

Estimación de la energía de rayos cósmicos en HAWC usando redes neuronales

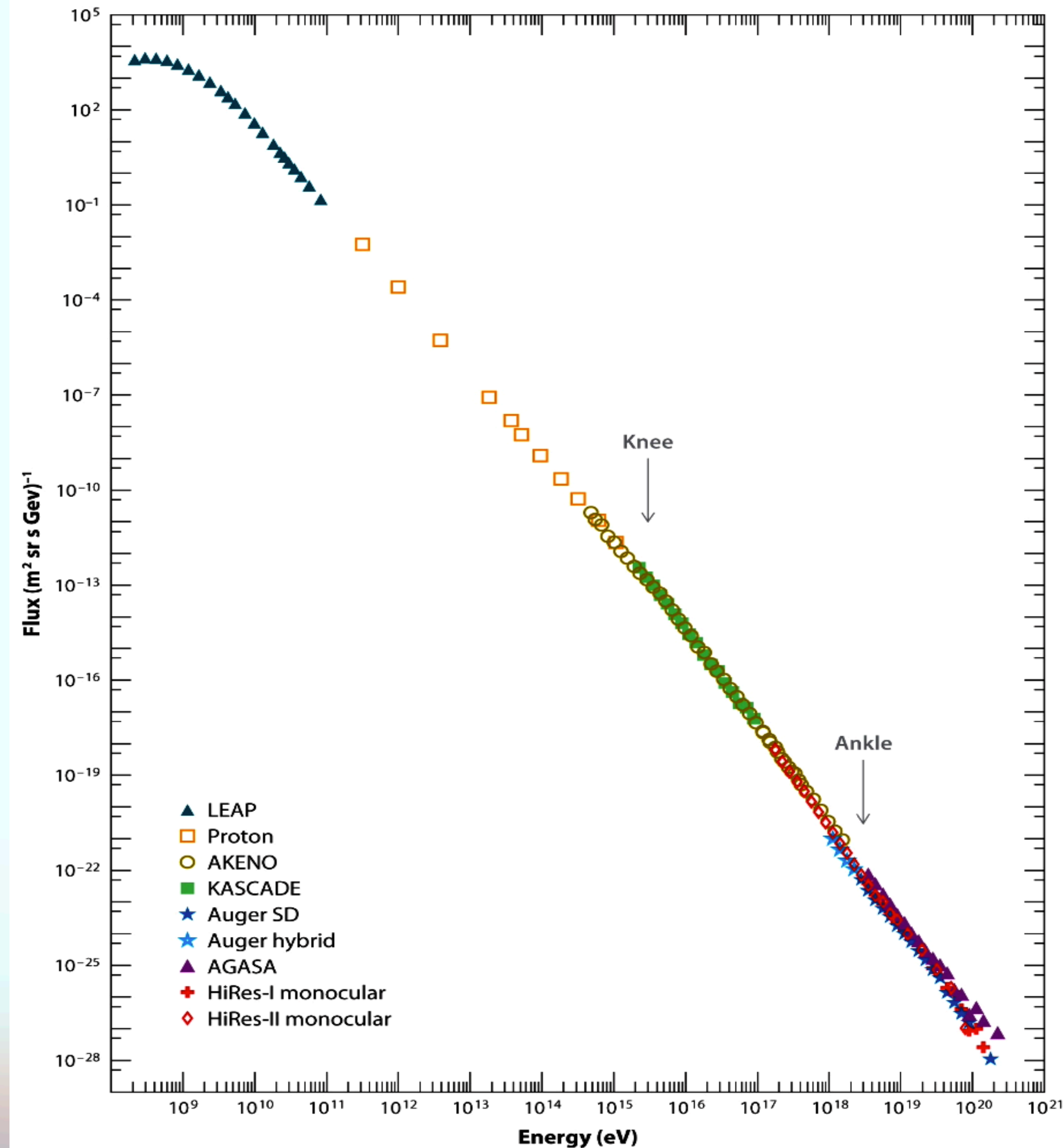
A. Alvarado, T. Capistrán, J.R. Sacahuí, I. Torres

High-Altitude Water Cherenkov Observatory (HAWC)

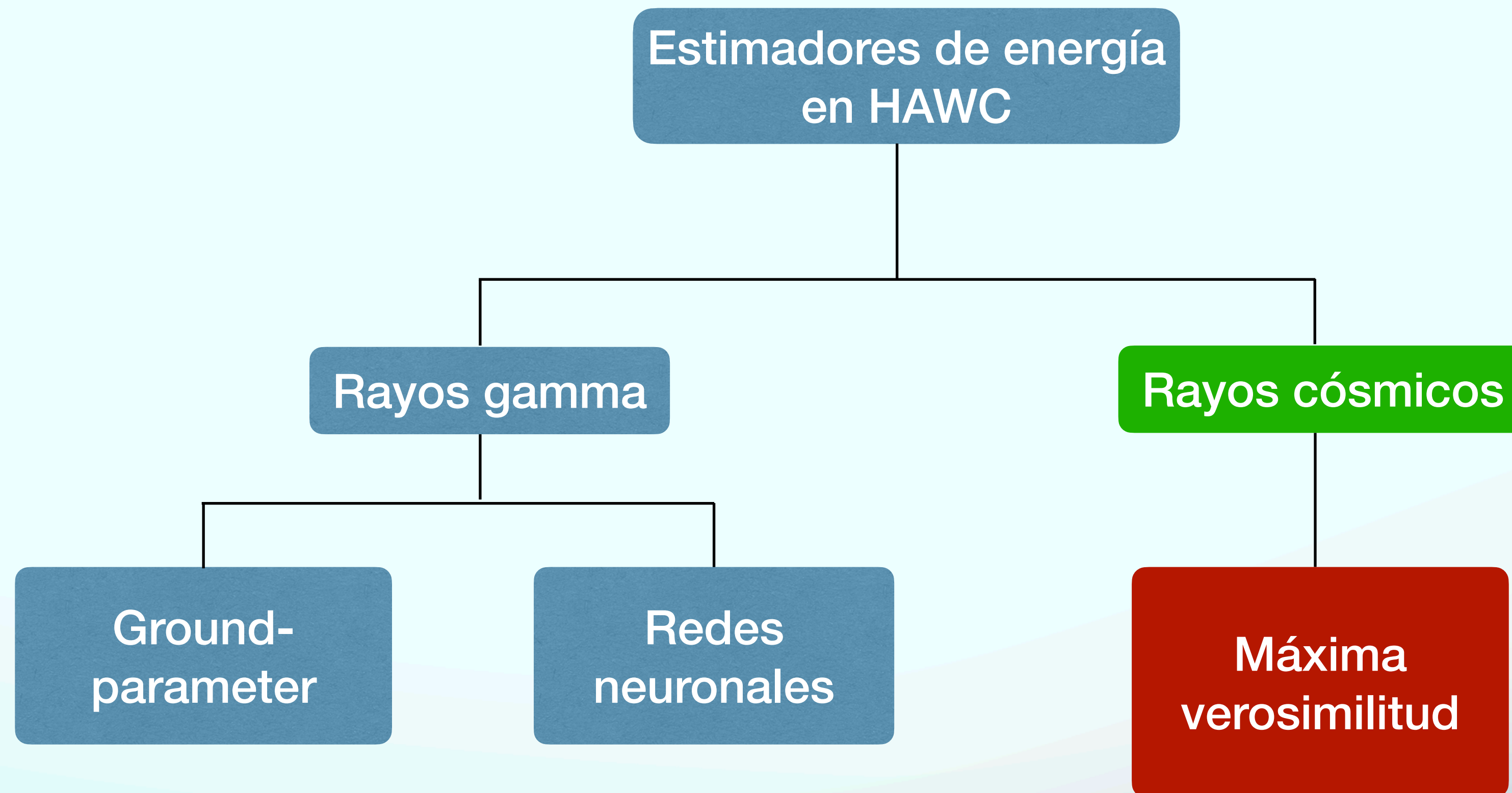


Tomado de: https://www.hawc-observatory.org/img/hawc_site_201611_hires.jpg

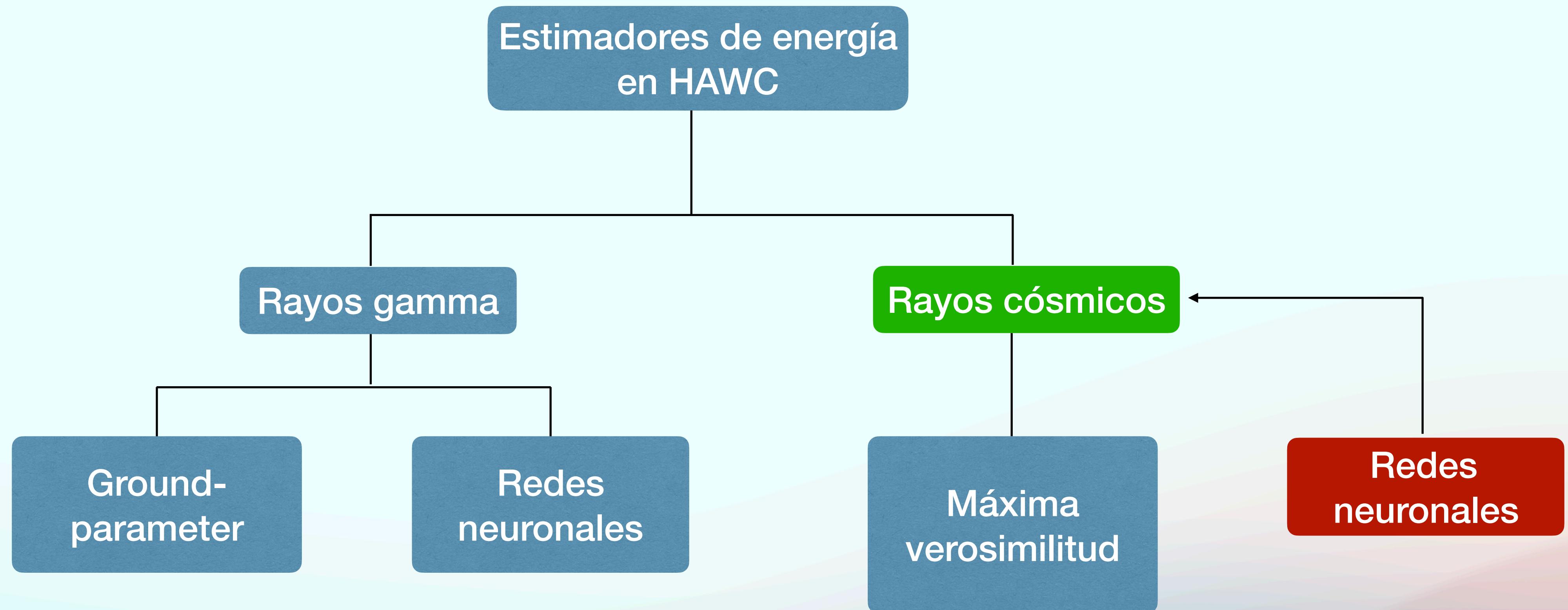
Reconstrucción de la energía: su importancia



Estimadores de energía actuales en HAWC



Nuestra propuesta

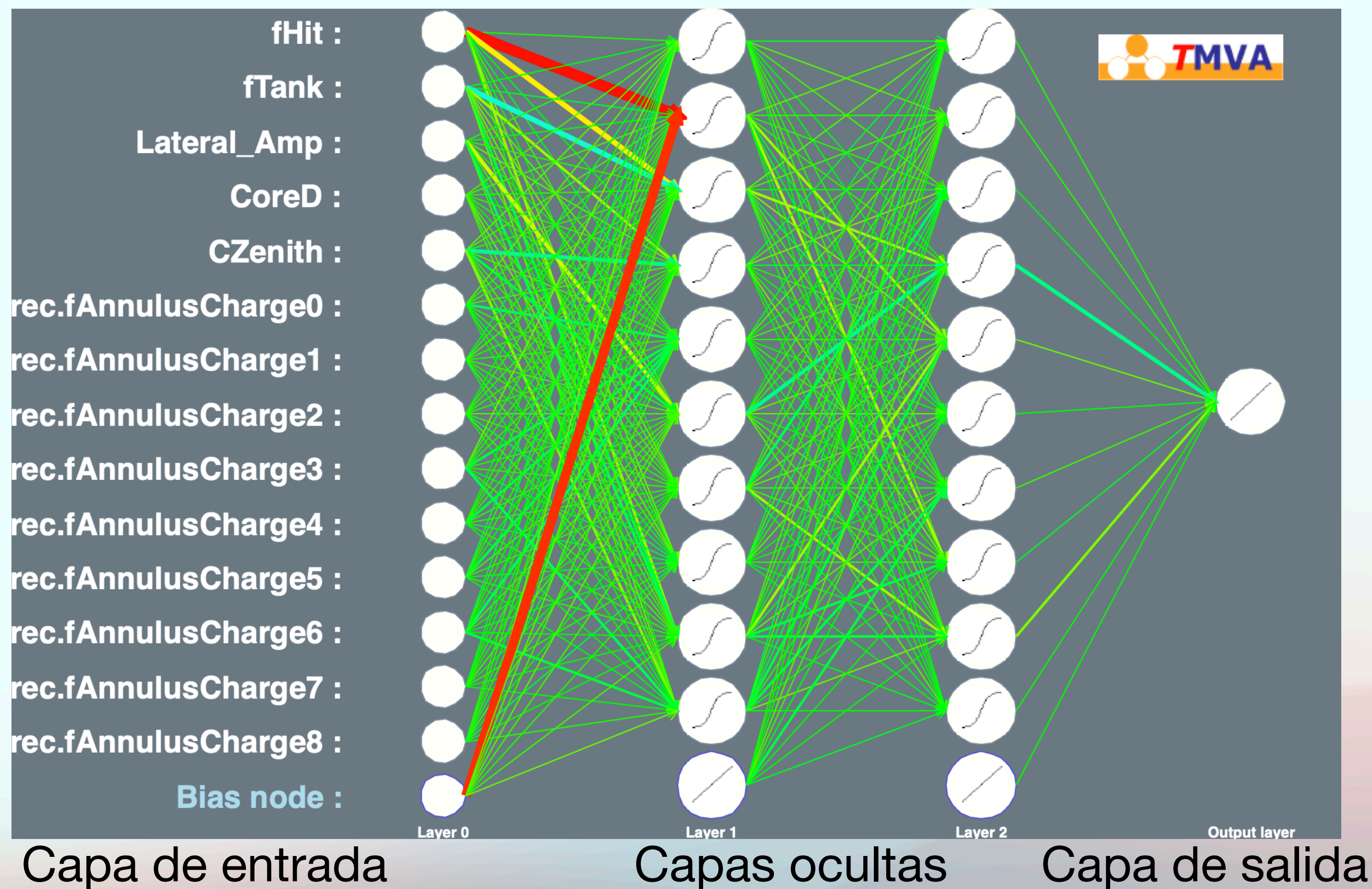


Datos utilizados para entrenamiento y verificación

- Se usan simulaciones Monte Carlo para protones
- Rango de energía: 300GeV - PeV
- Se usaron $2/3$ de los eventos para entrenamiento y $1/3$ para testing

Arquitectura de la red neuronal

- 14 variables de entrada relacionadas con:
 - El número de detectores activados
 - La dirección de la cascada
 - La amplitud lateral de la cascada
 - La distancia del core respecto del centro de HAWC
 - La carga acumulada en anillos de 10 m
- 2 capas ocultas con 10 neuronas
- 1 elemento en la capa de salida (energía reconstruida)

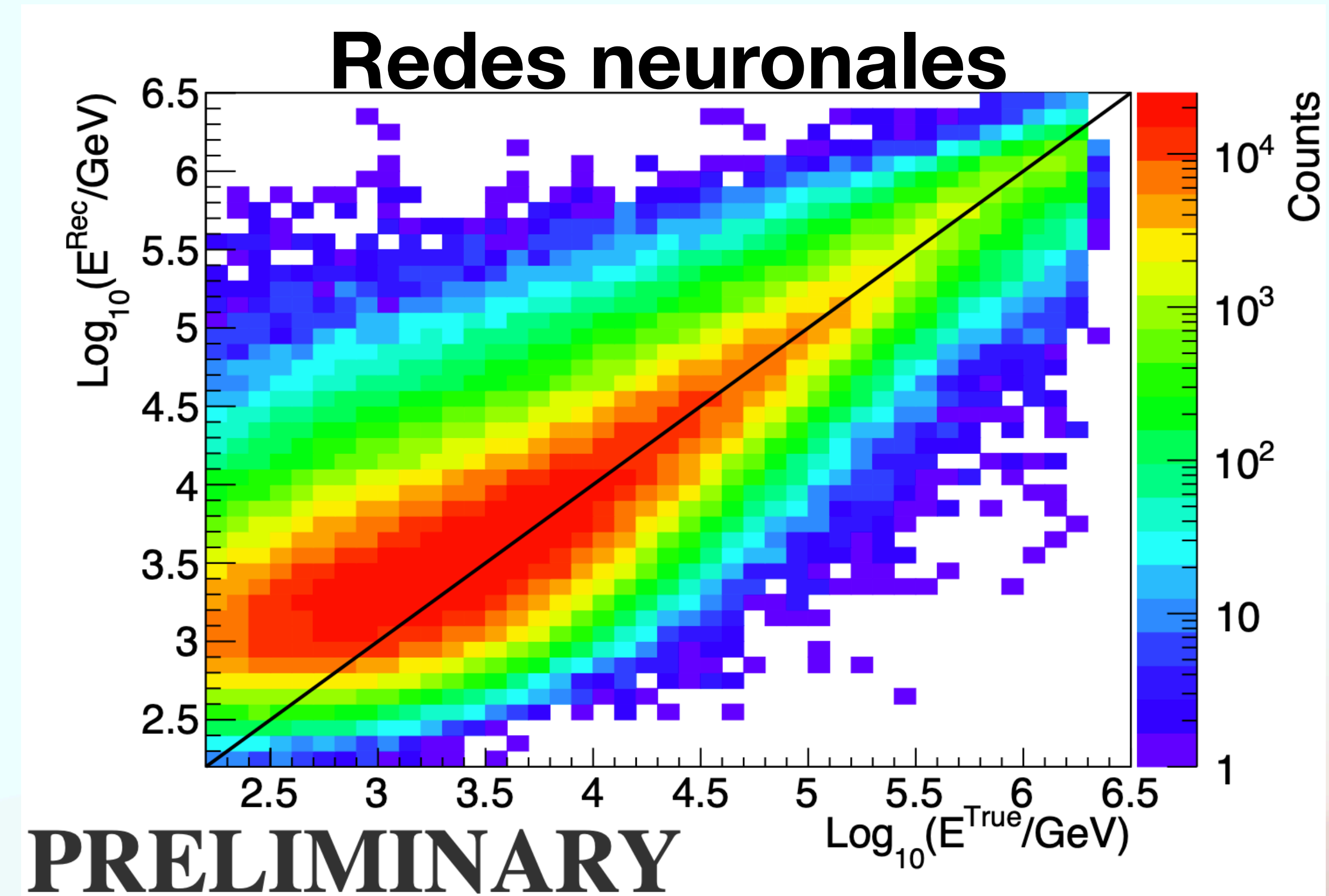
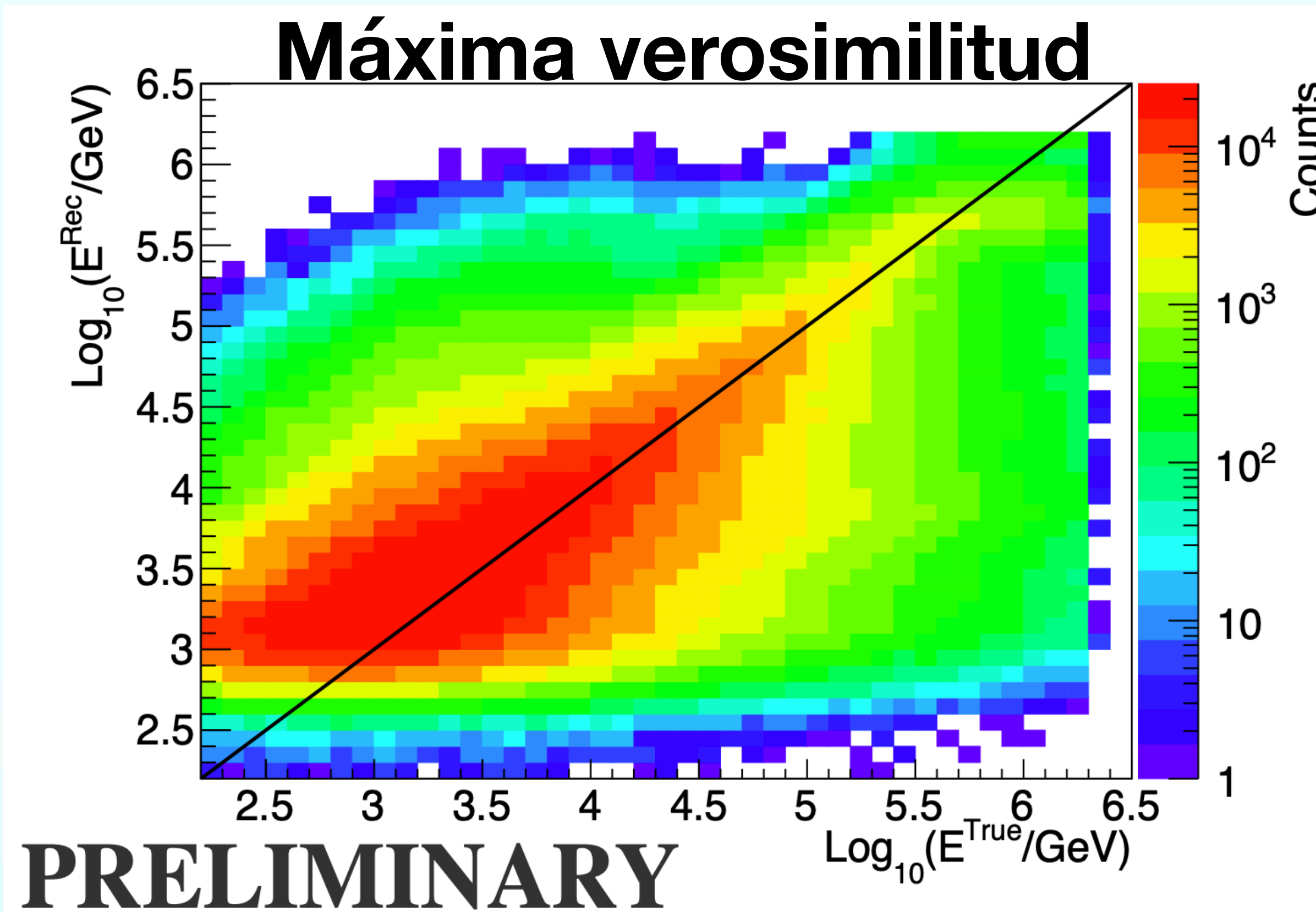


Cortes utilizados

- **Cortes de calidad:**
 - Eventos cuyo núcleo y ángulo cenital fue correctamente reconstruido
- **Cortes de selección de eventos:**
 - Cascadas con ángulo cenital de hasta 17 grados
 - Detectadas por al menos un 22% del observatorio
 - Incluye los cortes de calidad

Resultados

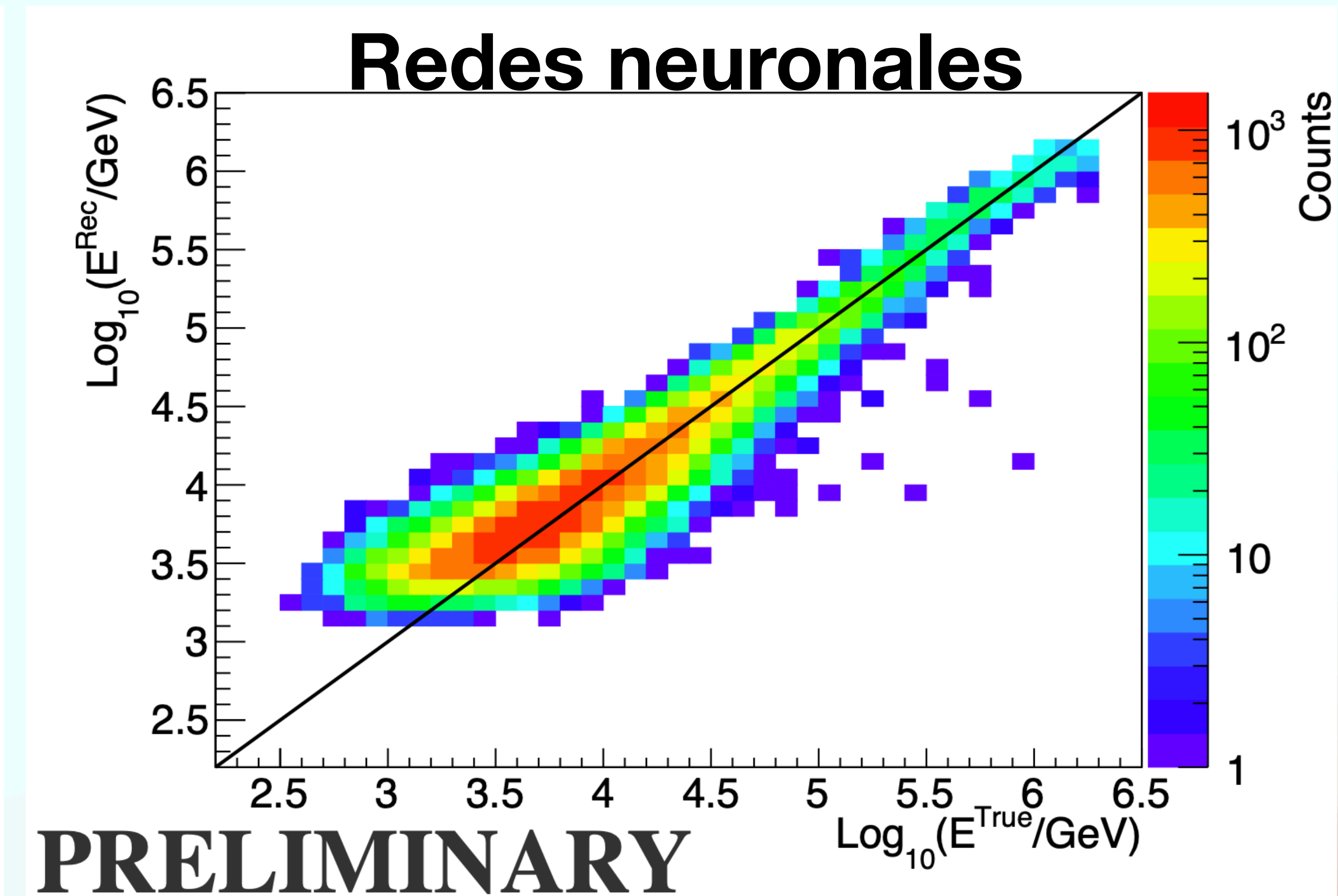
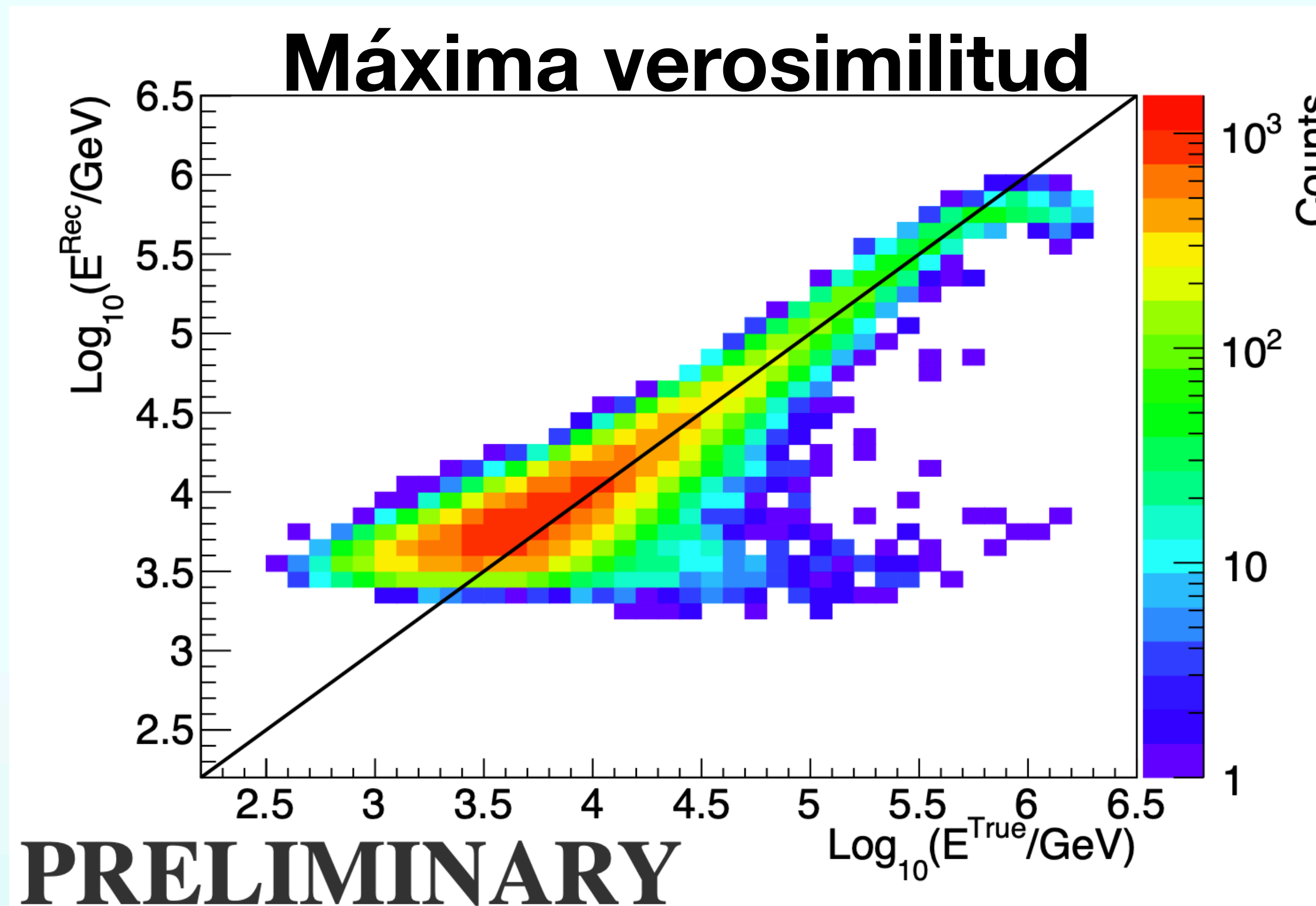
Todos los eventos* con cortes de calidad



*5,177,744 eventos

Resultados

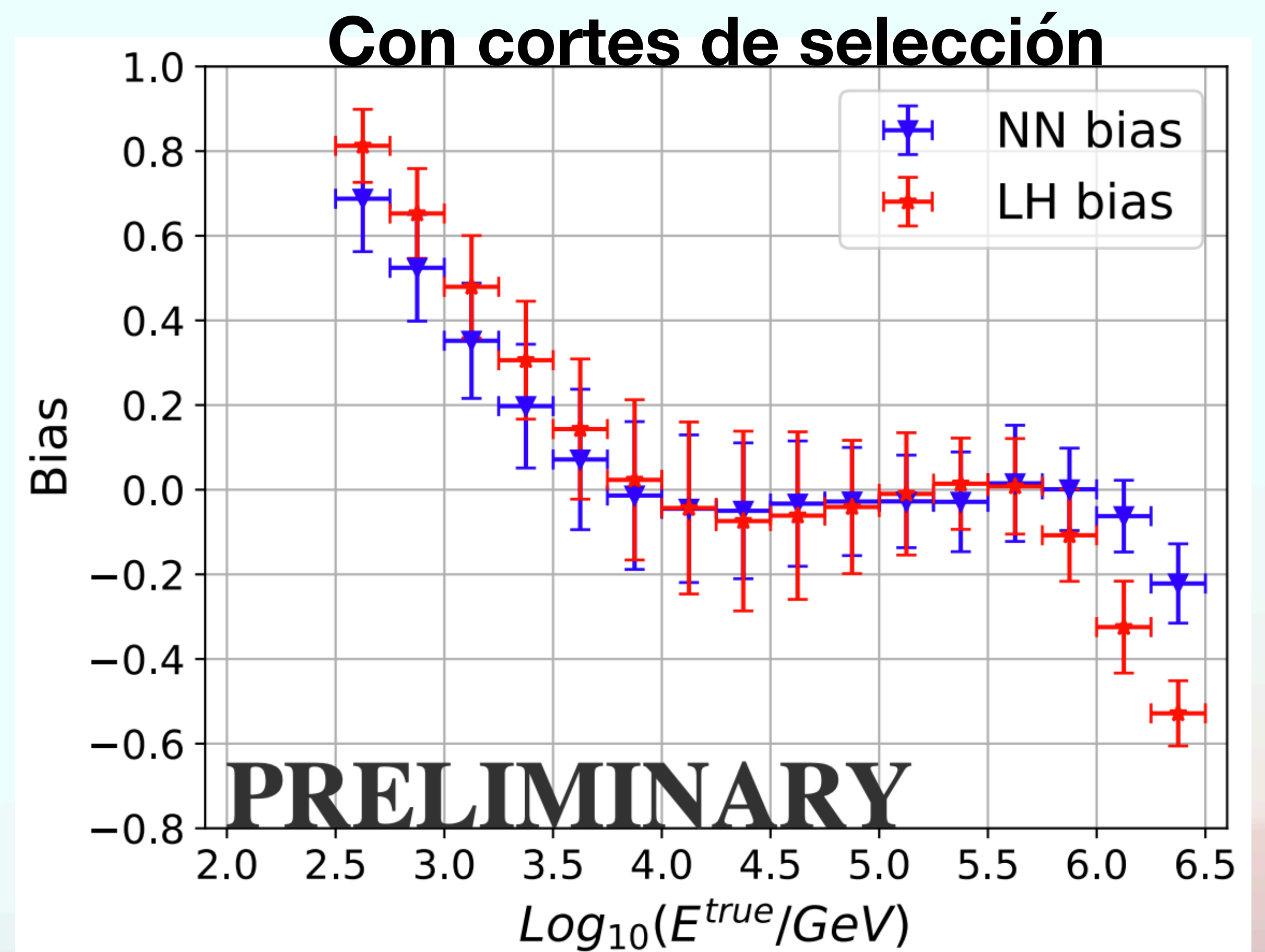
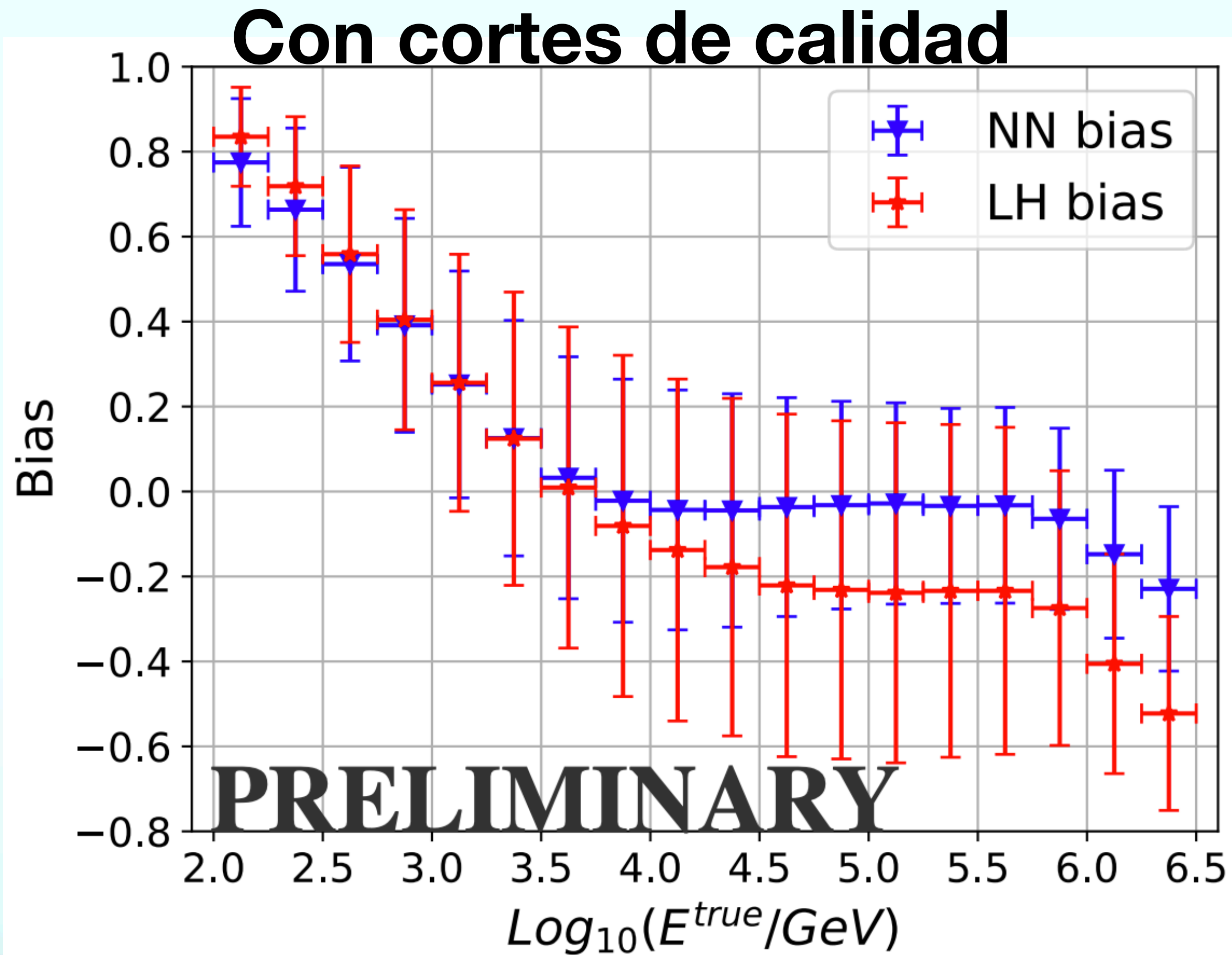
Eventos de verificación* con cortes de selección



*47,623 eventos

Bias del estimador

$$bias = \langle \text{Log}(E^{rec}/GeV) - \text{Log}(E^{true}/GeV) \rangle$$



Resumen

- Se entrenaron redes neuronales para la reconstrucción de energía en HAWC
- El desempeño de la red neuronal es similar al estimador basado en máxima verosimilitud a bajas y medianas energías
- Con redes neuronales se obtuvo una ligera mejora con NN a altas energías usando cortes de selección

Trabajo futuro

- Se entrenará más redes neuronales
- Se evaluará el rendimiento en datos reales
- Se entrenará y evaluará el rendimiento en otros núcleos atómicos primarios