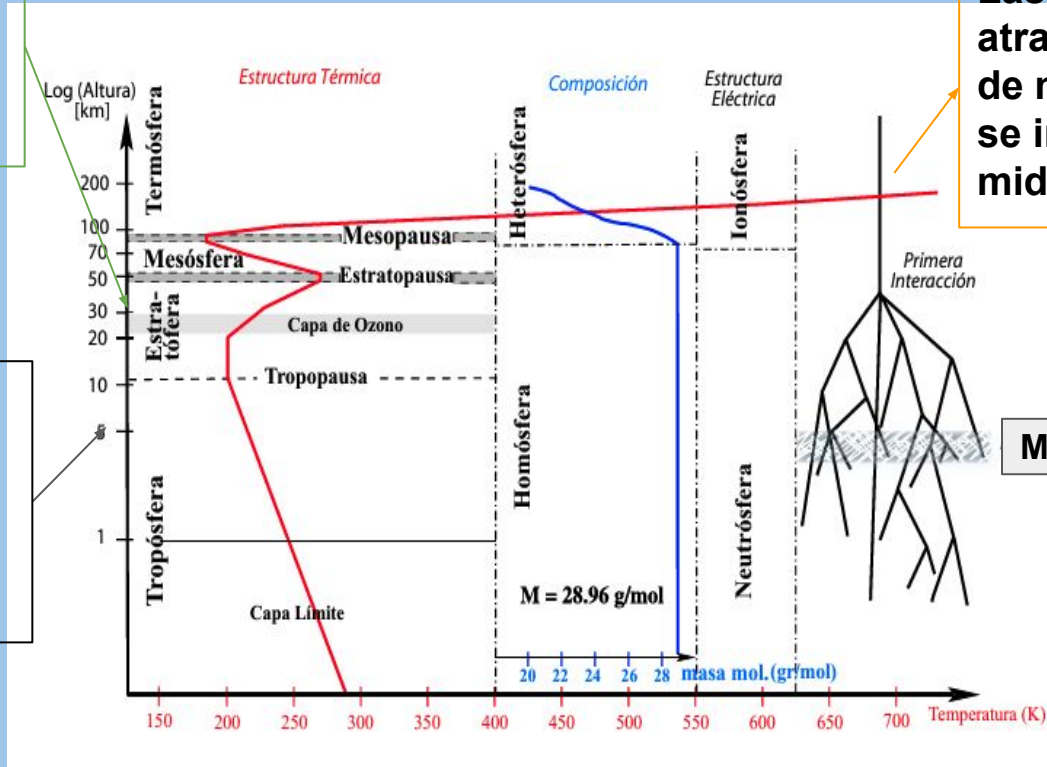


La atmósfera Terrestre y los radiación cósmica

Profundidad atmosférica

Las partículas atraviesan una cantidad de materia antes de que se inicie la cascada y se mide en g/cm^3

Máximo de la cascada

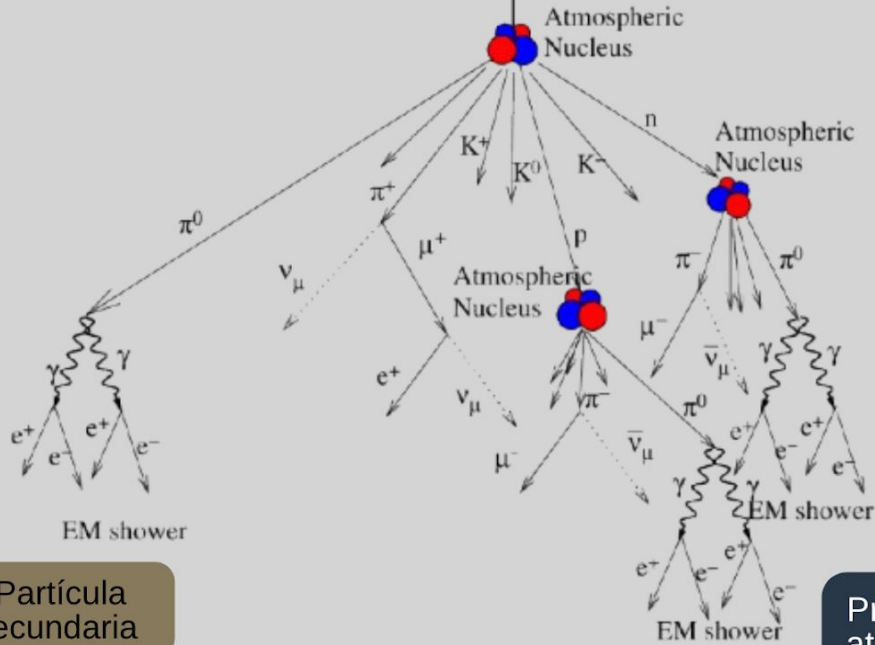


CASCADAS ATMOSFÉRICAS EXTENSAS

Partícula Primaria → cosmic ray

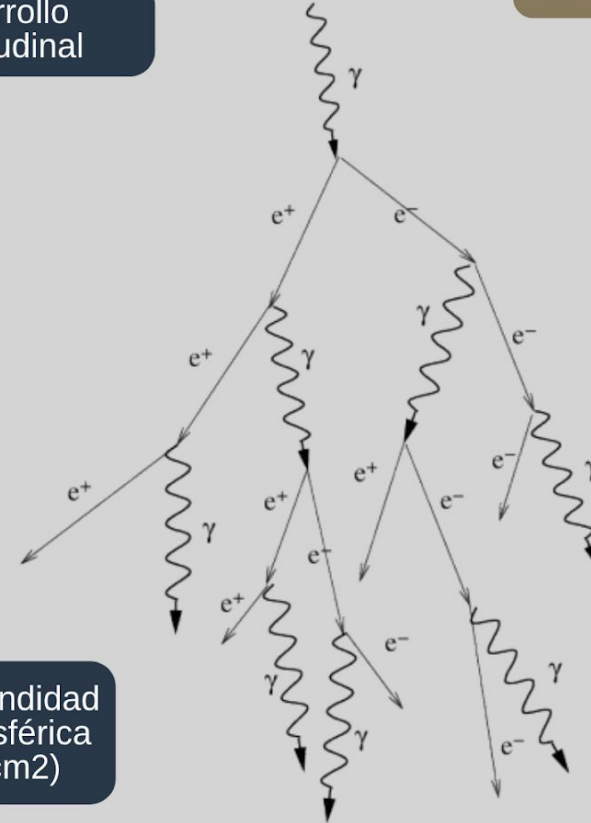
Desarrollo Longitudinal

Primary Gamma-ray ← Partícula Primaria



Partícula secundaria

Profundidad atmosférica (g/cm²)



Partícula secundaria

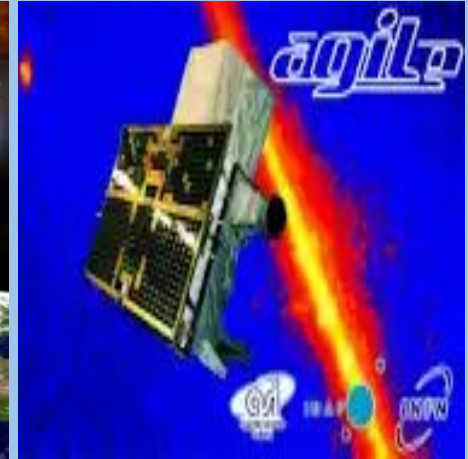
Desarrollo Lateral

Detección: radiación primaria con Satélites

Detectores Satelitales

- Observación directa sin atmósfera.
- Detectores a bordo de satélites como Fermi LAT, AGILE y Swift.
- Detectan rayos gamma mediante interacciones con **materiales sensibles**.

Rayos Gamma



Rayos Cósmicos



Ventajas

Observación continua sin interferencias atmosféricas.

Acceso al espectro completo de rayos gamma.

Alta resolución espectral.

Desventajas

Altos costos de construcción y lanzamiento.

Mantenimiento difícil o imposible.

Vida útil limitada por energía y condiciones espaciales.

***Detección de partículas secundarias producidas
por una partícula primaria con detectores
Cherenkov Atmosféricos.***

ACTs



The MAGIC Telescopes
MAGIC

TIPO: TELESCOPIO
TIEMPO DE OPERACIÓN: NOCTURNO

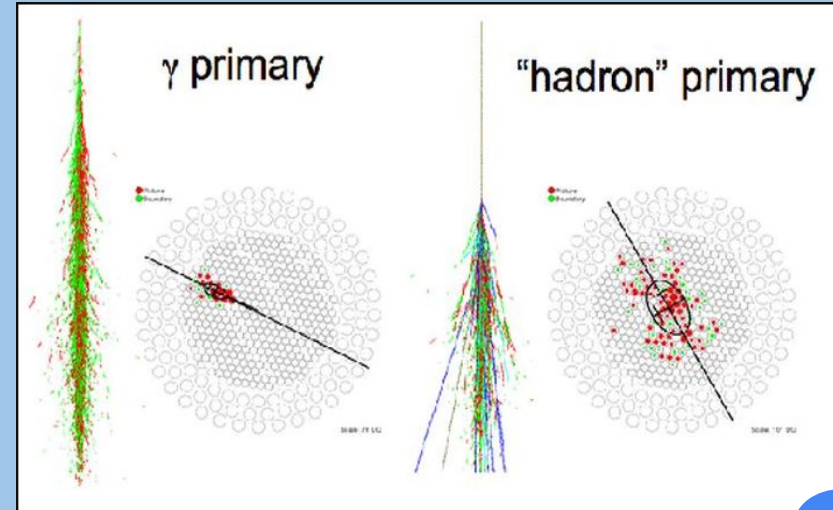
HESS
Sistema estereoscópico de alta energía



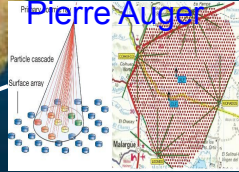
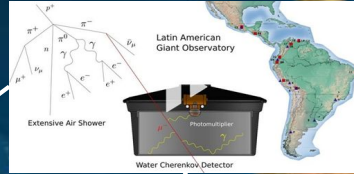
CTA



HAWC Eye



**Detección de partículas secundarias producidas
por una partícula primaria con Arreglo de
Detectores **Cherenkov** en Agua (WCD).**

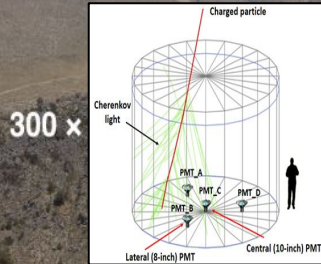


Wide-Field New Ground-Based γ -Ray Observatories

Southern Wide-field Gamma-ray Observat

High-Altitude Water Cherenkov Gamma-Ray Observatory (México)

Pico de Orizaba
Puebla, Mexico (19°N)



300 x
3 m tall, 7.3 m diameter
200,000 L of water

PMTs facing upwards collect
Cherenkov light produced by secondary particles

22,000 m²

<https://www.hawc-observatory.org/>, 4,100 m.a.s.l.

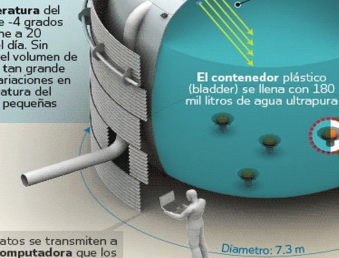
Energy range:
~100 GeV - 100TeV

Field of view:
45° from zenith

Observing time:
>95% of the time

Angular resolution:
~0.1° - 1°

La temperatura del sitio va de -4 grados en la noche a +20 durante el día. Sin embargo el volumen de líquido es tan grande que las variaciones en la temperatura del agua son pequeñas



La escotilla en la parte superior permite llenar el tanque y además funciona como registro

Las partículas que entran al agua emiten lo que se conoce como radiación Cherenkov

Altura: 5.0 m

El contenedor está protegido por una manga de acero galvanizado de 2 mm de espesor*

Cada tanque contiene cuatro fotomultiplicadores ubicados en el fondo

Los datos se transmiten a una computadora que los interpreta y almacena

Dímetro: 7.3 m

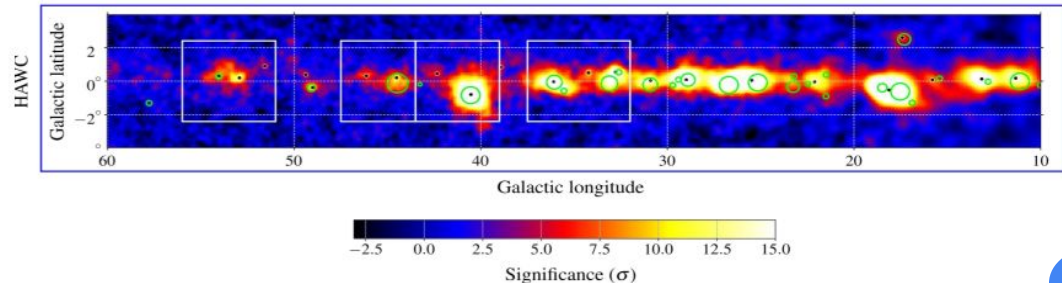


PMTs



Sistema de adquisición

- Site: Sierra Negra, Mexico, 19° N, 4,100 m altitude.
- Inaugurated **March 2015**.
- **Instantaneous FOV 2sr. Daily 8sr (66% of the sky)**
- High energy extension: Outtrigger array, since summer 2018
- Takes data with >95 on time
- ~5 trillion triggers to date - 7PB of data



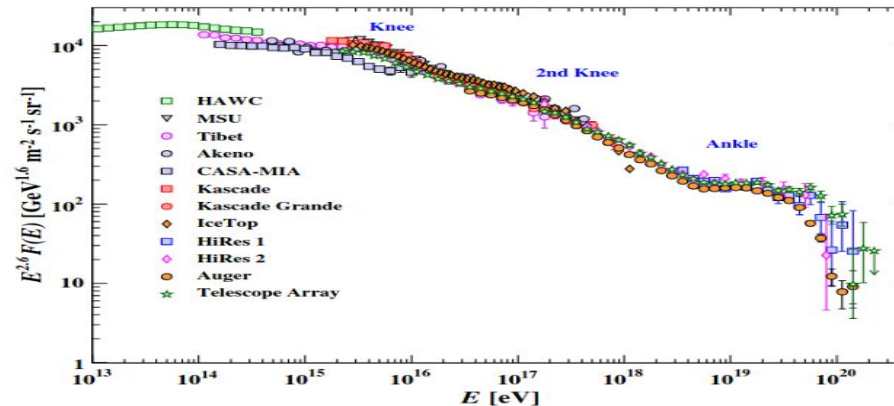
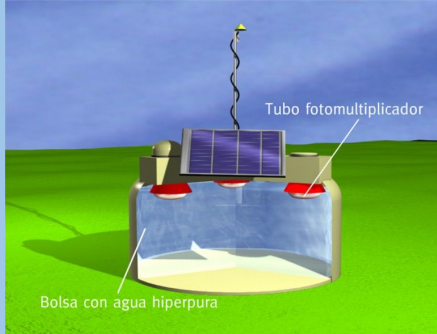
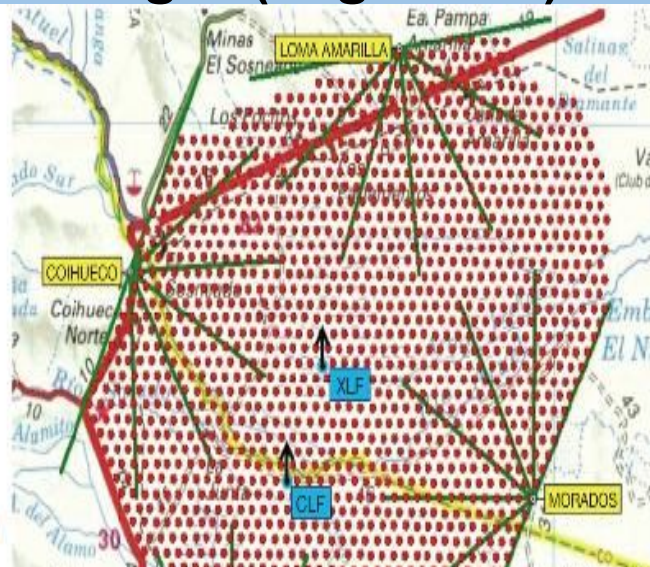
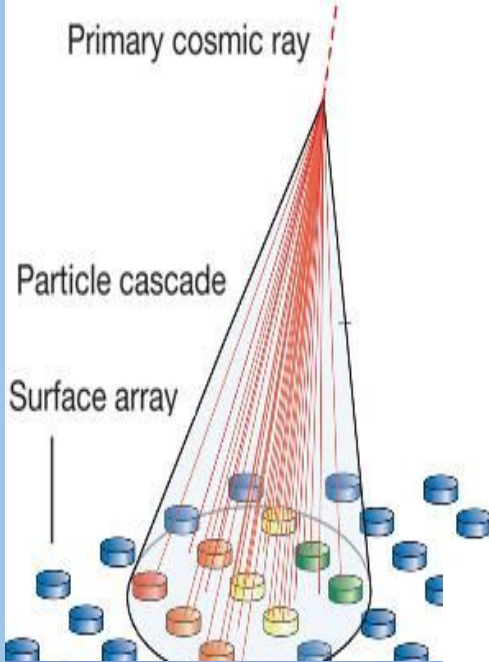
Observatorio Pierre Auger (Argentina)

Área 3,000 km²

Diseño híbrido: combina dos técnicas de detección:

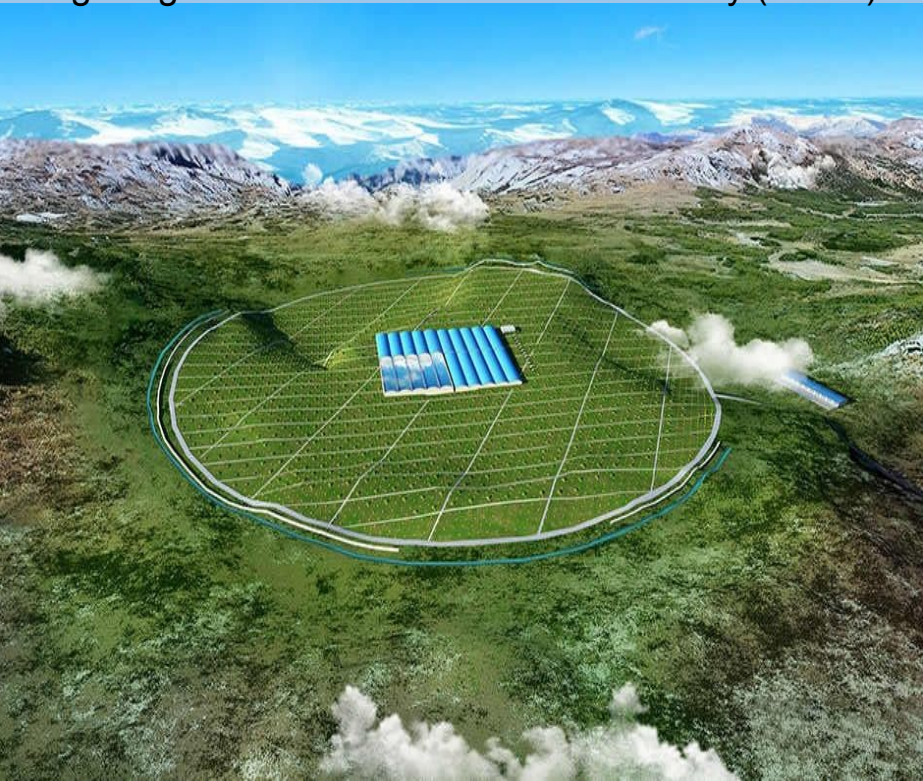
Detectores de superficie (SD): 1600 tanques Cherenkov de agua, separados por 1.5 km

Detectores de fluorescencia (FD): Telescopios que observan la luz de fluorescencia emitida por las moléculas de nitrógeno en la atmósfera cuando una cascada de partículas pasa a través del aire.

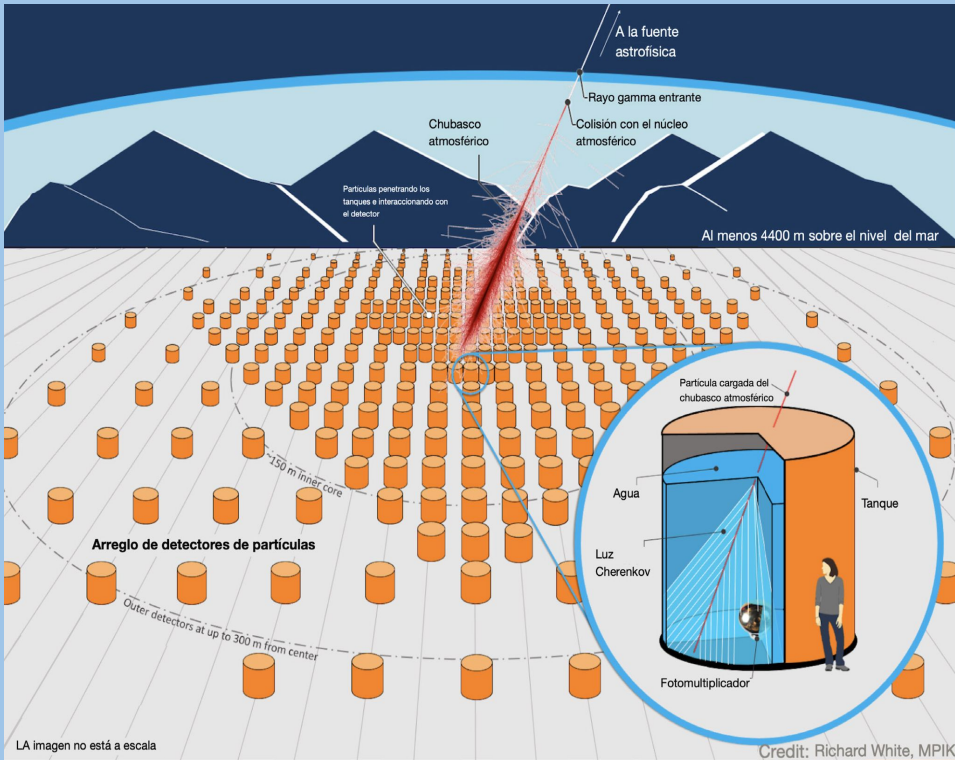


LHAASO

Large High Altitude Air Shower Observatory (China)



SWGO (Southern Wide field of view Gamma Ray Observatory): Nuevo observatorio de Astropartículas en Sudamérica (Atacama-Chile)



LA imagen no está a escala

Credit: Richard White, MPIK

Proyecto LAGO:

Latin American Giant Observatory

Observatorio extendido de astropartículas a escala global

LAGO Collaboration ·
11 países América Latina y España



¿Qué es LAGO?

El Observatorio Gigante Latinoamericano es un observatorio extendido de astropartículas a escala global, orientado a la investigación básica en física de partículas cósmicas.

Principales objetivos Científicos

El universo extremo

Fenómenos de altísima energía procedentes del cosmos lejano.

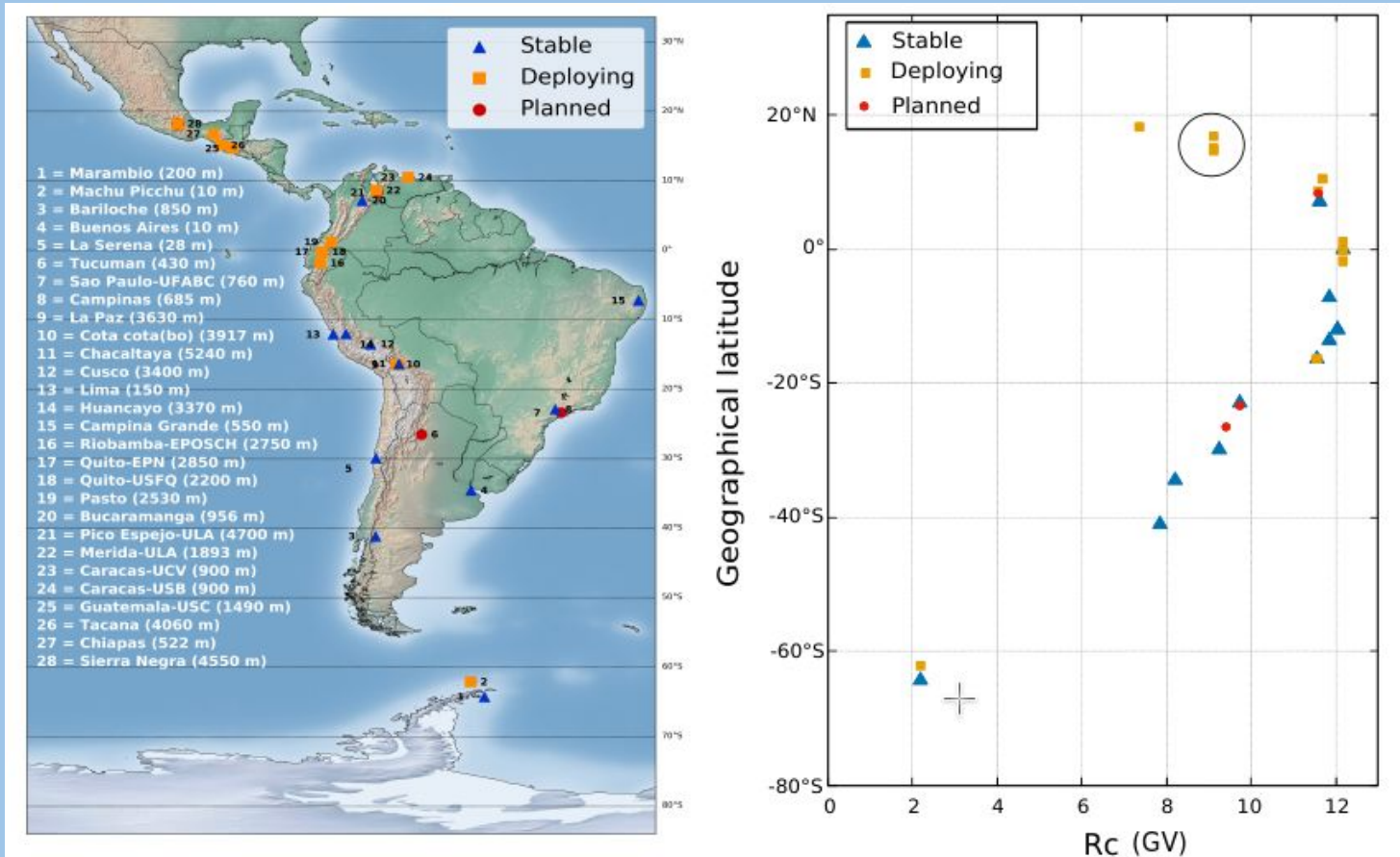
Clima espacial

Perturbaciones solares y efectos sobre la magnetosfera terrestre

Radiación atmosférica

Medición de partículas secundarias a nivel del suelo

Red de detectores LAGO



Regreso de Venezuela a la Colaboración LAGO



Taller-Escuela Latinoamericano de Rayos cósmicos 2026



Dr. José Antonio López Rodríguez,
Facultad de ciencias-UCV,
coordinador de Venezuela (colaboración LAGO).

jose.lopez@ucv.ve

Lic. Libardo Josue Zerpa Guillen,
Facultad de ciencias-ULA-CIDATA
libardo.zerpa.guillen@gmail.com.

Lic. Orielys Daniela Soto Orozco,
Facultad de ciencias-ULA,
orielys1012@gmail.com.

Lic. Carlos Eduardo Jaimes Castillo
, Facultad de ciencias-ULA-CIDATA,
carl8919@gmail.com.

Msc. Victor Clarizio Canelón, Maestría en Física-UCV.
vclariziosaeucv@gmail.com

MSc. Jesús Enrique Erazo Puentes,
Facultad de ciencias-ULA-CENDITEL,
jerazopuentes@gmail.com.

Lic. Carlos Enrique Pérez Parra,
Facultad de ciencias-ULA-CIDATA ,
enriqueparra8@gmail.com.

Tec. Rojas Ramirez Richard Roberto,
CIDATA, astrofisico1969@gmail.com.

Dr. Yuniór Frainén Pérez Araujo,
Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma,
yuniorp@fisica.unam.mx.

Lic. Robert Rondon Chacon, Facultad ciencias-ULA,
roncharoberth@gmail.com.

Br. Neptali Gil Martorelli, Facultad de ciencias-ULA,
neptaligil10@gmail.com.

Descripción del Detector WCD (LAGO)

Arquitectura y Componentes

Cuerpo del Detector:

Tanque cilíndrico de polietileno de alta densidad (HDPE) con un radio de 60 cm y altura de agua de 117 cm.

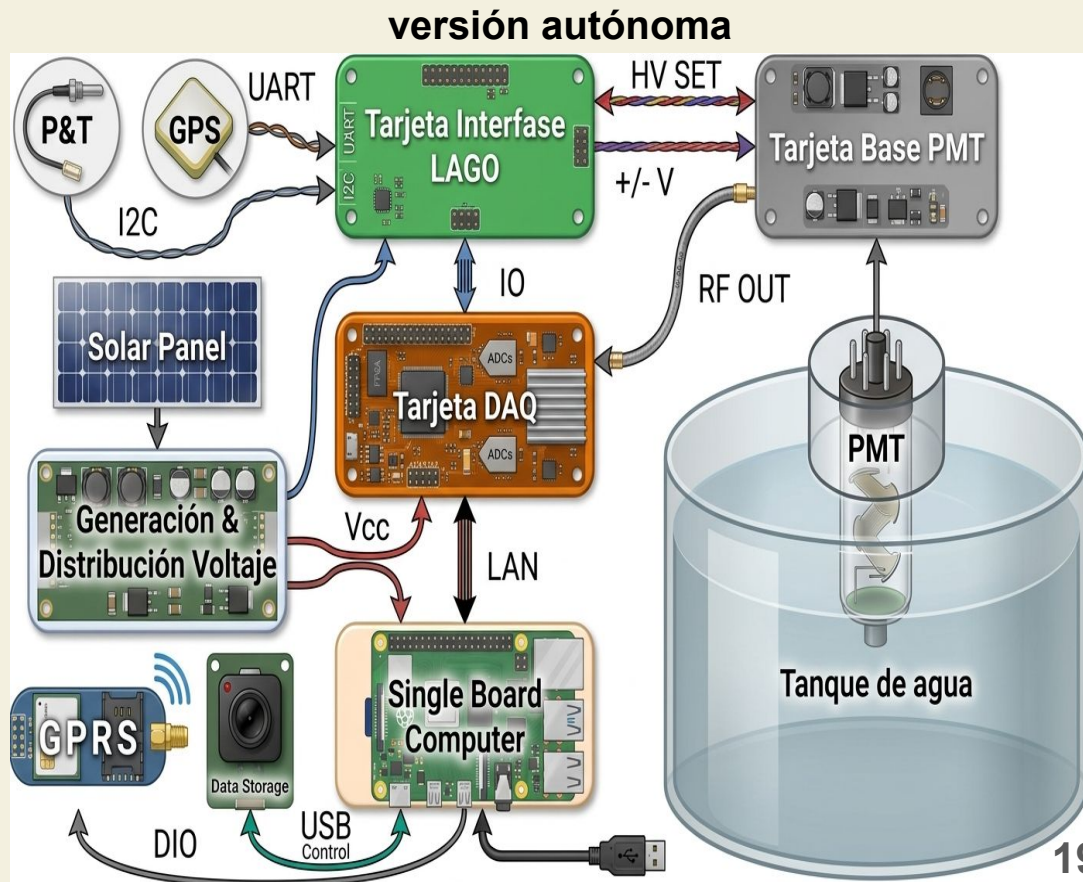
Medio Activo: Agua purificada .

Reflectividad Interna:

Recubrimiento con **Tyvek® 1025-BL**,
permitiendo múltiples reflexiones difusas de
los fotones Cherenkov.

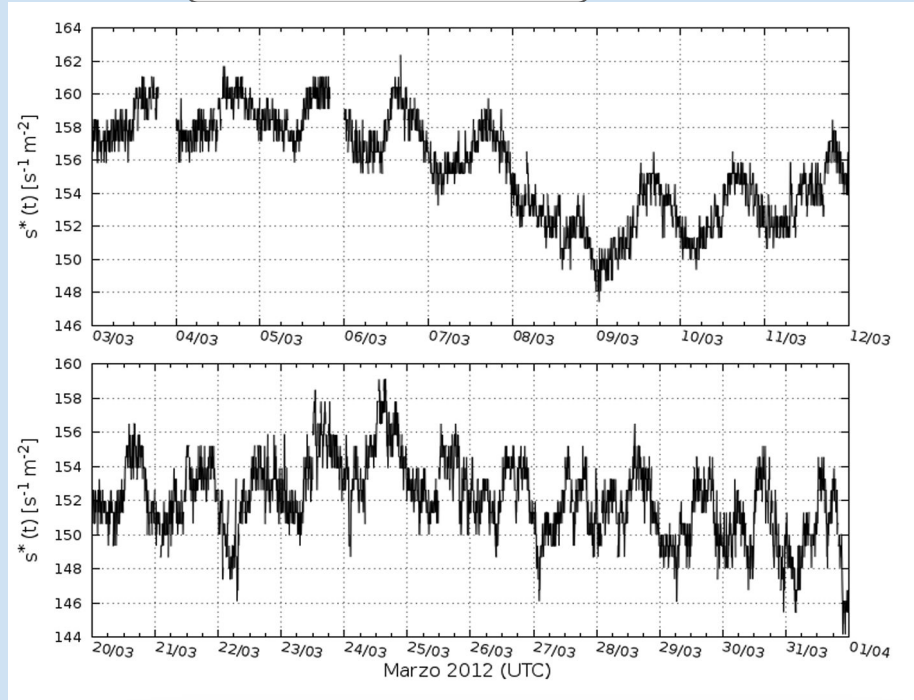
Sistema de Captación:

Un tubo fotomultiplicador (PMT) de 9 pulgadas acoplado centralmente en la tapa superior.



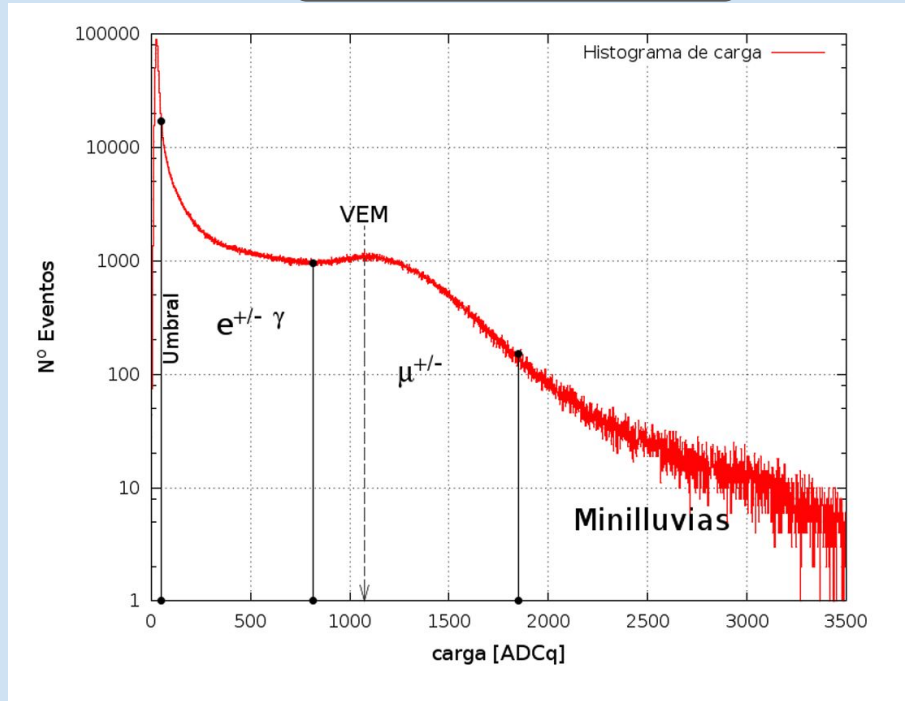
Descripción de los modos de detección en LAGO

Modo scaler



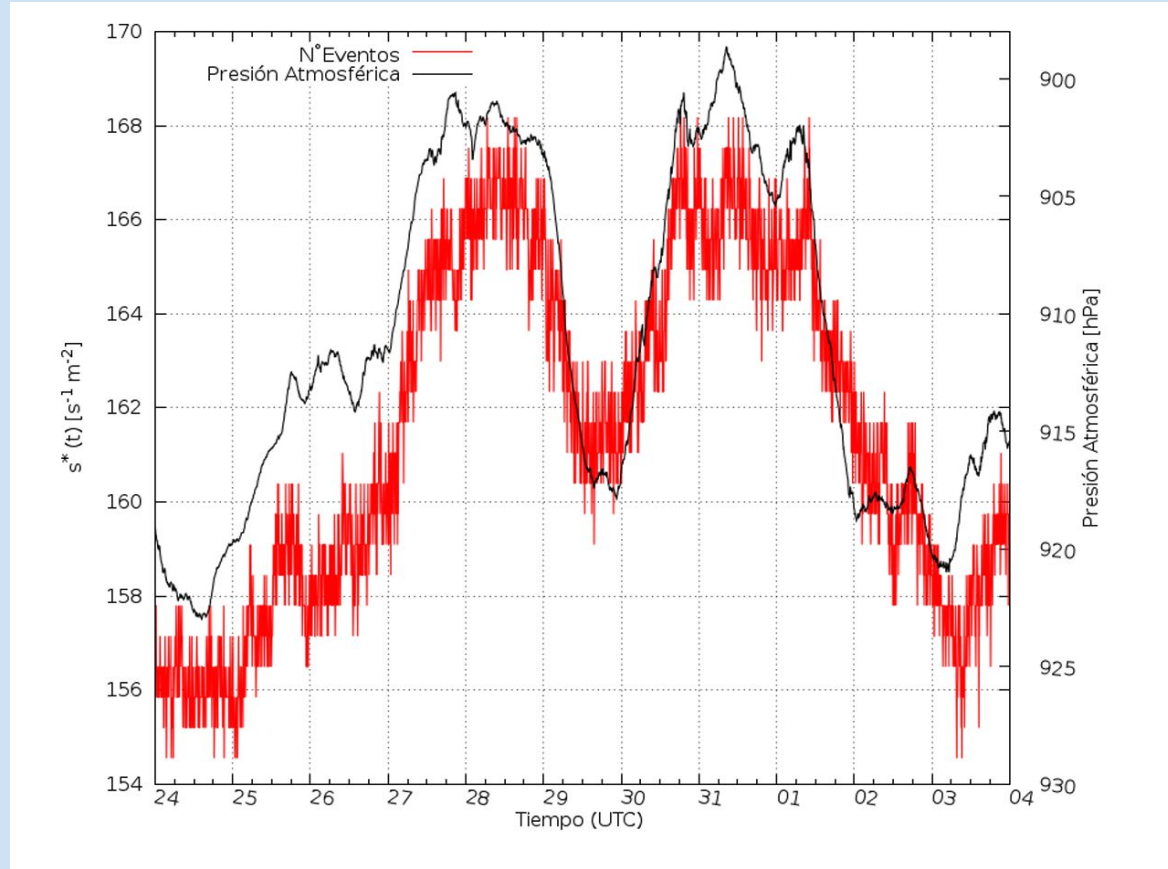
Tasas de conteo de pulsos de los detectores en escalas de tiempo que van de 5 milisegundos a varios minutos. A esta técnica se le conoce: técnica de la partícula solitaria (single particle technique)

Modo histograma



Histograma de carga típico para un fotomultiplicador (PMT). El eje horizontal representa la carga integrada en unidades ADCq.

Condiciones atmosféricas.

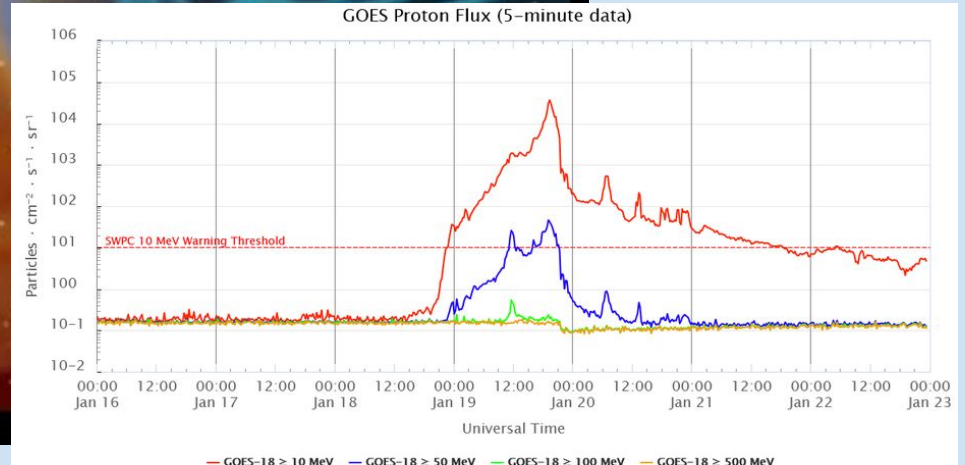
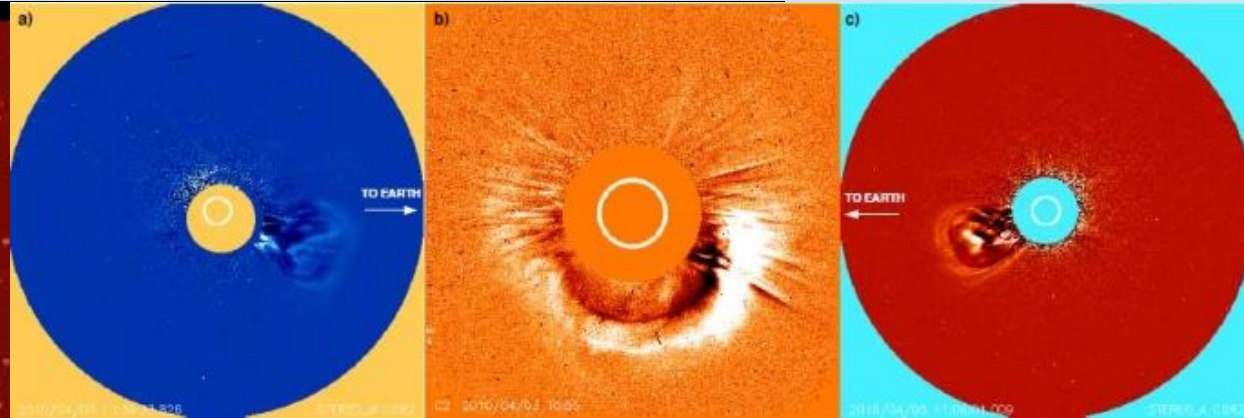
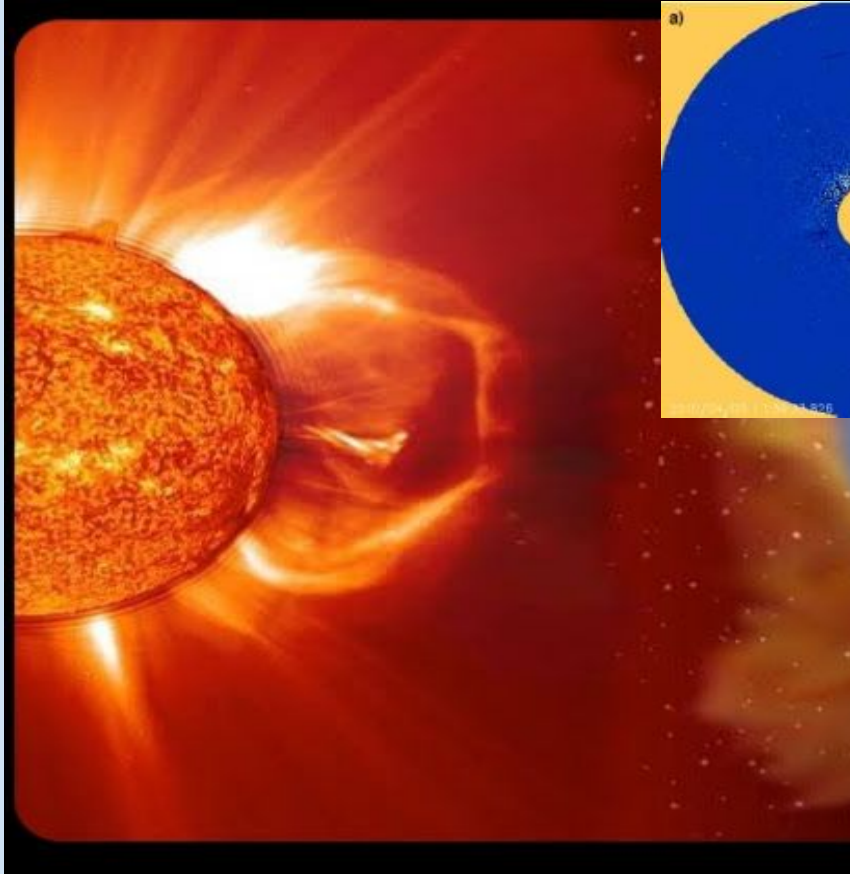


Evolución temporal del flujo sin corregir $S^*(t)$. Es evidente una marcada anti-correlación con la presión atmosférica, producida por la mayor absorción en una columna de aire más densa

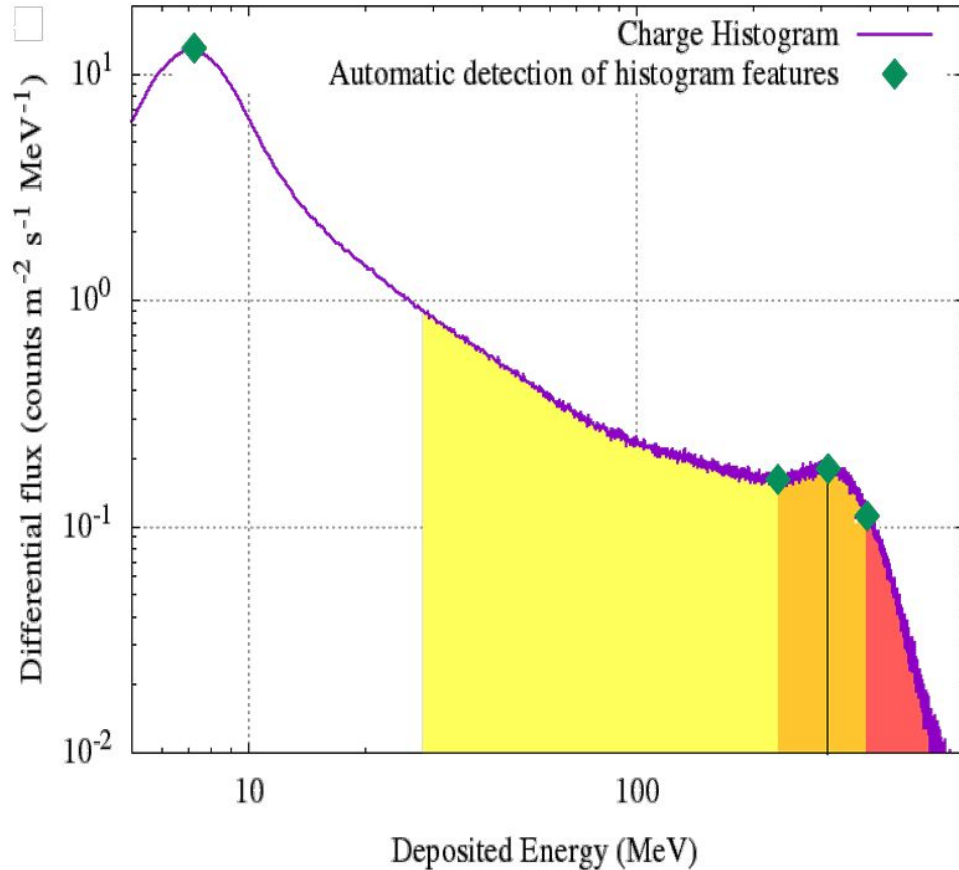
Perturbaciones al flujo de rayos cósmicos de baja Energía en la Tierra.

Eyecciones de Masa Coronal

CME dirigida hacia la Tierra: a) STEREO/COR2-B el 3 de abril de 2010 a las 11:39 UT, b) LASCO/C2 a las 10:55 UT, y c) STEREO/COR2-A el mismo día a las 11:08 UT.



Decrecimiento Forbush por Componentes.



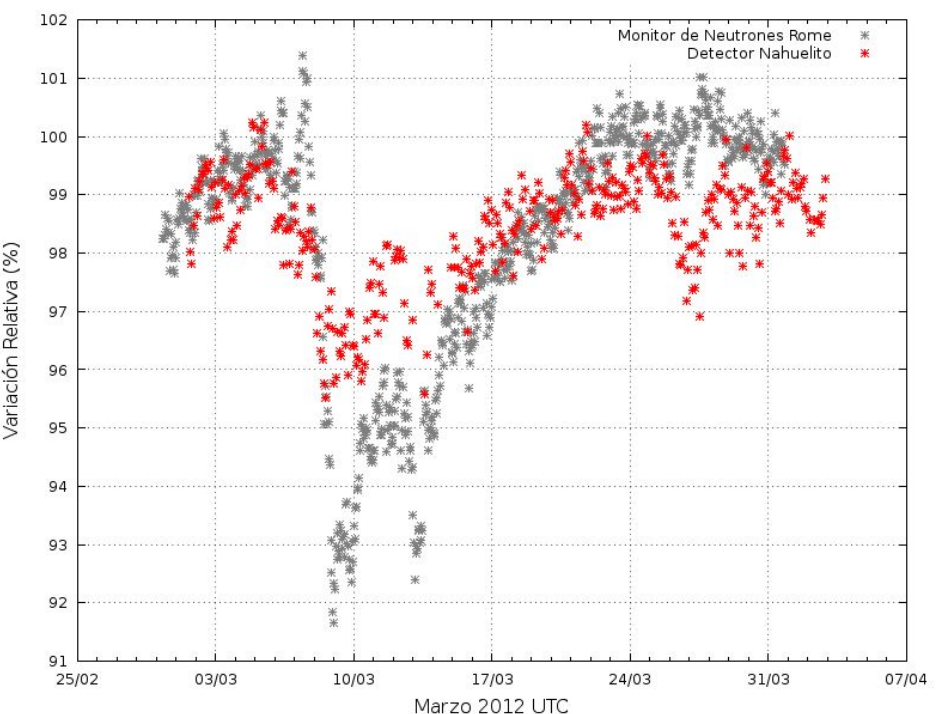
Cada banda de integración está dominada por un tipo diferente de partículas:

Partículas electromagnéticas (EM) (amarillo)

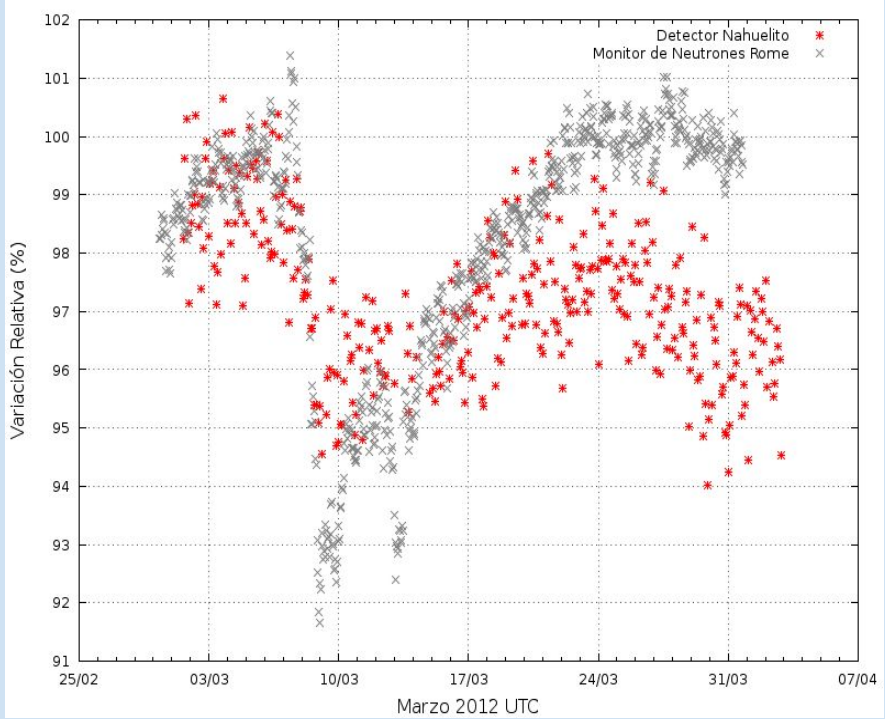
Muones (naranja).

Partículas múltiples (rosa).

Decrecimiento Forbush



Banda electromagnética (roja) corregida por la presión atmosférica y NM Roma (gris) Marzo 2012.



Banda muonica (roja) corregida por la presión atmosférica y NM Roma (gris) Marzo 2012.

Conclusiones

- ❖ Los rayos cósmicos son uno de los mensajeros más energéticos del universo, y aún guardan preguntas abiertas sobre su origen a las más altas energías. Eso significa que hay ciencia por hacer.
- ❖ LAGO ha demostrado que hacer astrofísica de frontera no requiere los presupuestos de los grandes experimentos: requiere colaboración, creatividad y compromiso.
- ❖ Venezuela tiene la geografía, la altitud y, sobre todo, el talento humano para contribuir activamente. El regreso a la colaboración LAGO no es simbólico.
- ❖ En LAGO puedes aprender electrónica, simulación, análisis de datos y física de partículas *construyendo* un detector real, no solo leyendo sobre uno.



ENCUENTRO **LAGO** VENEZUELA

EDICIÓN MÉRIDA 2026

EL OBSERVATORIO GIGANTE LATINOAMERICANO (LAGO), IMPULSA ESTE ENCUENTRO QUE SE PRESENTA COMO EL EPICENTRO DE LA FORMACIÓN Y EL INTERCAMBIO CIENTÍFICO EN EL PAÍS.

JUNTO A UN PANEL DE EXPERTOS NACIONALES E INTERNACIONALES, LOS ASISTENTES VIVIRÁN UN HITO CIENTÍFICO SIN PRECEDENTES: **EL MONTAJE DE UN DETECTOR CHERENKOV DE AGUA (WCD) EN EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL (OAN).**

LUGAR:
**CIDATA
(MÉRIDA)**

FECHA:
**DEL 4 AL 11 DE
AGOSTO**



REGÍSTRATE AQUÍ

**¡VENEZUELA RENACE CON
CIENCIA Y CONOCIMIENTO!**

GRACIAS

