

Las partículas más energéticas del Universo



Rayos cósmicos de (Ultra-)Alta Energía y el Observatorio Pierre Auger

Sergio Pastor
(Instituto de Física Corpuscular)

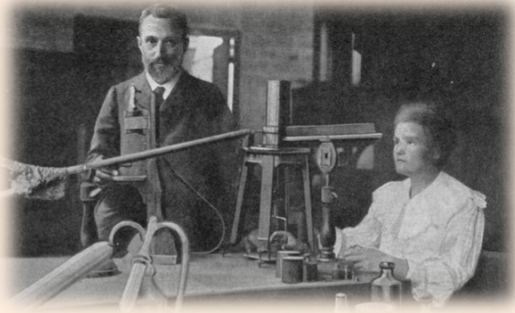


Conferencias de la Facultad de Física
15 de Octubre de 2009



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

La Radiación Cósmica: Breve historia



Desde 1896: descubrimiento de la **Radiactividad natural** en elementos como el uranio y el radio (**Becquerel, matrimonio Curie**). Comenzó una serie de experimentos de medida del nivel de radiación ionizante en muchos lugares.

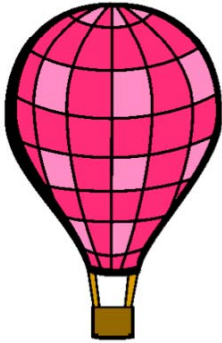


Victor Hess (1912): medida de la radiación (ionización) en altura.



La Radiación Cósmica: Breve historia

5300 m



Radiación (ionización)
unas **4 veces mayor**
que en el suelo

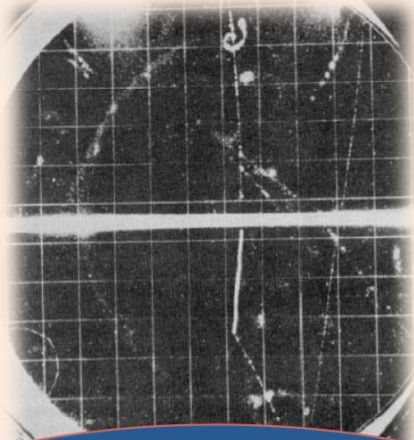
Victor Hess (1912) encontró
que el nivel de radiación crece
con la altitud, en un vuelo en
globo (hasta 5300 m). Los
resultados fueron
confirmados por **Kohlhörster**



Descubrimiento de
la **radiación cósmica**

La Radiación Cósmica: Breve historia

Descubrimiento de un zoo de nuevas partículas que forman parte de los Rayos Cósmicos (RCs), gracias a la **cámara de niebla (Wilson, 1911)**:
positrones, muones, piones,...



Progreso de la
Física de Partículas
gracias a los RCs



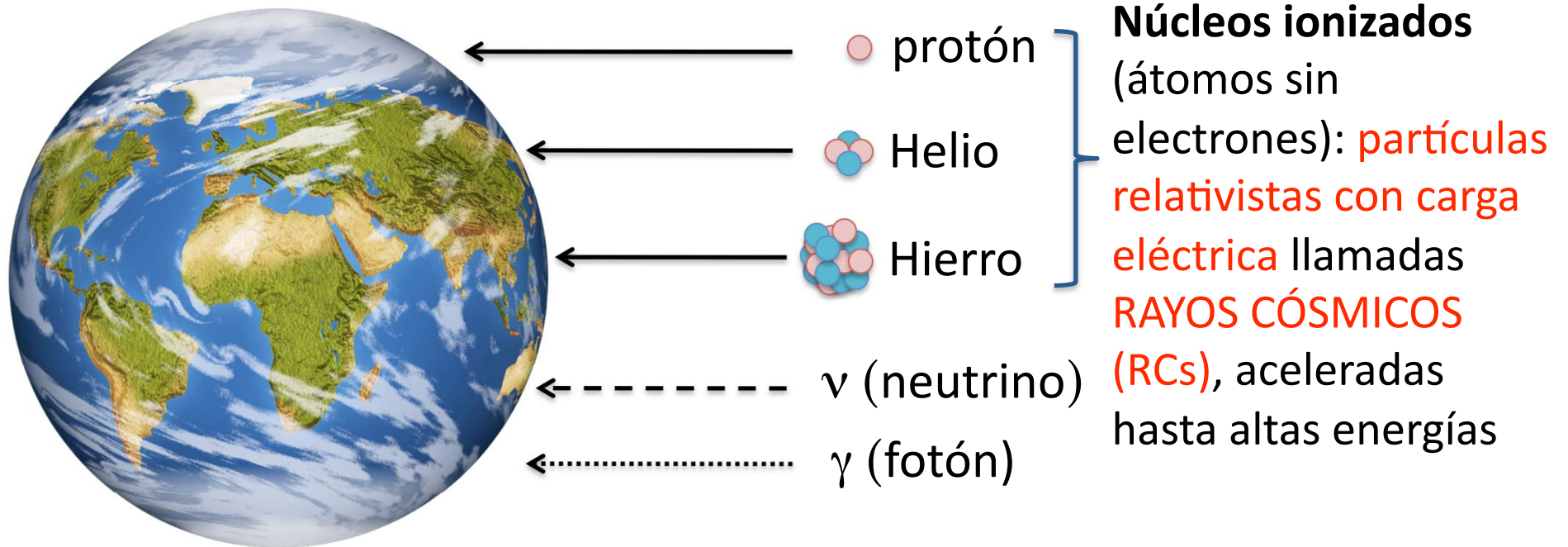
Victor Hess (1912) encontró que el nivel de radiación crece con la altitud, en un vuelo en globo (hasta 5300 m). Los resultados fueron confirmados por **Kohlhörster**



Descubrimiento de
la **radiación cósmica**

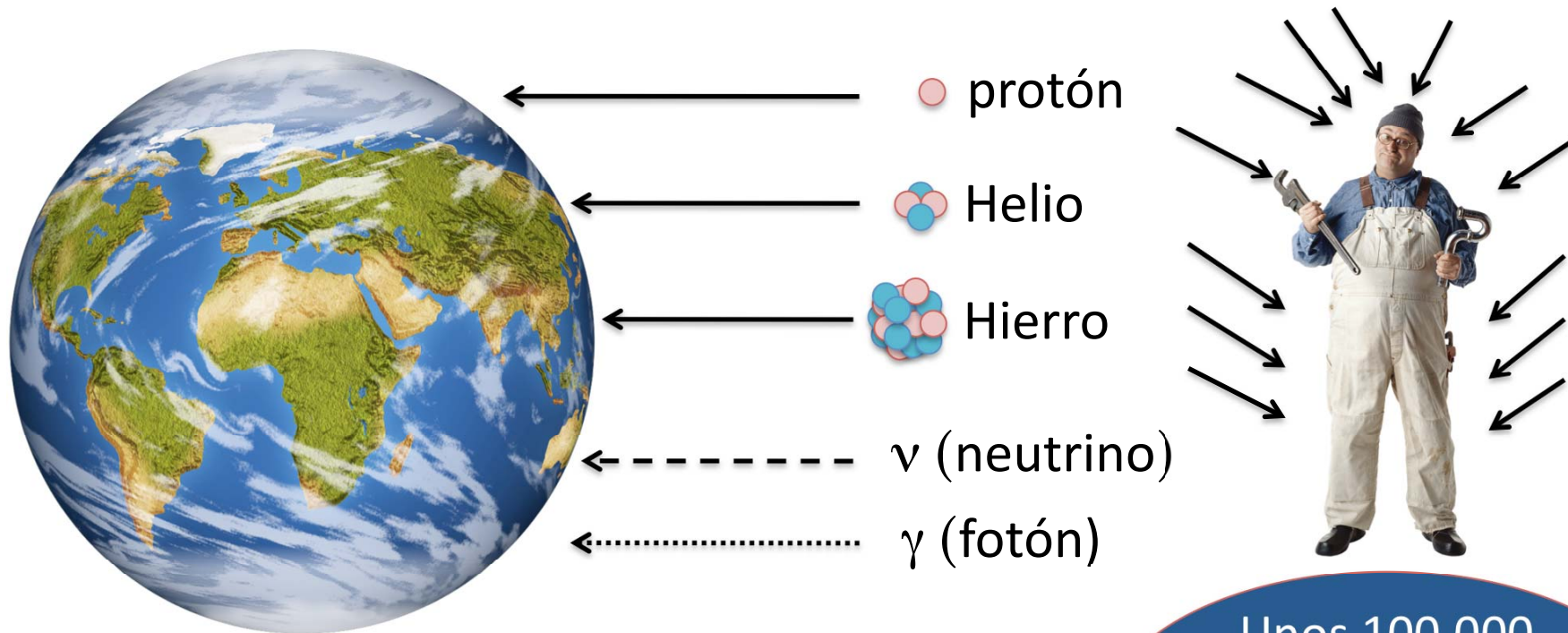
Partículas del espacio exterior

Diversos tipos de partículas *golpean* la atmósfera de la Tierra



Partículas del espacio exterior

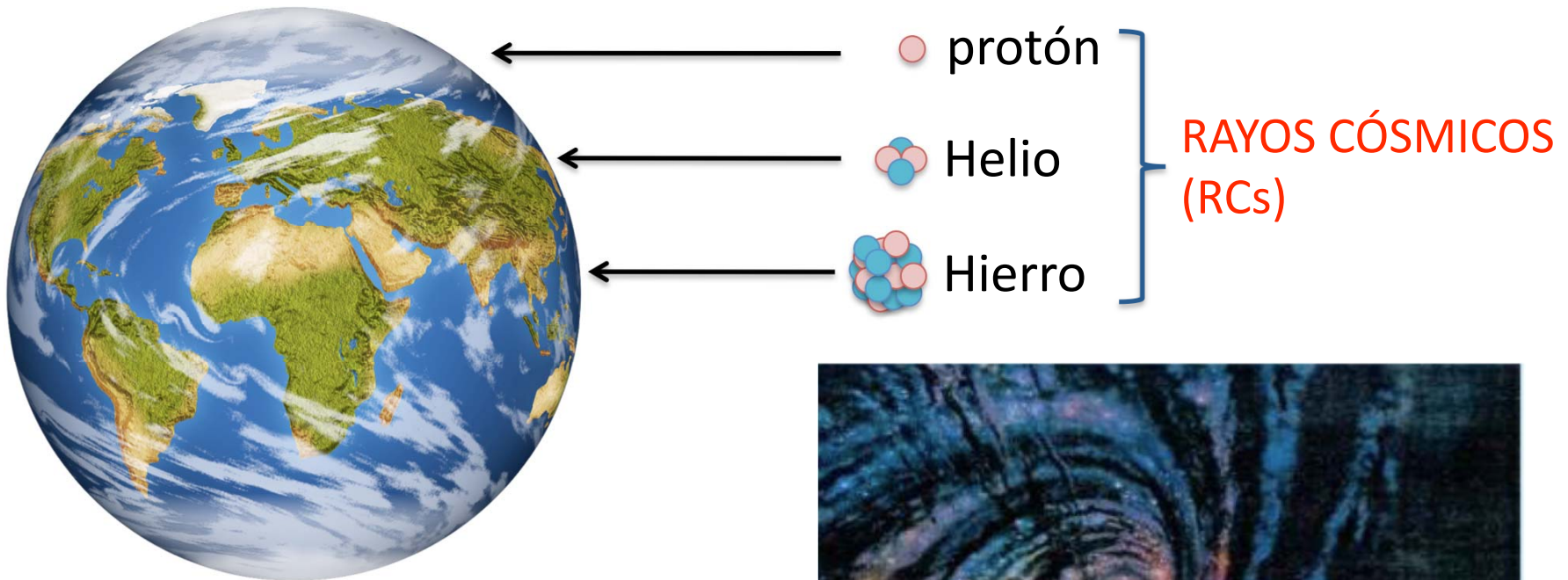
Diversos tipos de partículas *golpean* la atmósfera de la Tierra



Unos 100,000
RCs atraviesan
una persona
cada hora

Partículas del espacio exterior

Diversos tipos de partículas *golpean* la atmósfera de la Tierra



Preguntas:

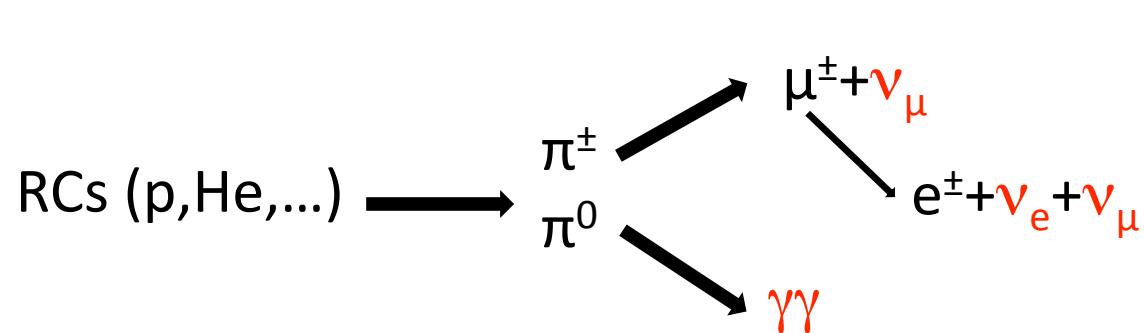
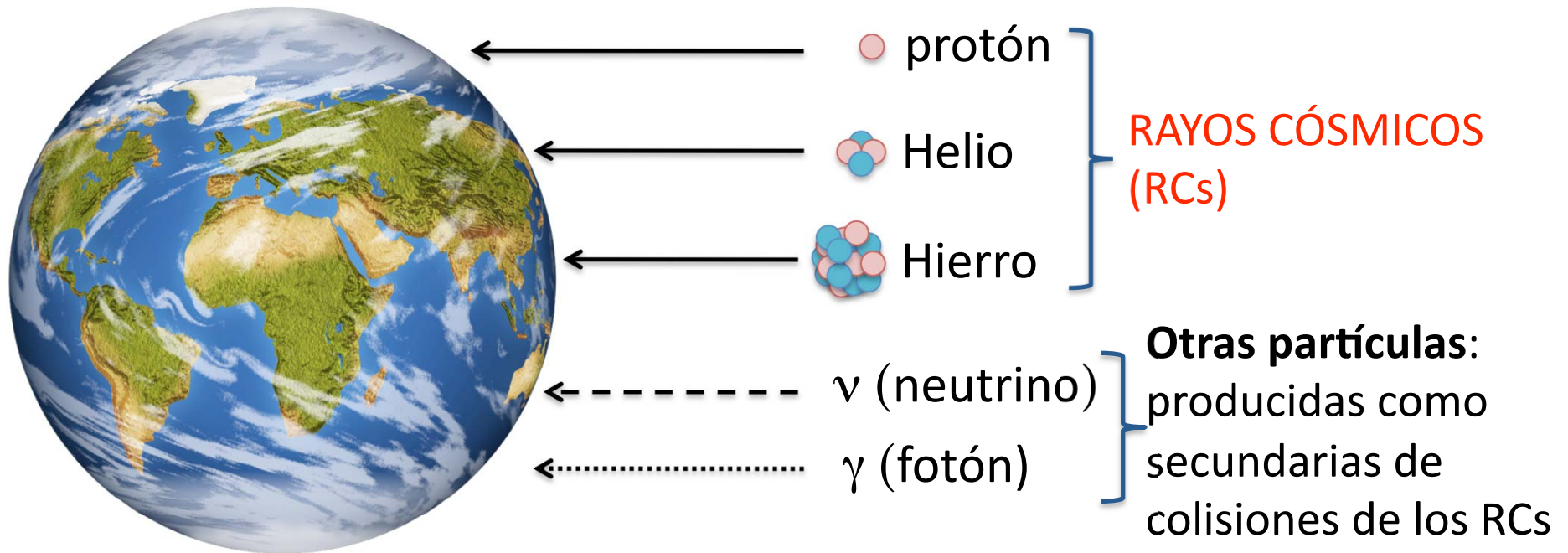
- ¿Qué tipo de partículas son?
- ¿Cuáles son sus energías?
- ¿Dónde se originan?



Núcleo de Galaxia Activa

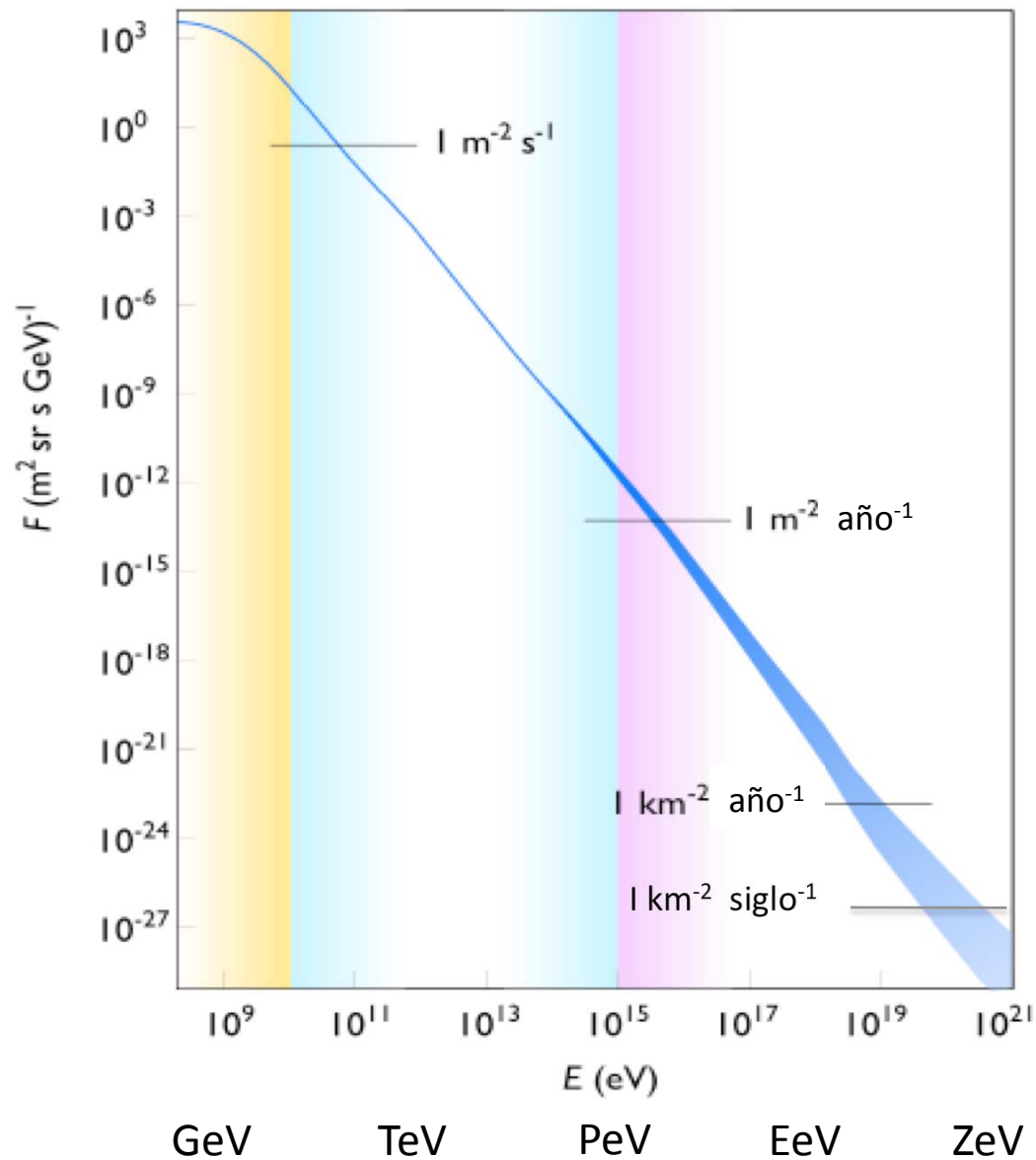
Partículas del espacio exterior

Diversos tipos de partículas *golpean* la atmósfera de la Tierra



Telescopios de
fotones de alta
energía y de
neutrinos

Flujo de RCs: más de 30 órdenes de magnitud !!

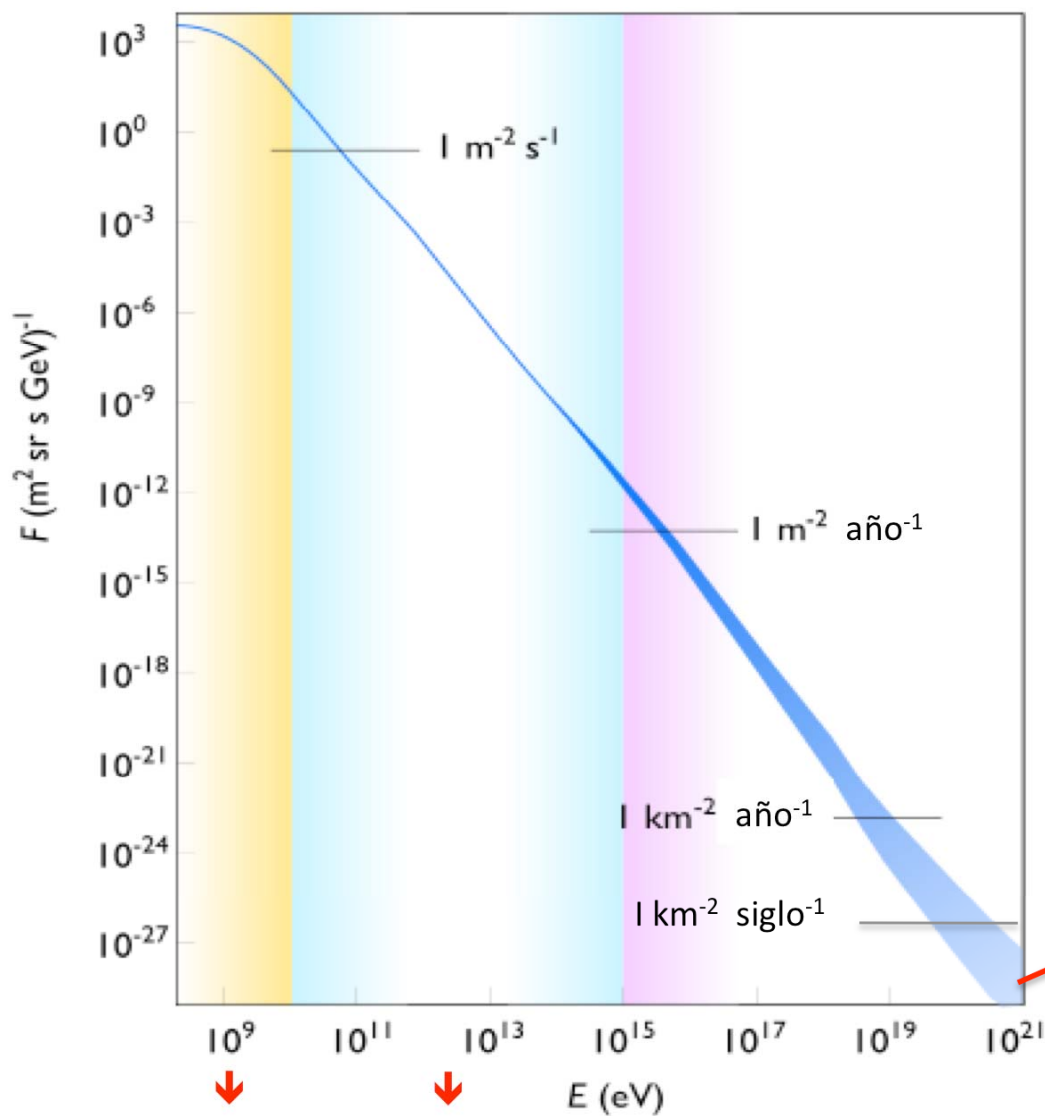


Espectro de energías de los RCs

$6 \times 10^{18} \text{ eV} \approx 1 \text{ Julio}$

Energías de los RCs: más de 10 órdenes de magnitud !!

Flujo de RCs: más de 30 órdenes de magnitud !!



Espectro de energías de los RCs

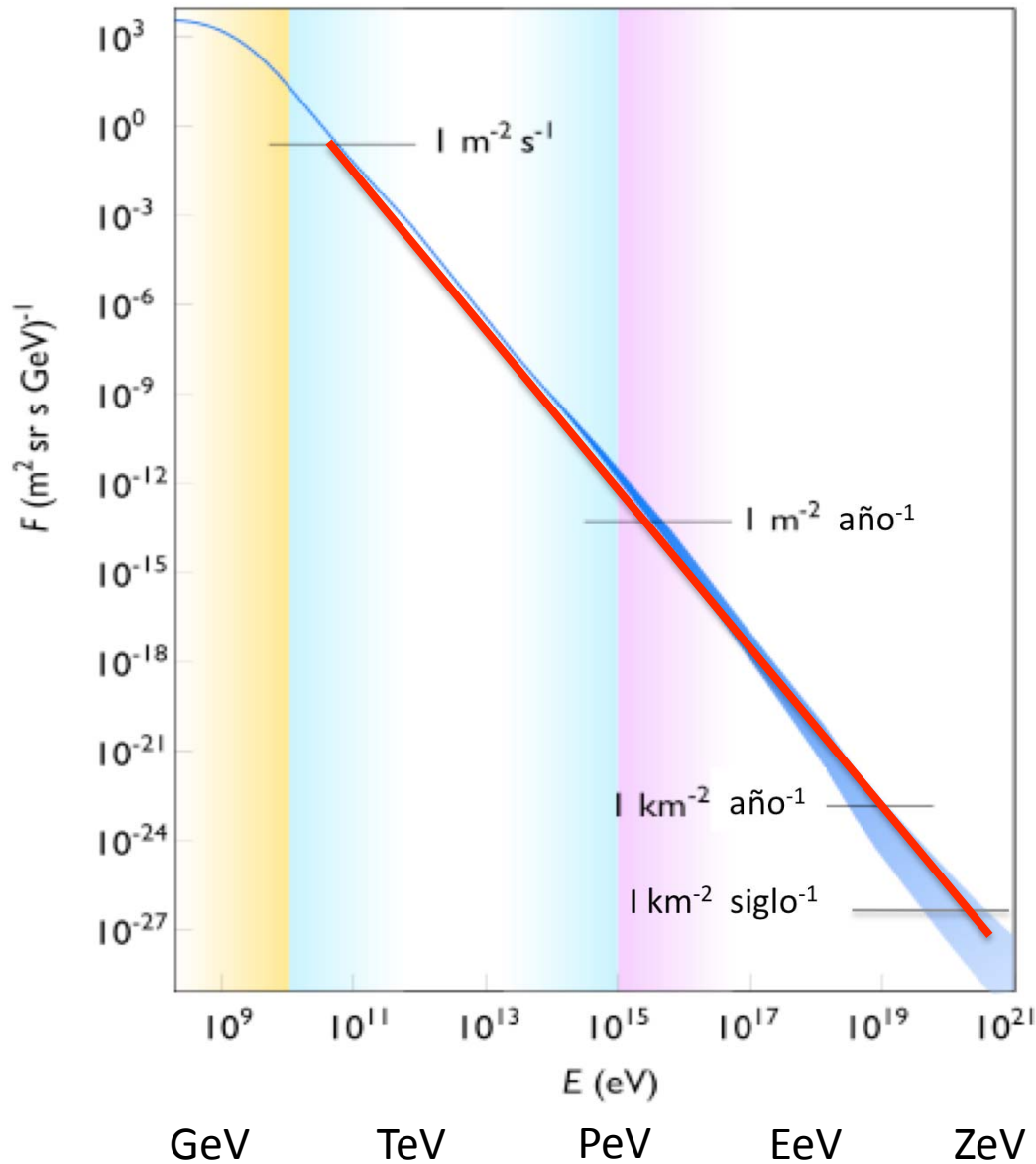


Energía cinética de una bola de béisbol a unos 100 km/h (¡en una partícula subatómica!)

$$6 \times 10^{18} \text{ eV} \approx 1 \text{ Julio}$$

Energías de los RCs: más de 10 órdenes de magnitud !!

Flujo de RCs: más de 30 órdenes de magnitud !!



Espectro de energías de los RCs

$$\frac{dN}{dE d\Omega dA dt} \propto E^{-\gamma}$$

Espectro no térmico,
carente casi de rasgos
característicos

Energías de los RCs: más de 10 órdenes de magnitud !!

Espectro de energías de los RCs

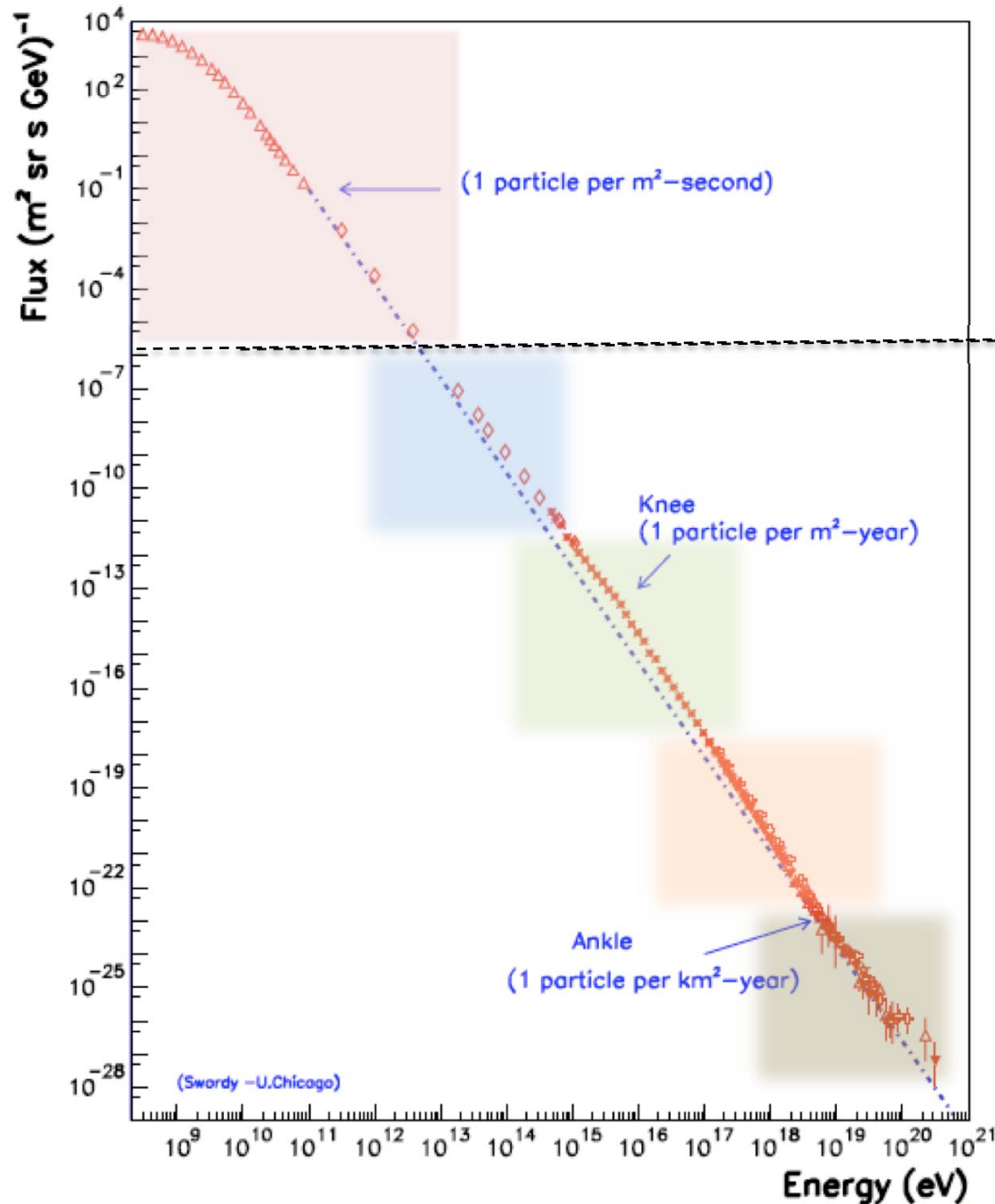
MEDIDAS DIRECTAS:
Satélites y Globos

MEDIDAS INDIRECTAS:
Señales producidas por
las lluvias de partículas
secundarias (AIR SHOWERS)

KASCADE, KASCADE GRANDE,...

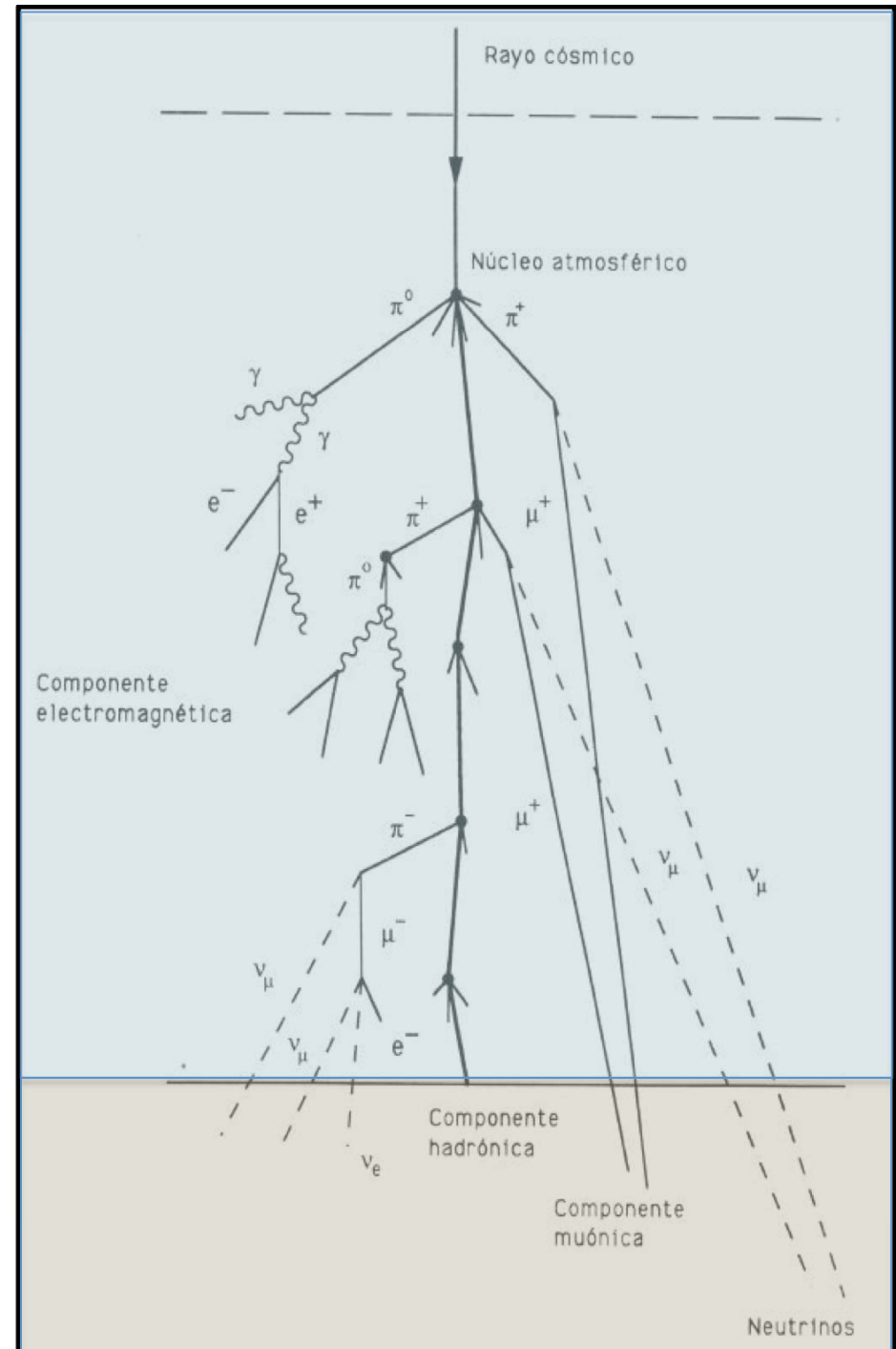
Haverah Park, Akeno, TA,...

HIRES, AGASA, AUGER,...



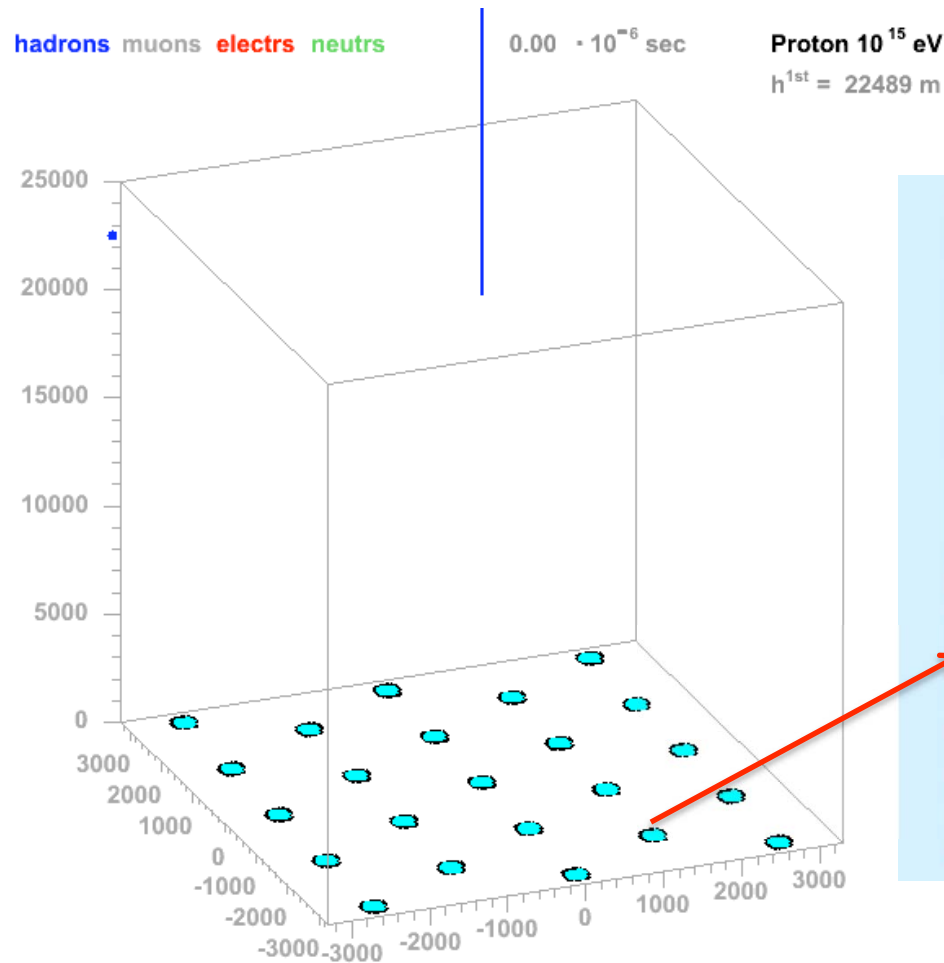
Descubrimiento de las **LLUVIAS (Cascadas) de partículas** en la atmósfera originadas por RCs de alta energía

Pierre Auger & colaboradores (1937)
encuentran coincidencias en
detectores muy separados,
concluyendo que los RCs crean
lluvias de partículas en la atmósfera.

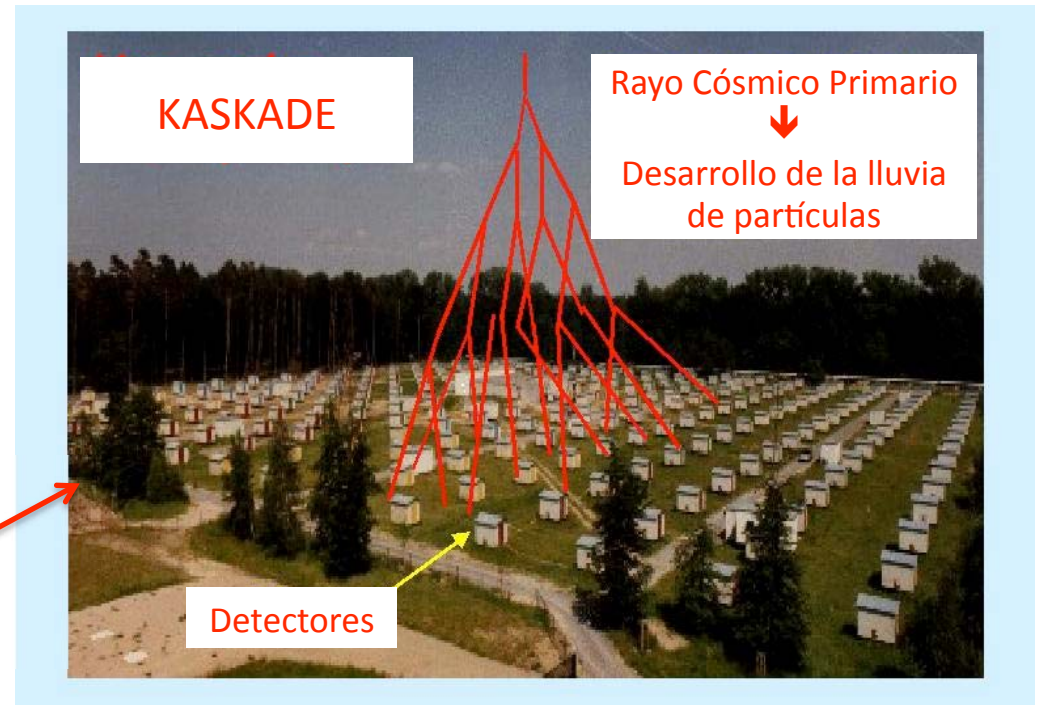


Un RC genera una lluvia de partículas en la atmósfera

Detectable en experimentos que deben deducir las propiedades del RC primario
(MEDIDA INDIRECTA)



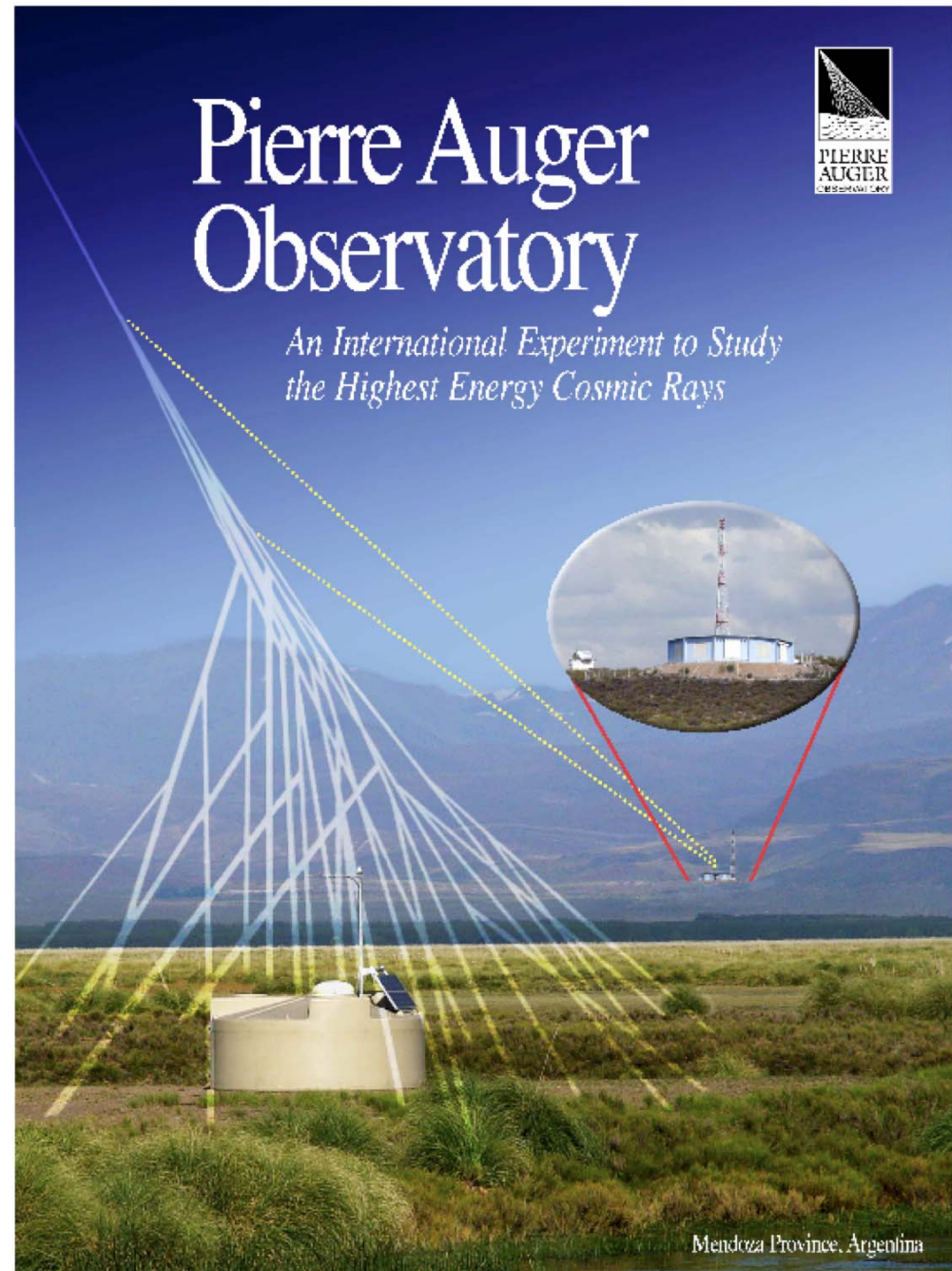
J.Oehlschlaeger, R.Engel, FZKarlsruhe



Cerca de Karlsruhe (Alemania): 40,000 m²
suficiente para RCs de hasta 10^{18} eV

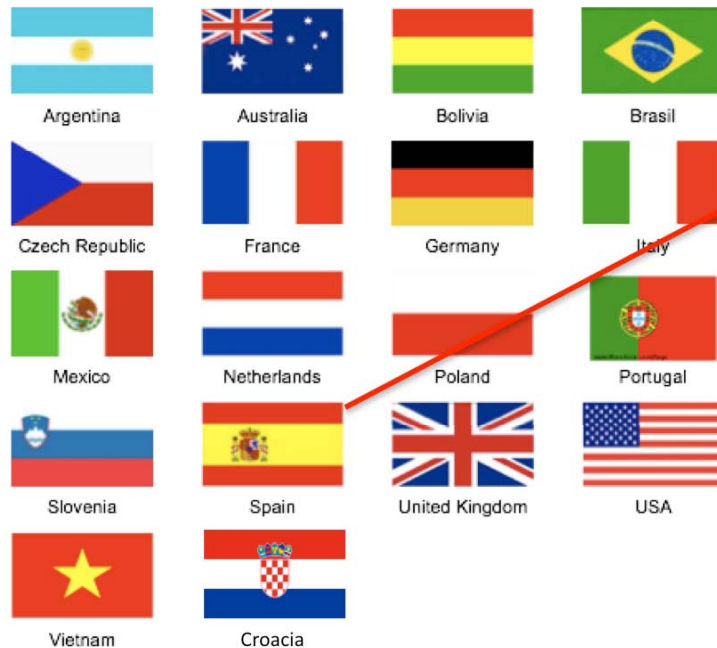
El Observatorio Pierre Auger

~ 400 científicos y técnicos de
70 instituciones en 17 países



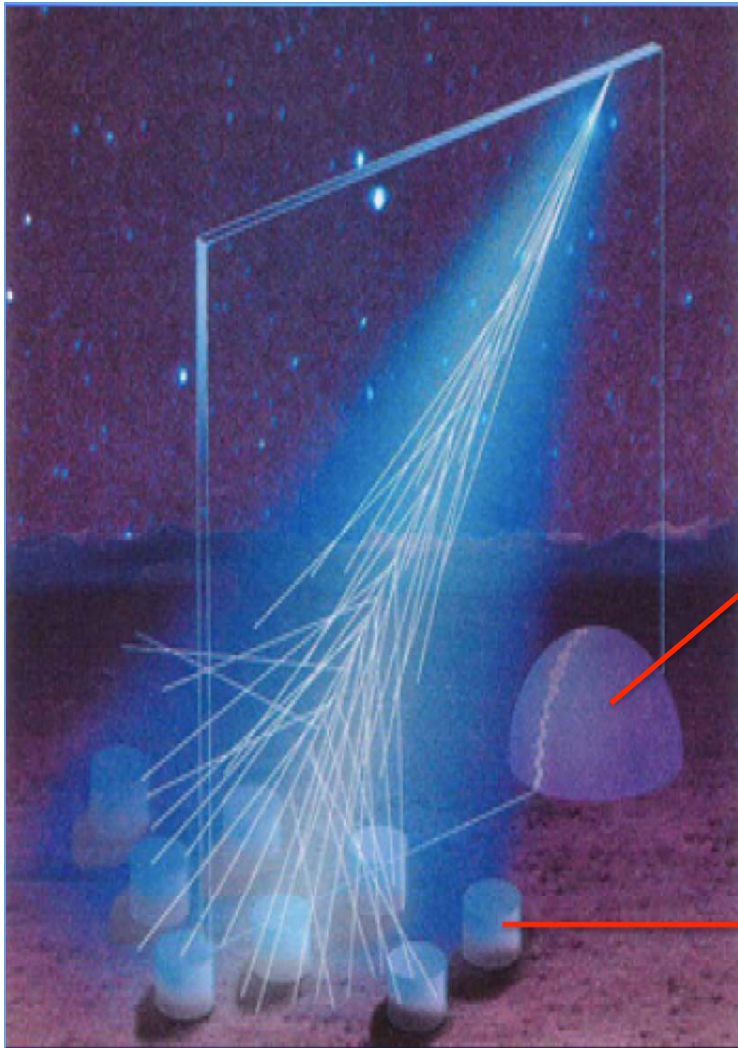
El Observatorio Pierre Auger

~ 400 científicos y técnicos de
70 instituciones en 17 países



Principal ventaja de Auger: Medida de las características de las lluvias de partículas creadas por RCs de altísima energía con técnica híbrida

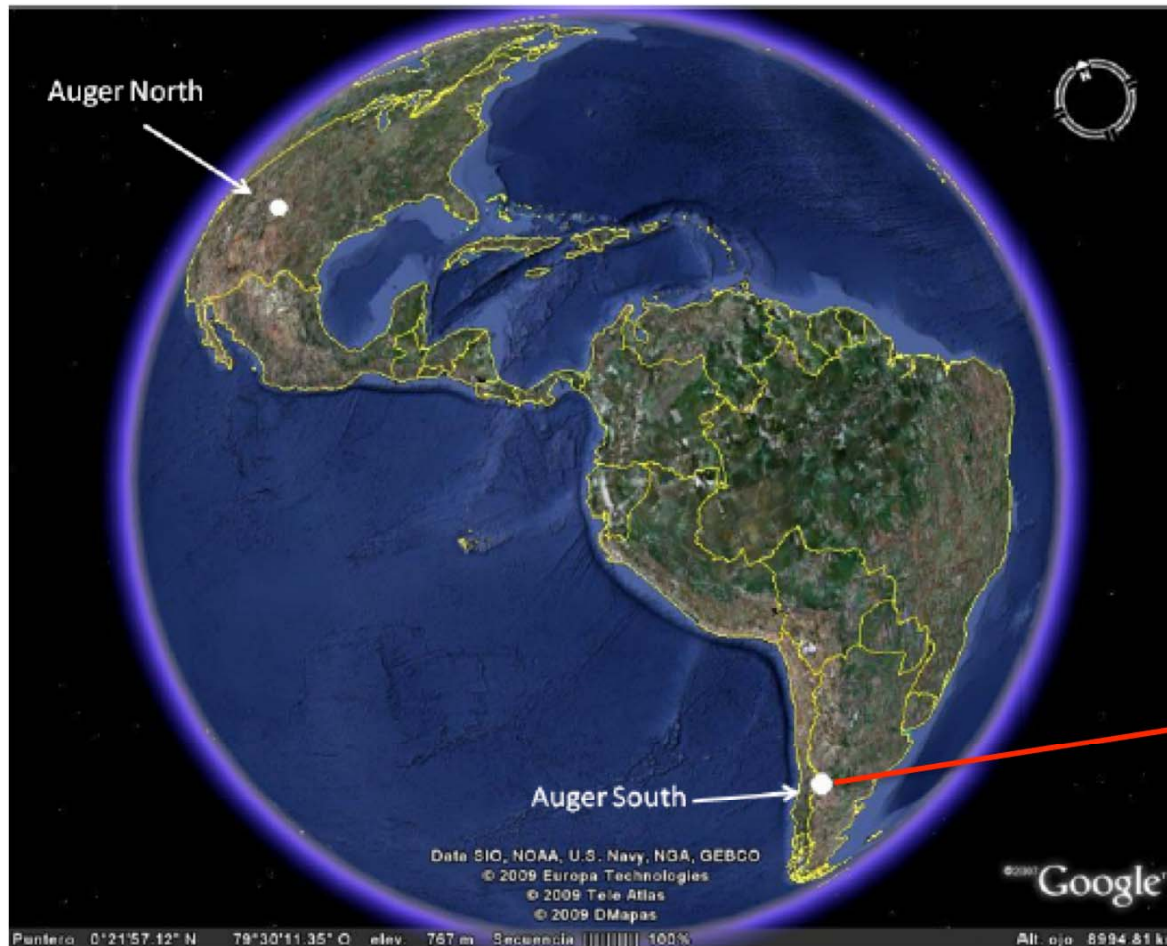
TELESCOPIOS SENSIBLES A LA FLUORESCENCIA
(sólo en noches claras sin Luna, $\approx 13\%$ del tiempo)



RED DE DETECTORES DE SUPERFICIE (datos las 24h)



El Observatorio Pierre Auger en Argentina



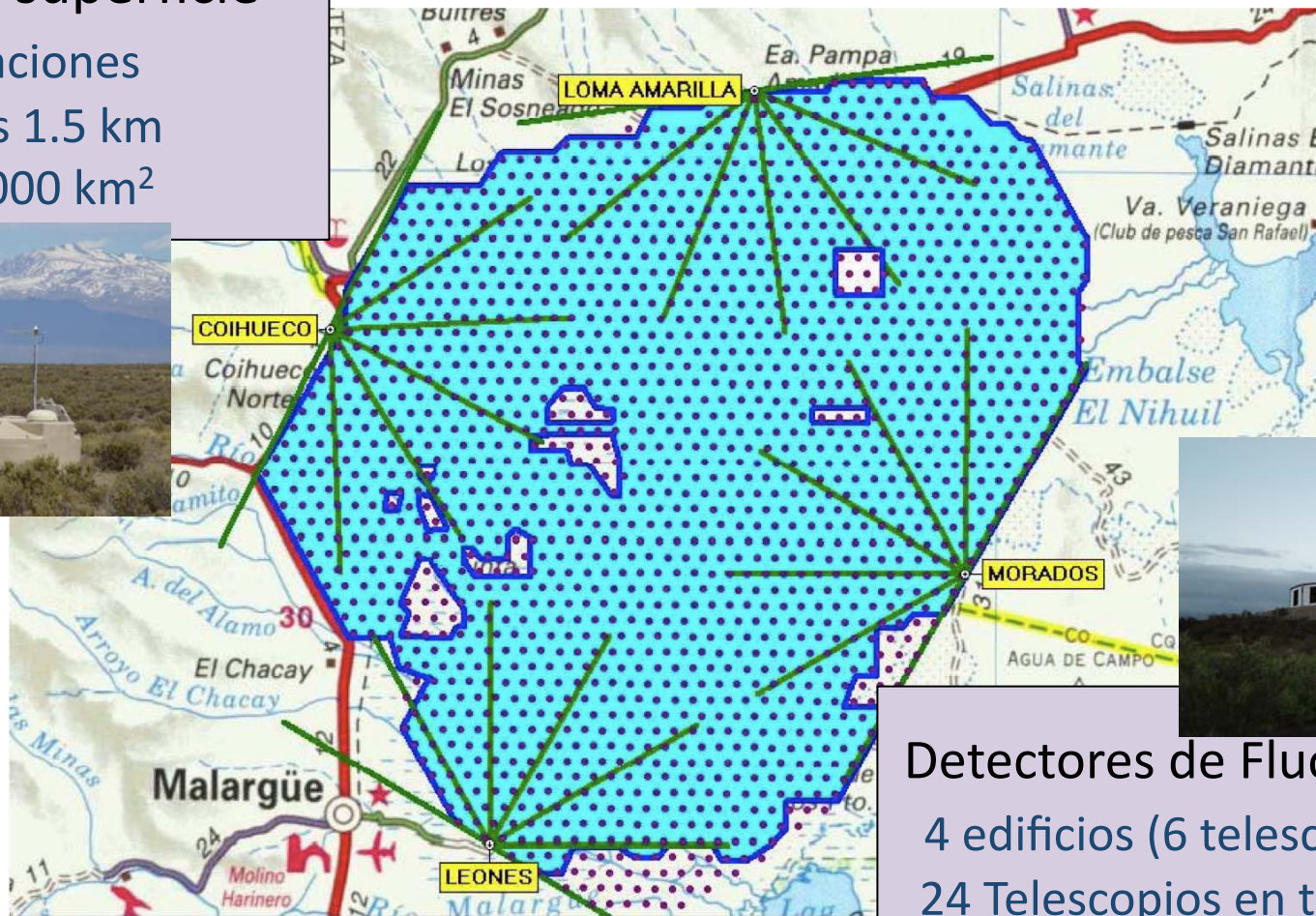
Situado en la provincia de Mendoza. Edificio de oficinas en la ciudad de **Malargüe**



Tamaño del Observatorio (aprox. 3000 km²)

Red de superficie

1660 estaciones
separadas 1.5 km
cubren 3000 km²

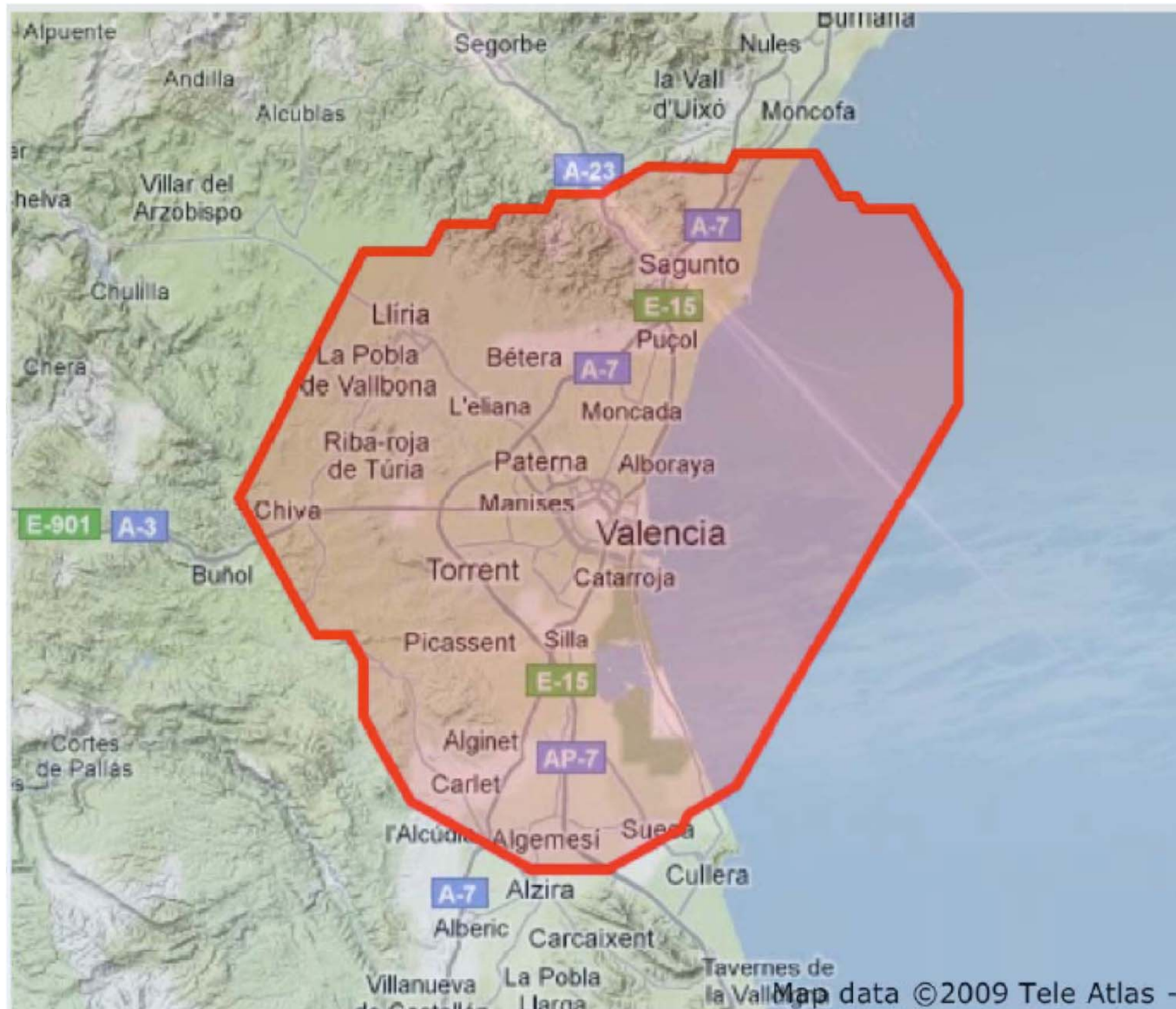


Detectores de Fluorescencia

4 edificios (6 telescopios)
24 Telescopios en total

Observatorio completado en Junio de 2008

Tamaño del Observatorio (aprox. 3000 km²)



Tamaño del Observatorio (aprox. 3000 km²)



Imágenes y material de divulgación

- o **Fotos** del Observatorio: detectores de superficie, telescopios, Pampa...
- o **Animaciones** de lluvias de partículas causadas por RCs de alta energía
- o **Datos públicos reales** (1% del total)
- o **Tamaño** del Observatorio sobre sobre vuestra región favorita
- o Explorar el Observatorio Auger con **Google Earth**

Visita <http://www.auger.org/>

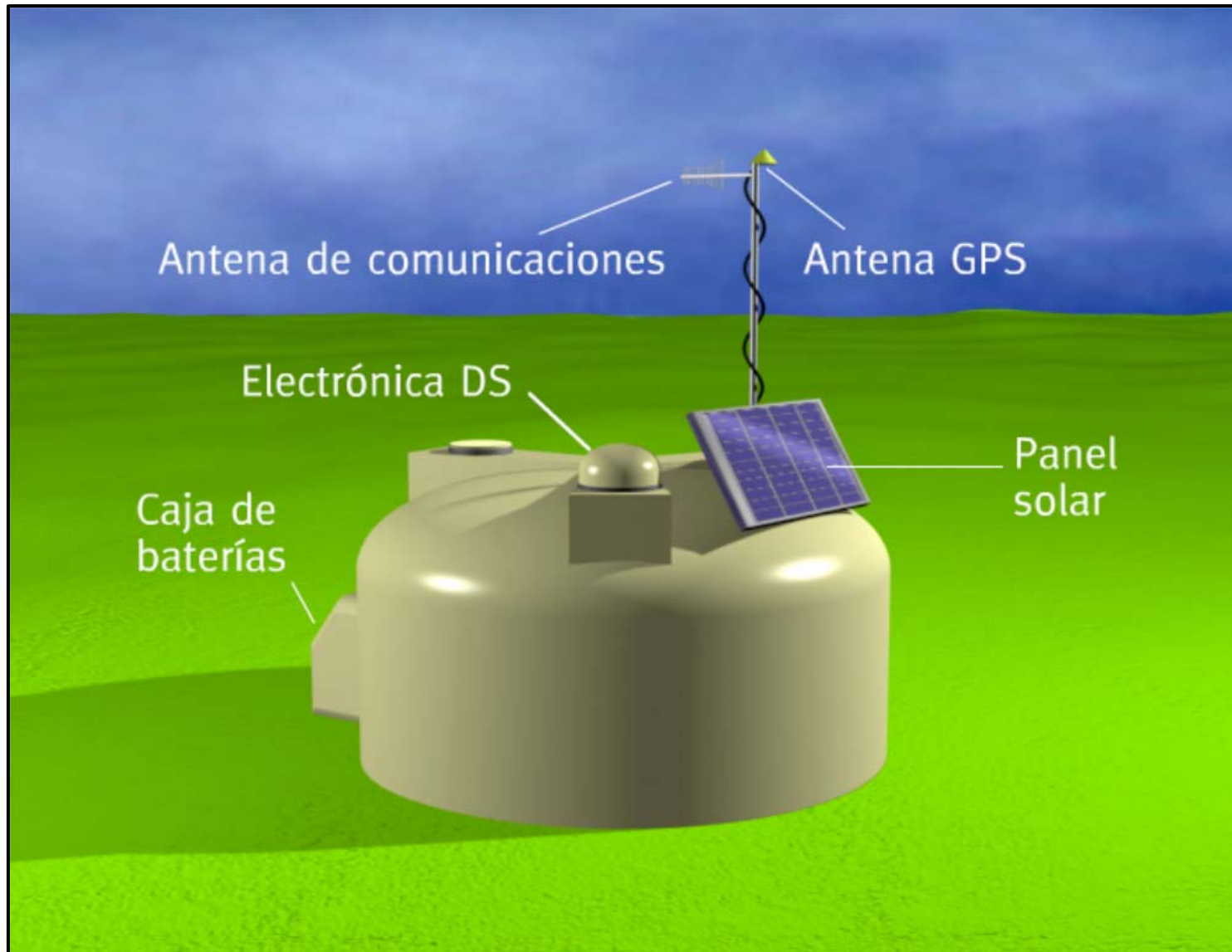


Un *tanque* (detector de superficie)



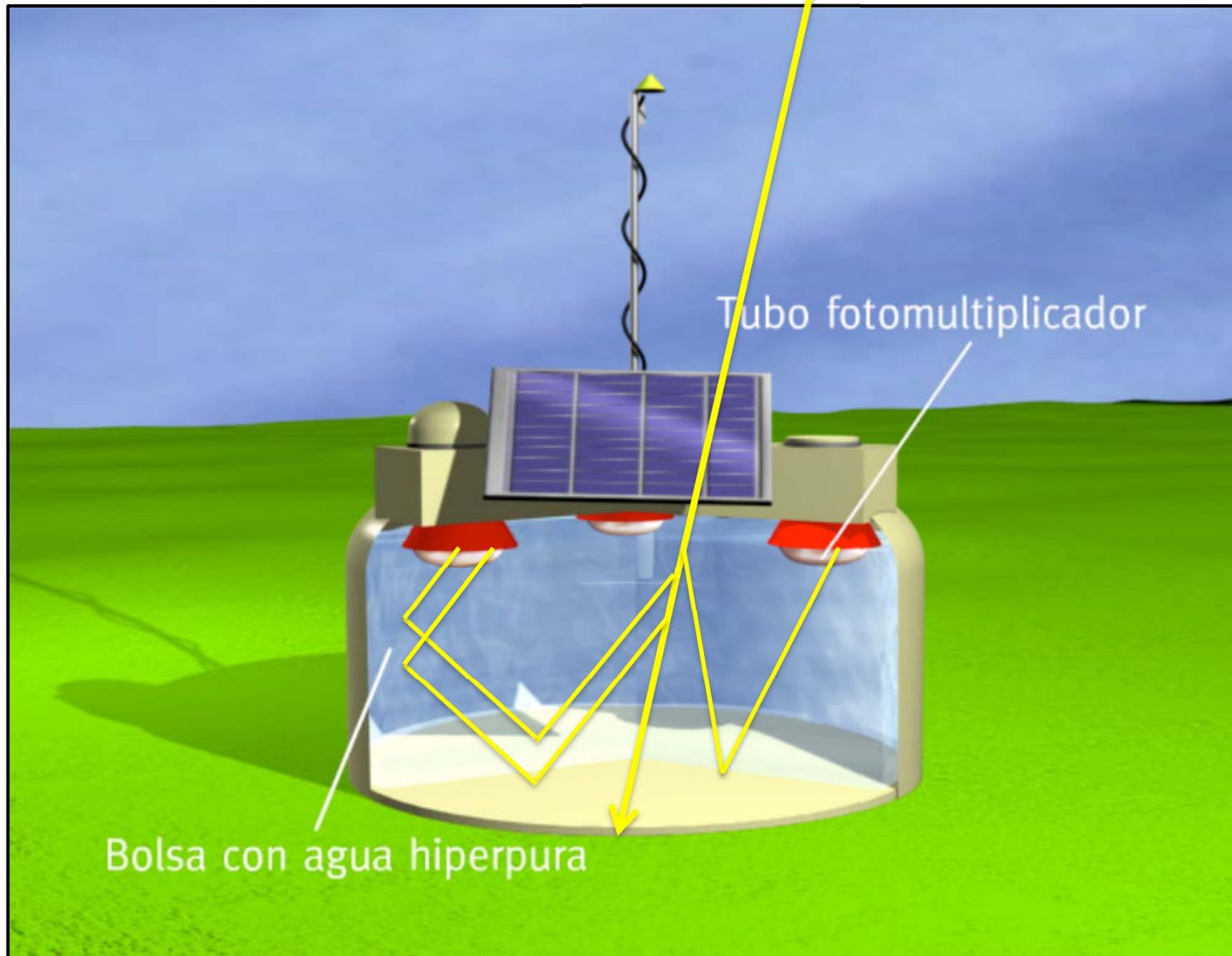
En Auger Sur hay 1660 tanques (cada uno con su nombre)

Un *tanque* (detector de superficie)



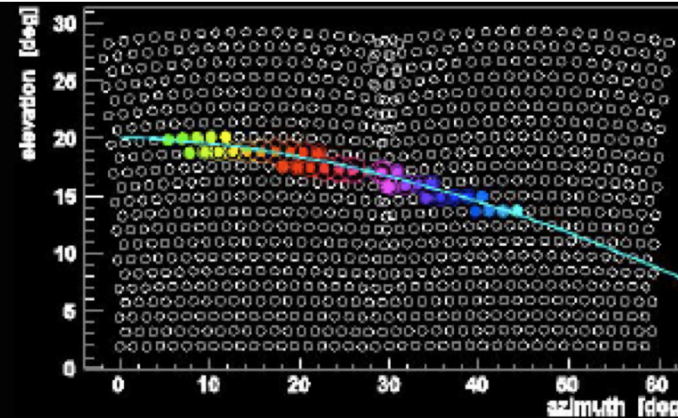
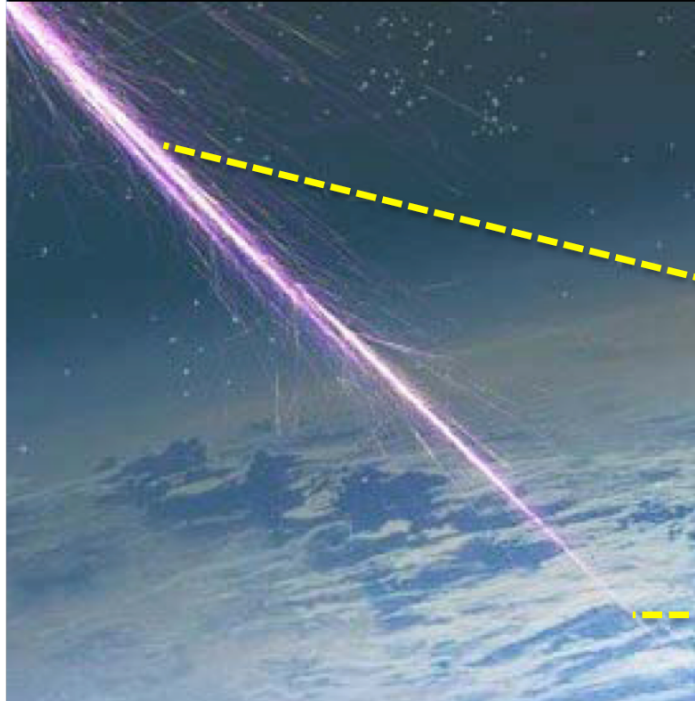
Partícula secundaria de RCs

Un *tanque* (detector de superficie)

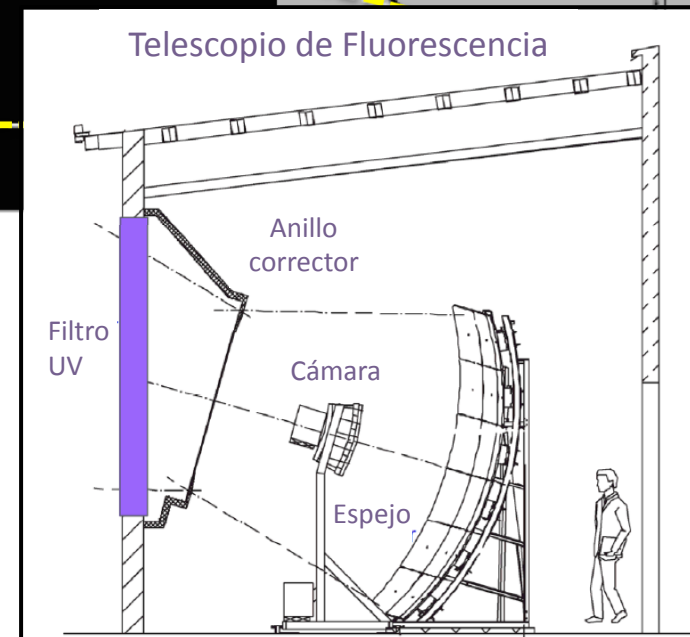


La técnica de medida de la Fluorescencia

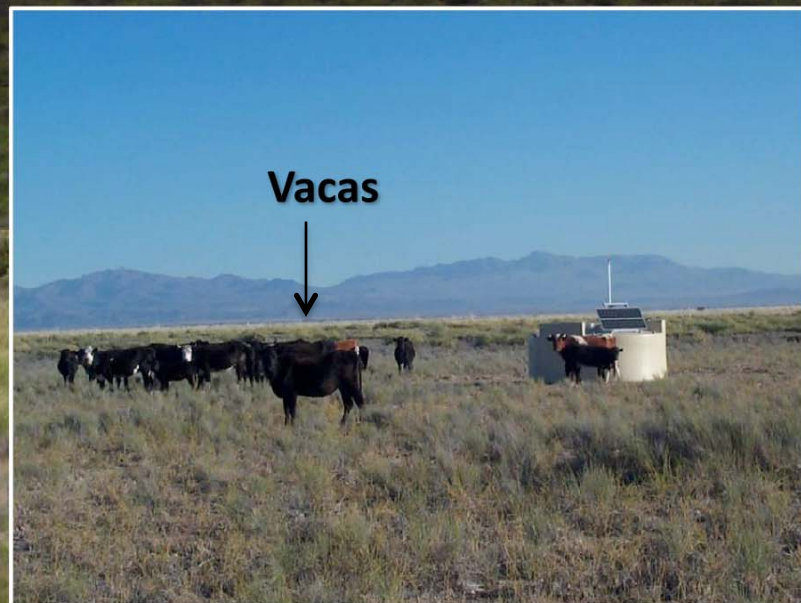
Lluvia de partículas



Los telescopios de fluorescencia detectan la luz UV emitida por el N_2 del aire al pasar los electrones de la lluvia

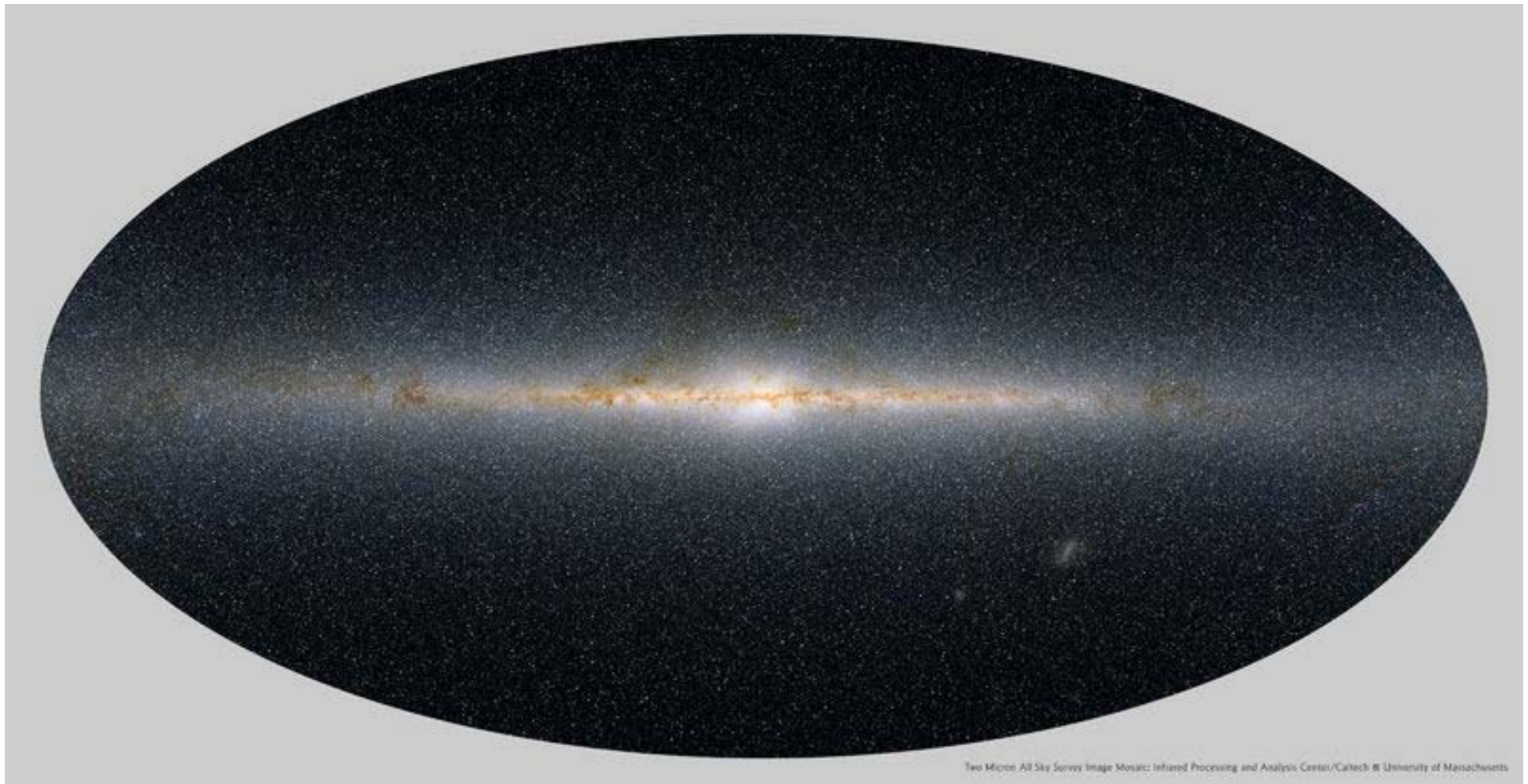


Estación de telescopios de Fluorescencia



¿De dónde vienen los RCs más energéticos?

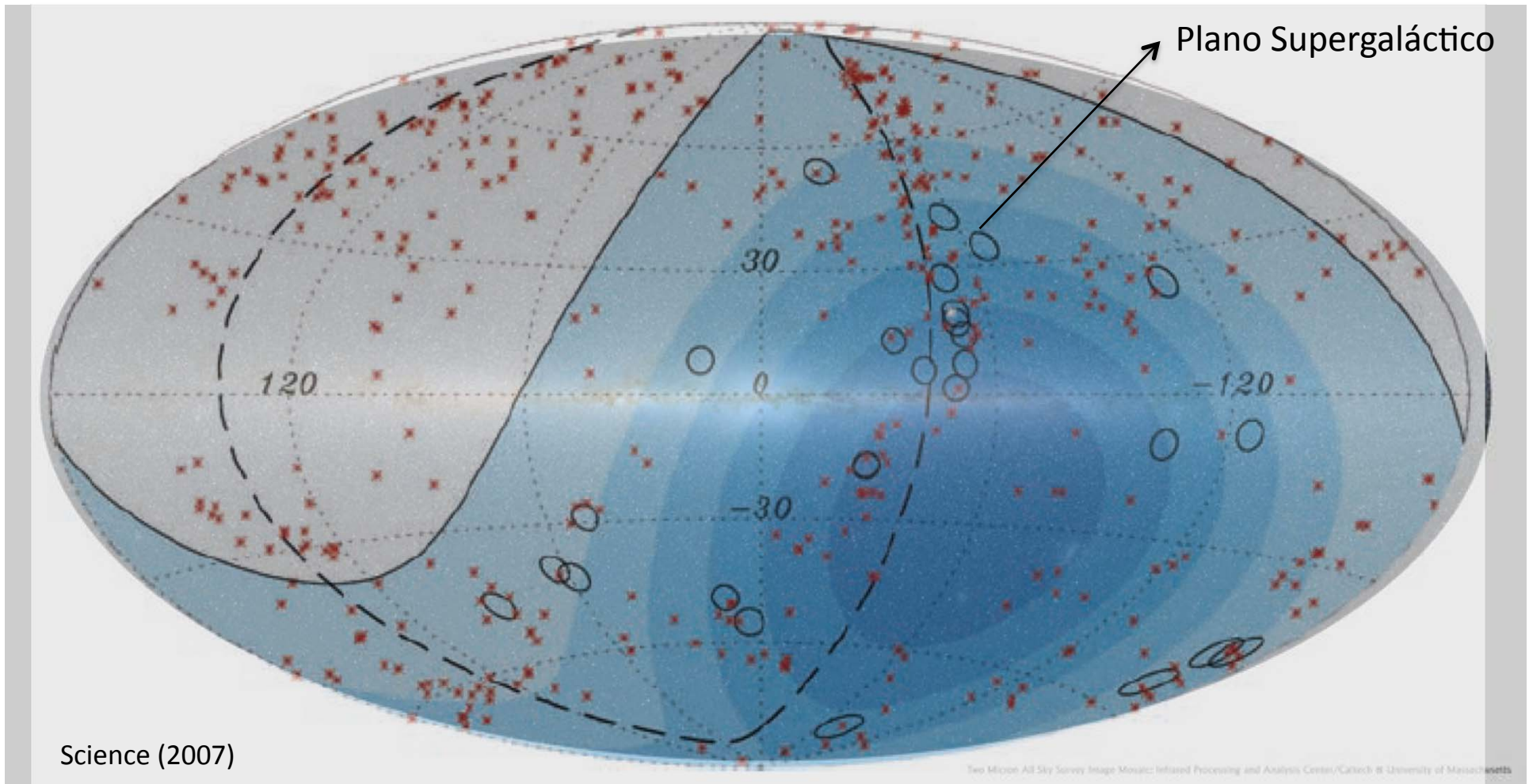
El Cielo en coordenadas galácticas



Two Micron All Sky Survey Image Mosaic: Infrared Processing and Analysis Center/Carnegie Institution of Washington

¿De dónde vienen los RCs más energéticos?

A las mayores energías, los datos de Auger parecen indicar que los RCs provienen con mayor probabilidad del llamado **plano supergaláctico** (gran concentración de materia más allá de la nuestra Vía Láctea)

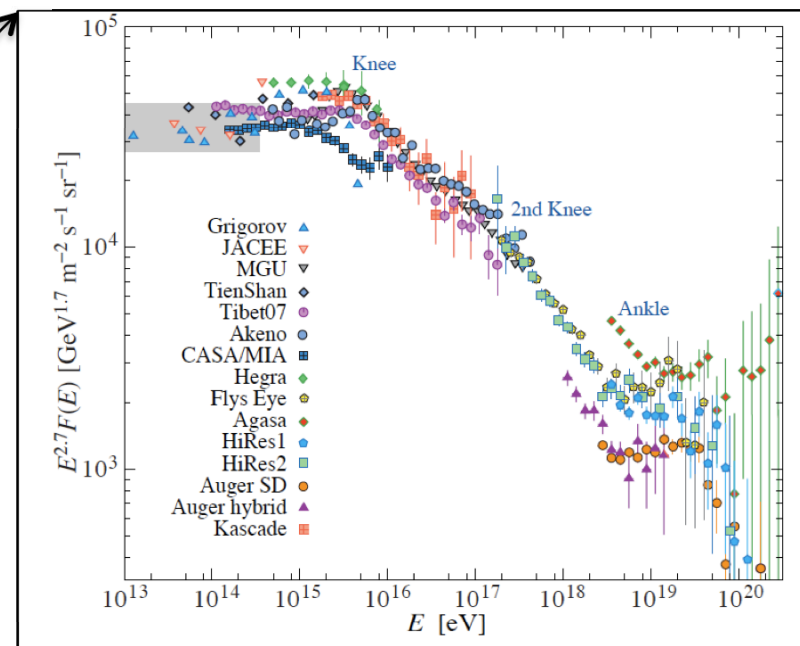
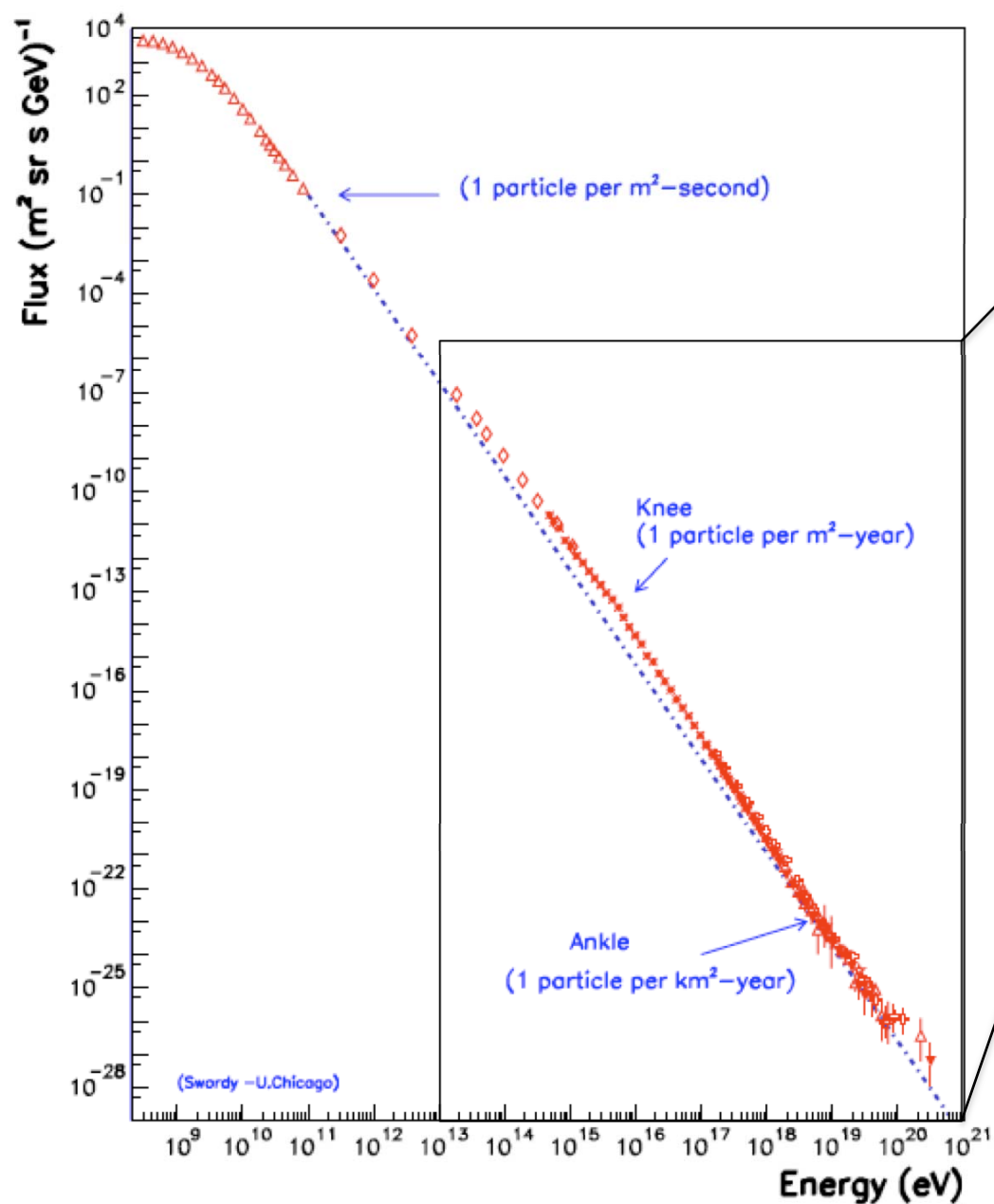




¡Gracias por vuestra atención!

Transparencias extra

Espectro de RCs a las energías más elevadas



Espectro de RCs a las energías más elevadas

CR flujo de RCs multiplicado por un factor $E^{2.7}$

