

En los últimos veinte años, el Observatorio Pierre Auger ha revolucionado el estudio de los rayos cósmicos de ultra alta energía (RCUAE), las partículas más energéticas conocidas por la humanidad.

## MEDICIÓN DEL ESPECTRO DE RCUAE

El observatorio ha confirmado un límite de corte de los UHECR en torno a  $5 \times 10^{19}$  eV, lo que significa que se detectan muy pocos RCUAE por encima de  $10^{20}$  eV, y ninguno por encima de  $10^{21}$  eV. Además, se han descubierto nuevas características en el espectro, que proporcionan información para los modelos de sus fuentes y propagación, que siguen siendo áreas de investigación activas.

## ORIGEN EXTRAGALÁCTICO

Ahora se sabe que las RCUAE superiores a  $8 \times 10^{18}$  eV probablemente se originan fuera de nuestra galaxia. Esta conclusión se basa en la medición de la anisotropía dipolar en sus direcciones de llegada, que difiere significativamente de la dirección del plano galáctico (Fig. 1).

## COMPOSICIÓN MÁS PESADA A MAYORES ENERGÍAS

Si bien los UHECR consisten principalmente en protones a  $10^{18}$  -  $10^{18.5}$  eV, están compuestos de núcleos cada vez más pesados, como helio o nitrógeno, a energías más altas.

A pesar de estos logros, quedan muchas preguntas sin respuesta. El siguiente paso es medir la carga de los UHECR, ya que las trayectorias de los núcleos más cargados se desvían más por los campos magnéticos del Universo. Esta desviación hace que la orientación de los UHECR hacia sus fuentes originales sea más difusa. Si se pueden aislar los protones o los núcleos de helio, que tienen cargas más bajas, la orientación de la fuente puede volverse más precisa.

Otro enigma es la discrepancia en el número de muones en las lluvias de aire extensas (EAS, por sus siglas en inglés) iniciadas por los RCUAE (ver Auger en Foco 4). El número de muones es mayor que el esperado a partir de los modelos, por lo que se requieren mediciones precisas del número de muones en las EAS.

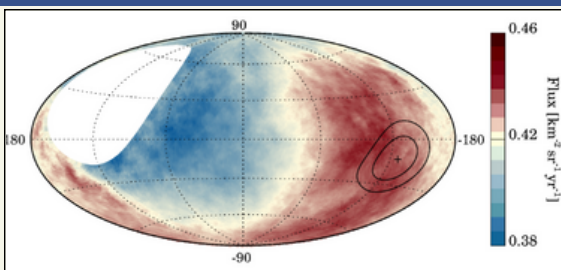


FIGURA 1. DIRECCIONES DE ARRIBO DE RCUAE EN COORDENADAS GALÁCTICAS (EL PLANO GALÁCTICO ES HORIZONTAL A LO LARGO DE 0 GRADOS DE LATITUD)

## AUGER PRIME

Para enfrentar estos desafíos, la Colaboración Pierre Auger ha iniciado una importante actualización del observatorio, conocida como AugerPrime. Esta actualización incluye la incorporación de detectores de centelleo (SSD) y detectores de radio (RD) a cada estación de detector de superficie existente (Fig. 2). La nueva configuración mejora la capacidad de distinguir entre los componentes muónicos y electromagnéticos de las EAS debido a las diferentes respuestas de estos detectores.

En la región central de la lluvia de partículas, donde la densidad de partículas es más alta, los tres tubos fotomultiplicadores (PMT) de las estaciones de superficie pueden saturarse, lo que causa mediciones de inexactas de la señal. Para mitigar esto, AugerPrime introduce un pequeño fotomultiplicador (PMTs) junto con los tres grandes PMT existentes. El PMTs está diseñado para ampliar el rango dinámico de las mediciones de la estación, lo que permite un muestreo más preciso de la lluvia de partículas.

El observatorio también incluye regiones en las que la distancia entre tanques es inferior a la estándar, 1500 metros. En una de esas regiones, donde las estaciones están espaciadas entre sí 750 y 433 metros, la actualización incluye la instalación de detectores de muones subterráneos (UMD). Estos detectores proporcionarán mediciones directas críticas del componente muónico de las lluvias atmosféricas, ya que la parte electromagnética de las EAS es absorbida por el suelo, mientras que los muones pasan a través y alcanzan el UMD. La electrónica del detector de superficie también se ha mejorado para dar soporte a los nuevos detectores. La placa electrónica actualizada no solo es compatible con la configuración existente, sino también con SSD, RD, UMD y PMTs. Esta placa avanzada presenta una velocidad de muestreo más rápida y una mayor precisión de sincronización.



Nuestro especial agradecimiento a  
**AUGER Early Career  
Collaborators Assembly**

FIGURA 2. ESTACIÓN DE SUPERFICIE ACTUALIZADA