

# Aplicaciones de neutrones cósmicos de bajas energía para agricultura de precisión

viernes, 15 de noviembre de 2024 16:50 (20 actas)

Los rayos cósmicos son partículas provenientes del espacio exterior, con energías que abarcan desde  $10^9$  eV hasta aproximadamente  $10^{20}$  eV, que al interactuar con las moléculas del aire, generan cascadas de diversas partículas, incluyendo los neutrones. En los últimos años se ha investigado el uso de los neutrones cósmicos para medir la humedad del suelo [1]. Para calibrar las mediciones y garantizar resultados confiables es fundamental conocer el flujo incidente. Por esta razón, es imprescindible estudiar los factores que afectan el flujo de neutrones, como la altitud y la latitud.

Para estudiar los efectos del cambio de altitud en el flujo de neutrones cósmicos implementamos simulaciones en URANOS (Ultra Rapid Adaptable Neutron-Only Simulator), un simulador de propagación e interacción de neutrones con el suelo [2]. Simulamos el espectro de neutrones para dos altitudes diferentes (0 m s.n.m y 3000 m s.n.m) y no se observaron cambios significativos en el flujo de neutrones. Por lo que extendimos el estudio implementando otros simuladores de partículas como CORSIKA y Geant4.

CORSIKA es un software utilizado para simular cascadas de partículas, pero no incluye las interacciones de neutrones con energías menores a 300 MeV. Por esta razón, complementamos el análisis con Geant4, que permite simular interacciones en un rango de energías más amplio. En Geant4, modelamos la atmósfera terrestre como un paralelepípedo de 600 m de ancho, 600 m de profundidad y 2000 m de altura. Utilizamos un modelo atmosférico basado en el gas ideal para representar las variaciones en la densidad del aire desde el nivel del mar hasta los 2000 m de altitud. En CORSIKA, los rayos cósmicos se propagaron desde el tope de la atmósfera hasta 2000 m s.n.m en las ciudades de Buenos Aires, Bucaramanga y Berlín (Colombia). De esta manera se recolectó el espectro de neutrones en la superficie de cada ciudad.

Los espectros de neutrones obtenidos mostraron una relación significativa entre el número de neutrones que alcanzaron la superficie y la altitud. Obtuvimos que el flujo de neutrones en Bucaramanga (956 m s.n.m.) es 2.2 veces mayor que en Buenos Aires (10 m s.n.m.), mientras que en Berlín (3450 m s.n.m.) es 4.8 veces mayor que en Buenos Aires.

[1] Zreda, M., D. Desilets, T. Ferré, and R. Scott (2008). Measuring soil moisture content non-invasively at intermediate spatial scale using cosmic-ray neutrons. *Geophys. Res. Lett.* 35, L21402. doi:10.1029/2008GL035655.

[2] Köhli, M., M. Schrön, S. Zacharias, and U. Schmidt (2023). URANOS v1.0 –the Ultra Rapid Adaptable Neutron-Only Simulation for Environmental Research. *Geosci. Model Dev.* 16, 449–477.

## Nivel de formación

Maestría

**Autor primario:** DOMINGUEZ BALLESTEROS, Yessica (Universidad Industrial de Santander)

**Coautores:** SARMIENTO CANO, Christian (Universidad Industrial de Santander); NÚÑEZ, Luis (Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia Departamento de Física, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela)

**Presentador:** DOMINGUEZ BALLESTEROS, Yessica (Universidad Industrial de Santander)

**Clasificación de la sesión:** Charlas Paralela II