

# Rayos C3smicos y Agricultura de Precisi3n: Estimaci3n de Nit3rgeno en el suelo.

Luigui Joel Miranda Leuro

ljmirandal@eafit.edu.co

A. V3squez-Ram3rez, C Sarmiento-Cano, L. A. N3ñez

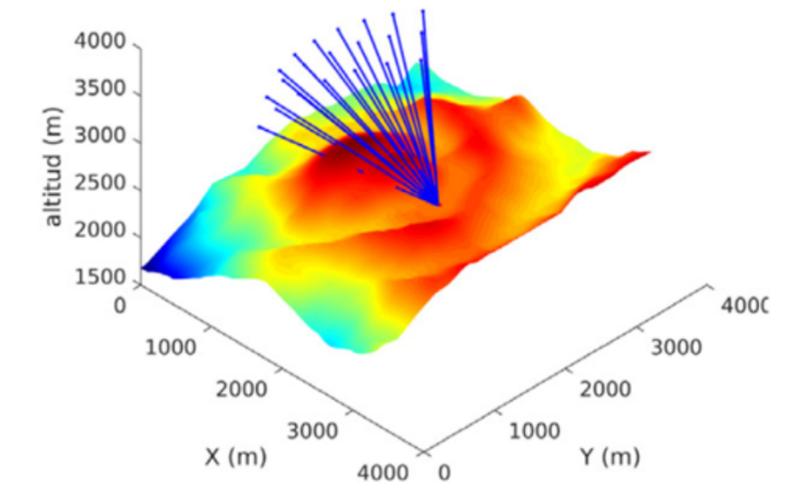
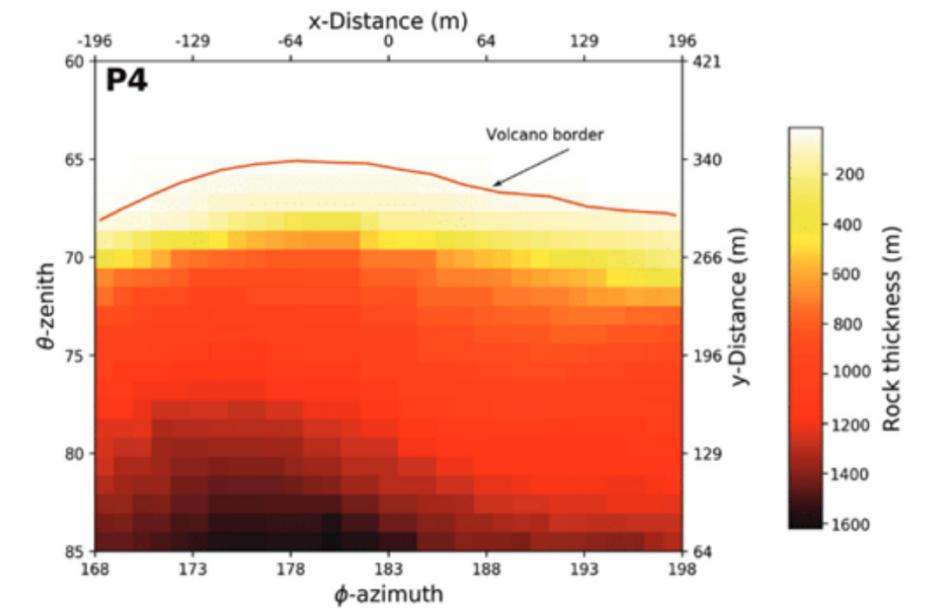
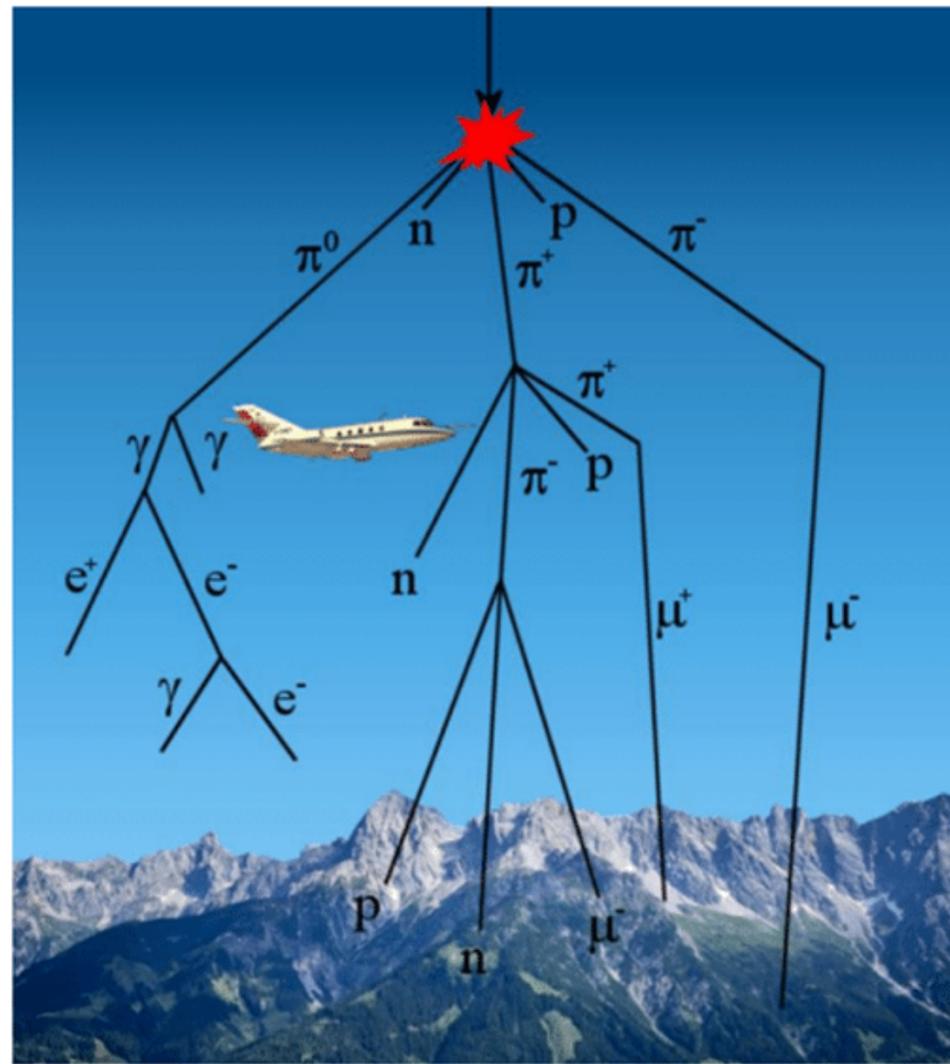
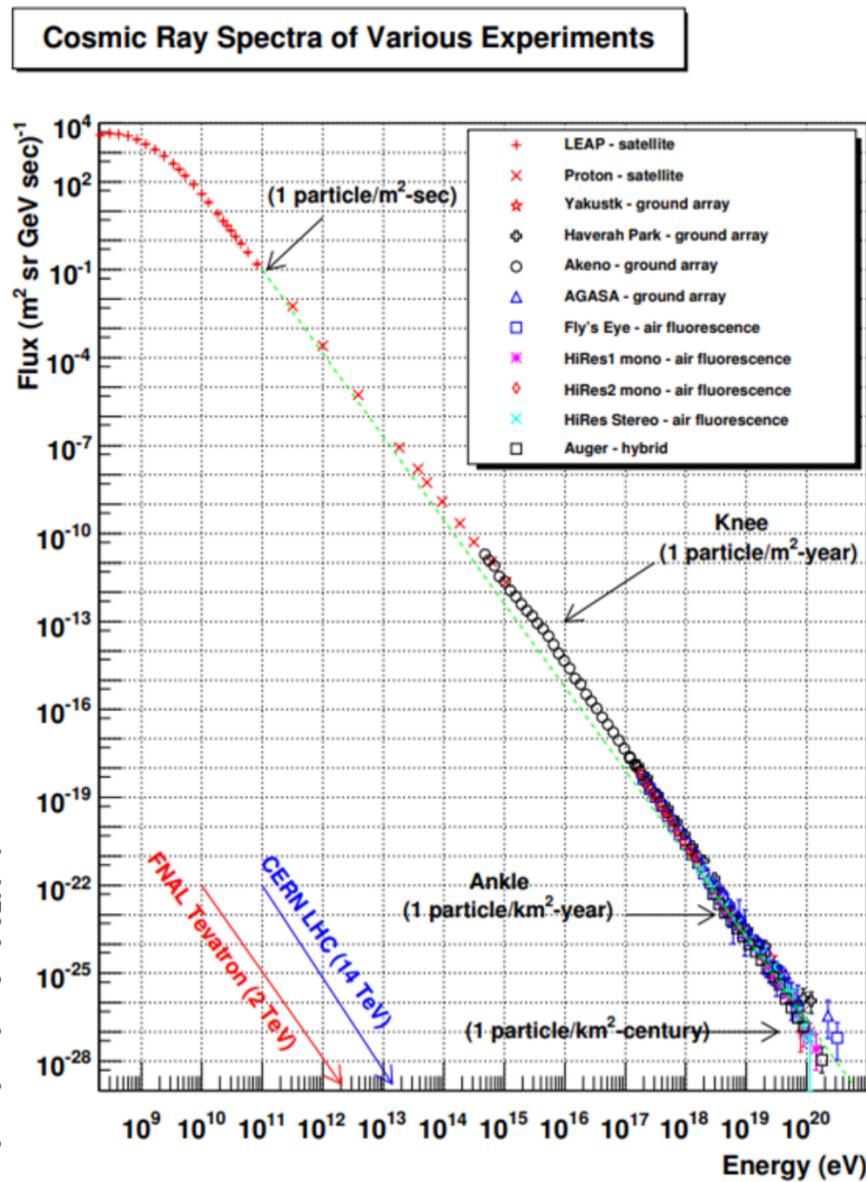


# Contenido

- Aplicación de rayos cósmicos.
- Agricultura de precisión
- Simulación de las luvias.
- Detección de nitrógeno.
- Conclusiones.
- Trabajo Futuro.



# Aplicaciones de rayos cósmicos

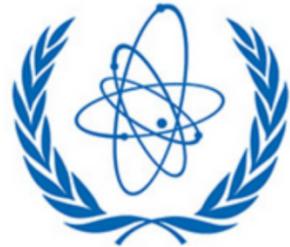


Hanlon, W. et al, Vol. 69. No. 07. 2008.

Meier, Matthias M. et al. Atmosphere 11.12 (2020): 1358.

Vesga-Ramírez, A. et al, Journal of South American Earth Sciences 109 (2021): 103248. #2

# Agricultura de precisión



**IAEA**

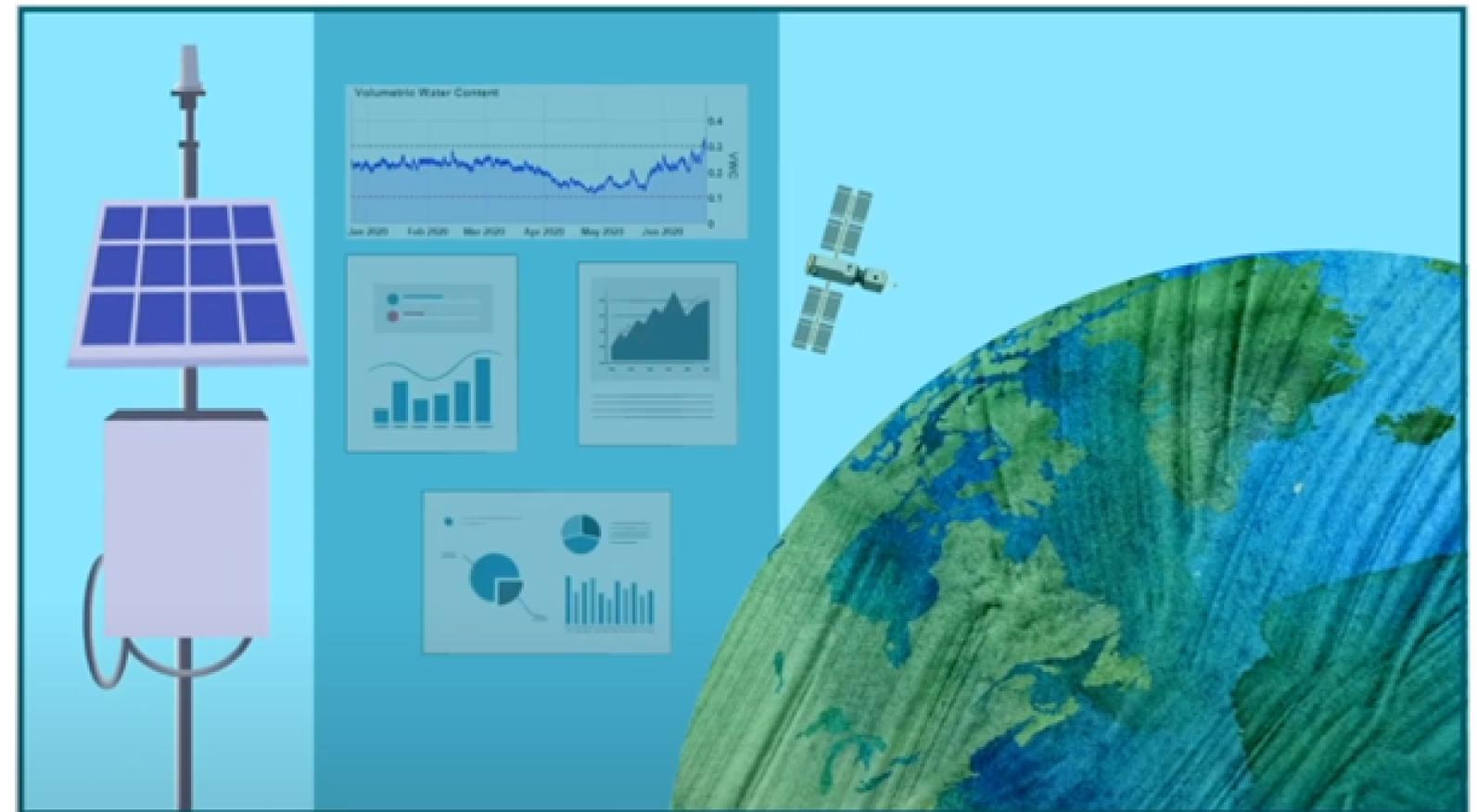
International Atomic Energy Agency



**AGRICULTURA DE PRECISIÓN  
PRECISION FARM**

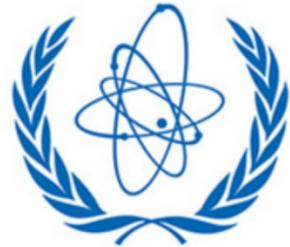
**El potencial del estudio de la espectroscopia para predecir el contenido de nitrógeno y materia orgánica en el suelo con la combinación del GIS y las aplicaciones de la Agricultura de Precisión**

Pereira, A. et al. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 14(1), 27-33, (2005).



**Cosmic Ray Neutron Sensor (CRNS): From Cosmic Rays to Soil Moisture**

# Agricultura de precisión



**IAEA**

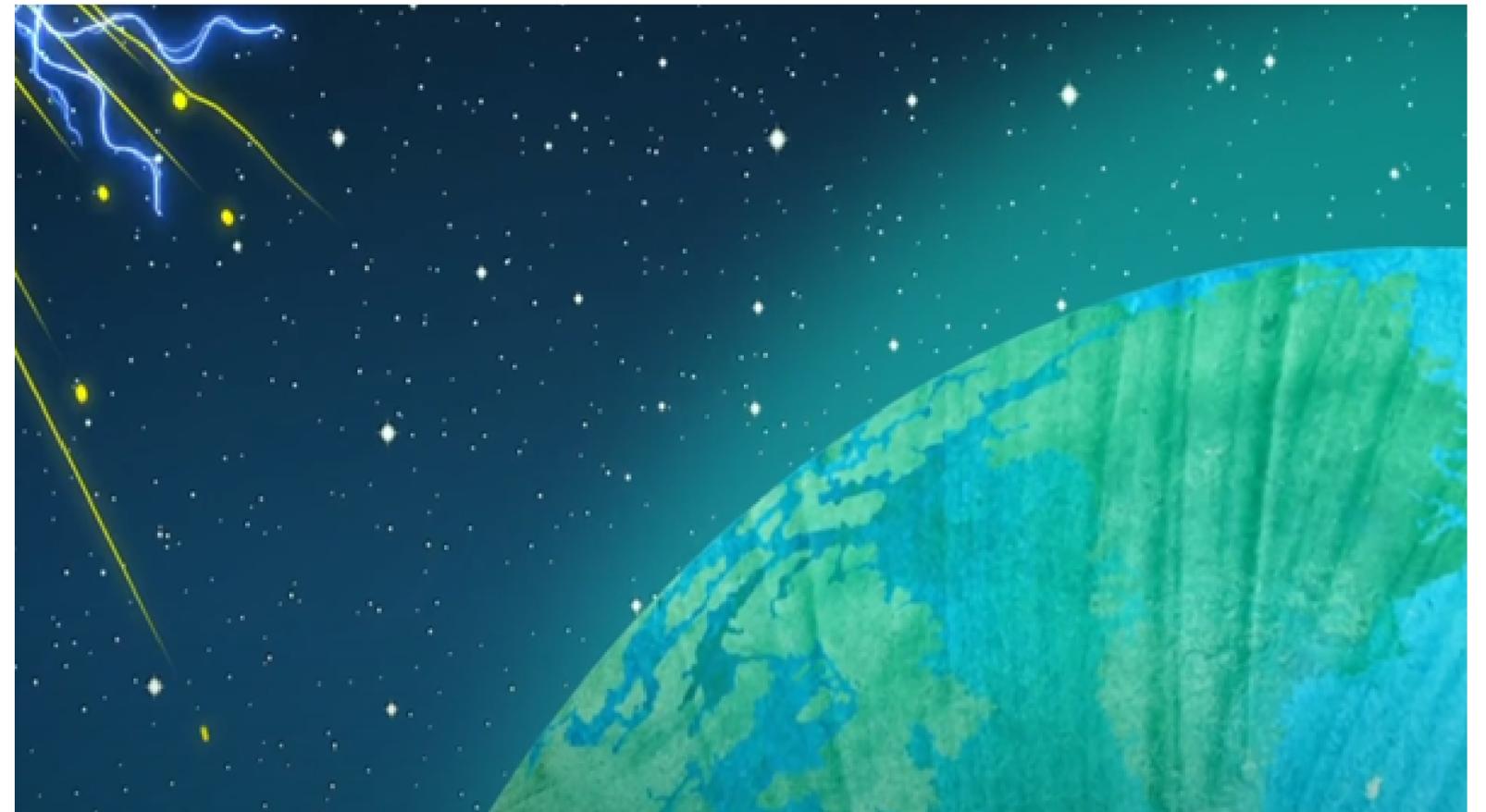
International Atomic Energy Agency



**AGRICULTURA DE PRECISIÓN  
PRECISION FARM**

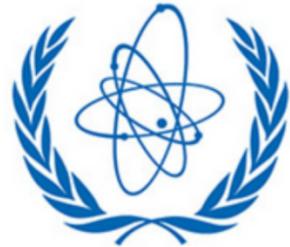
**El potencial del estudio de la espectroscopia para predecir el contenido de nitrógeno y materia orgánica en el suelo con la combinación del GIS y las aplicaciones de la Agricultura de Precisión**

Pereira, A. et al. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 14(1), 27-33, (2005).



**Cosmic Ray Neutron Sensor (CRNS): From Cosmic Rays to Soil Moisture**

# Agricultura de precisión



**IAEA**

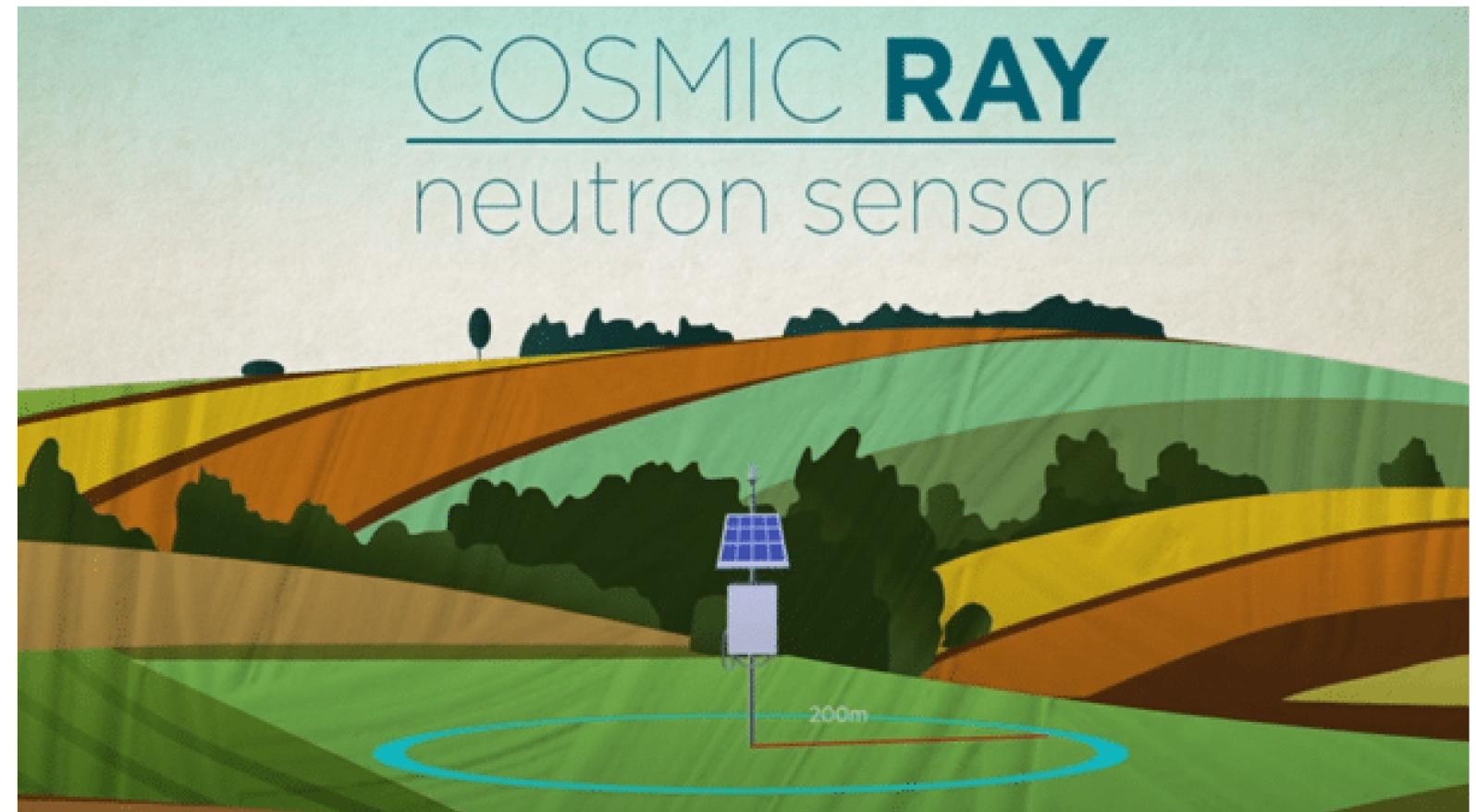
International Atomic Energy Agency



**AGRICULTURA DE PRECISIÓN  
PRECISION FARM**

**El potencial del estudio de la espectroscopia para predecir el contenido de nitrógeno y materia orgánica en el suelo con la combinación del GIS y las aplicaciones de la Agricultura de Precisión**

Pereira, A. et al. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 14(1), 27-33, (2005).



**Cosmic Ray Neutron Sensor (CRNS): From Cosmic Rays to Soil Moisture**

# Simulación de las Lluvias

CORSIKA (COsmic Ray Simulations for KAscade) es un programa para la simulación detallada de extensas lluvias en aire iniciadas por partículas de rayos cósmicos de alta energía<sup>1</sup>.

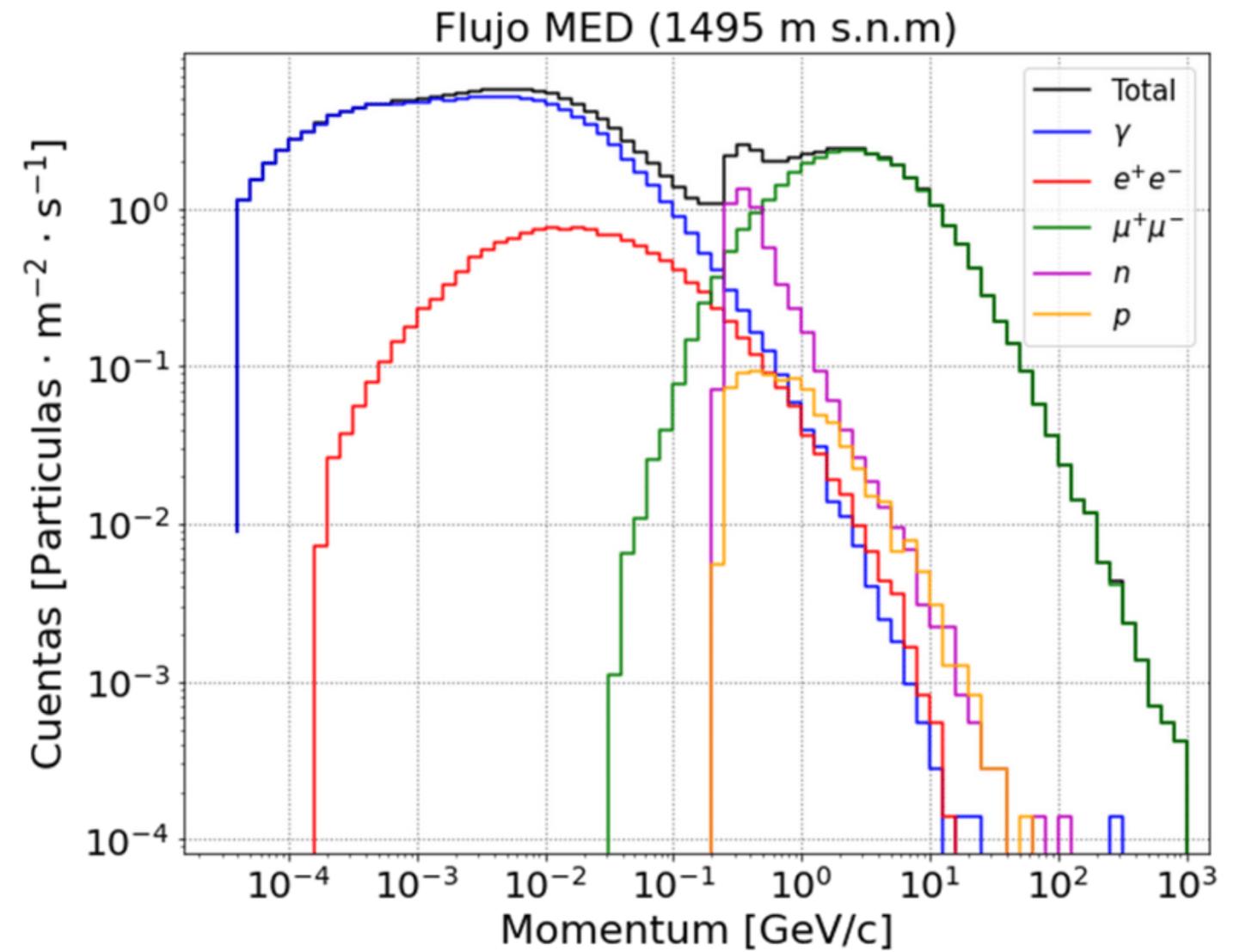
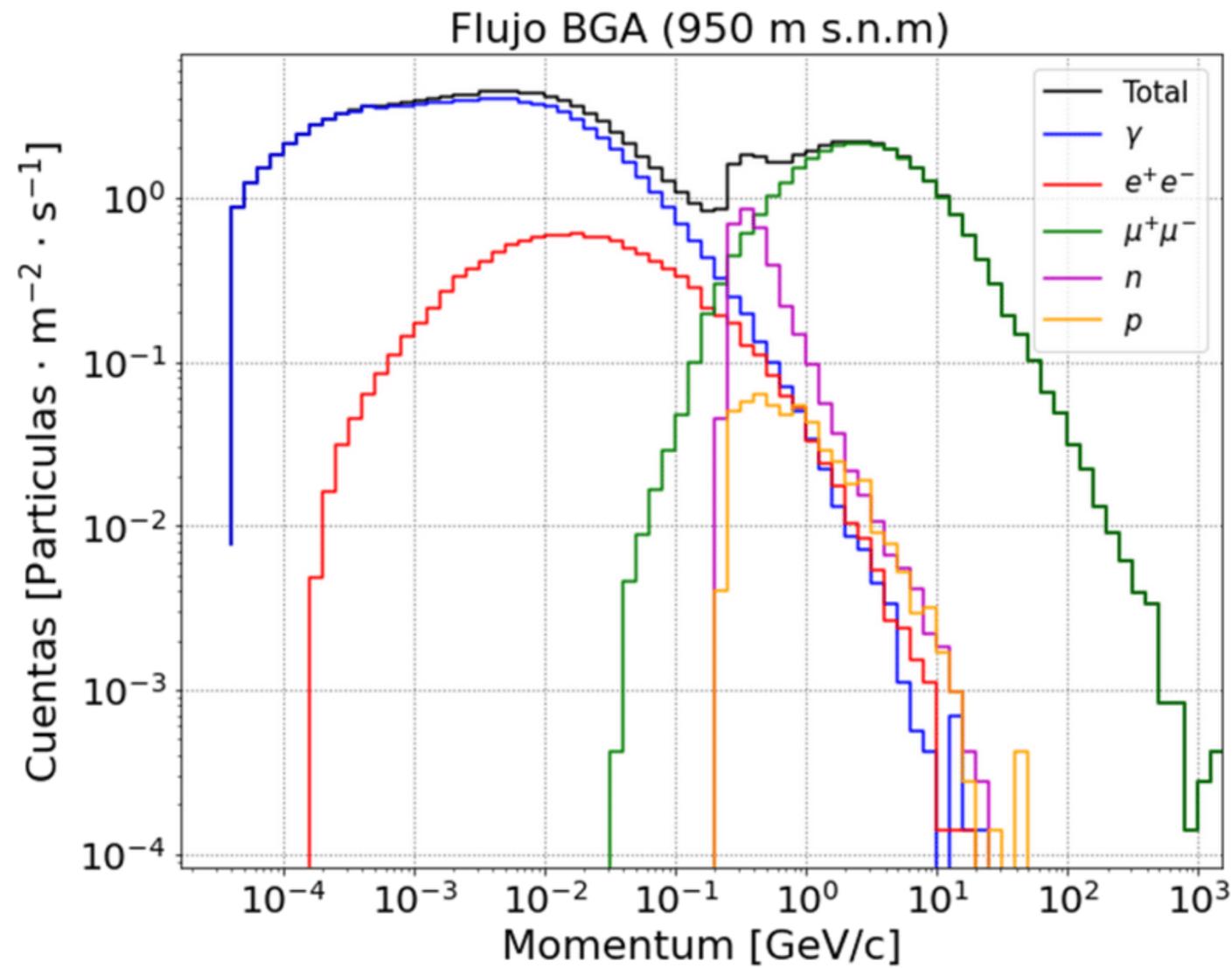
<sup>1</sup>The ARTI Framework. 2022.

Parámetro	Medellín	Bucaramanga
Altura	1495 m s.n.m	950 m s.n.m
Fujo de primarios	1 < Z < 26, 0 < A < 56	
Numero de primarios	4684615	
Atmosfera	E1	
Angulo cenital	0° < $\Theta$ < 90°	
Superficie	1m <sup>2</sup>	
Tiempo total	1800 s	
Energía de primarios	10 <sup>9</sup> eV < E < 10 <sup>15</sup> eV	

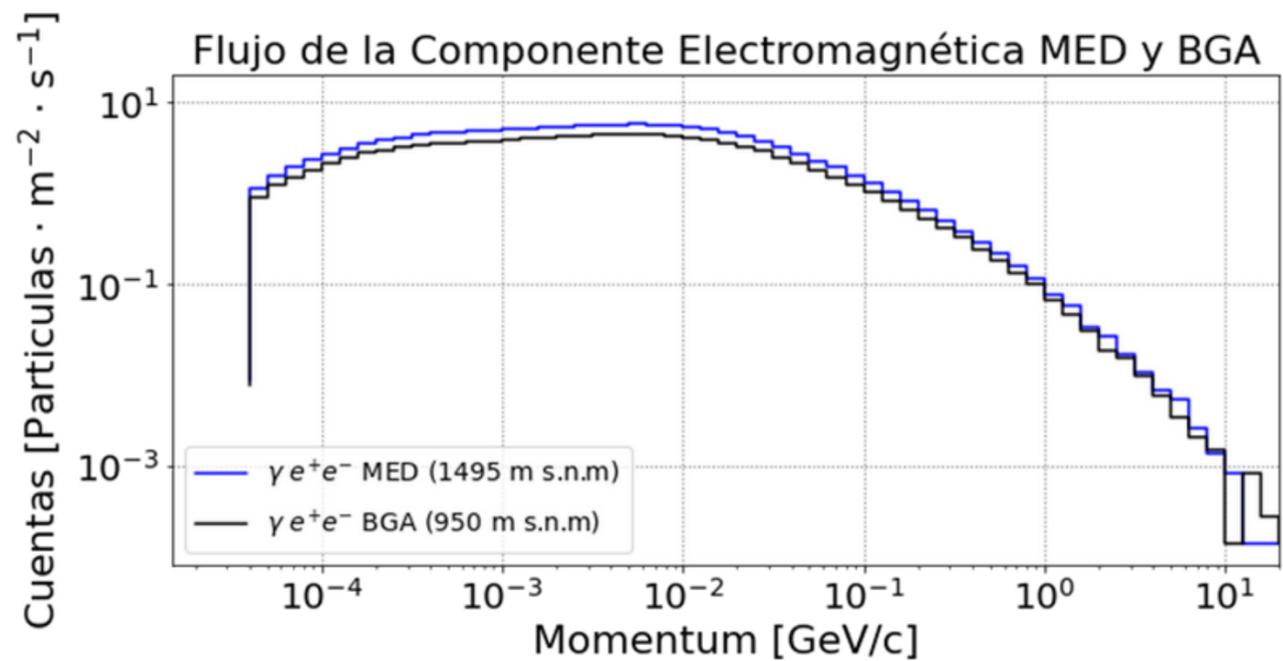
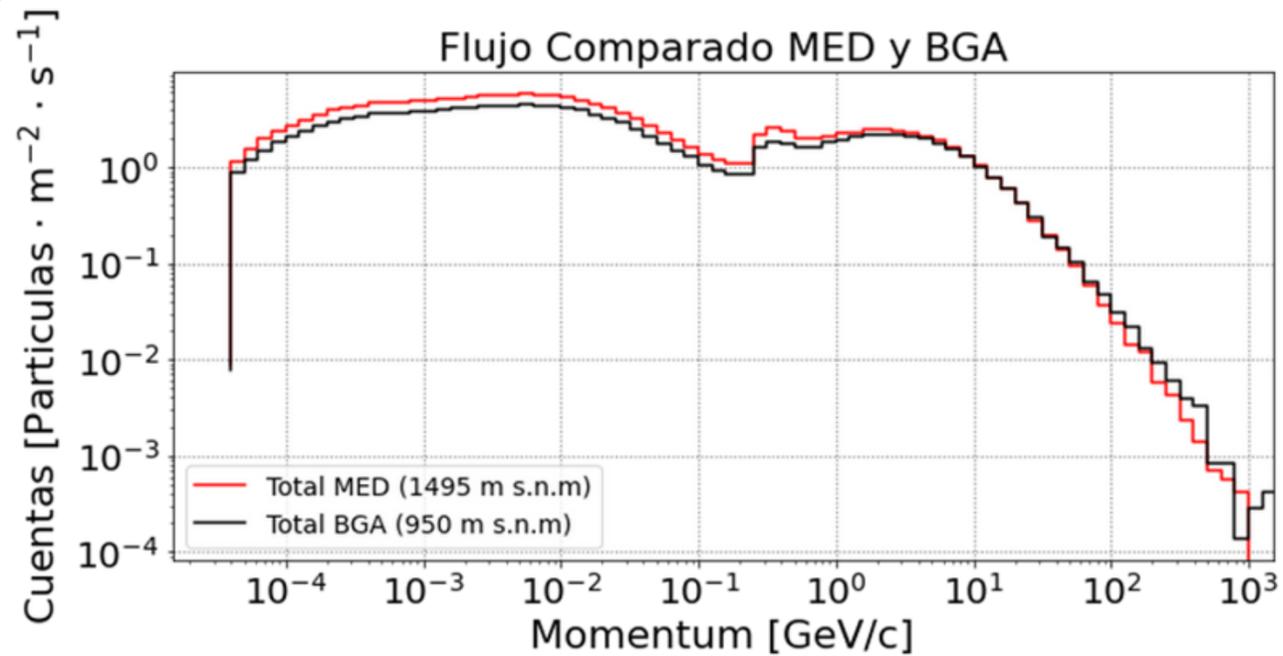
```
./do_sims.sh -w /opt/lago-corsika-77402/run/ -p BGA -v 77402 -u  
Bucaramanga -t 1800 -s bga
```

```
./do_sims.sh -w /opt/lago-corsika-77402/run/ -p MED -v 77402 -u  
Medellin -t 1800 -m 0 -n 90 -k 149500 -c E1 -o -27.9 -q -128.7
```

# Simulación de las Lluvias

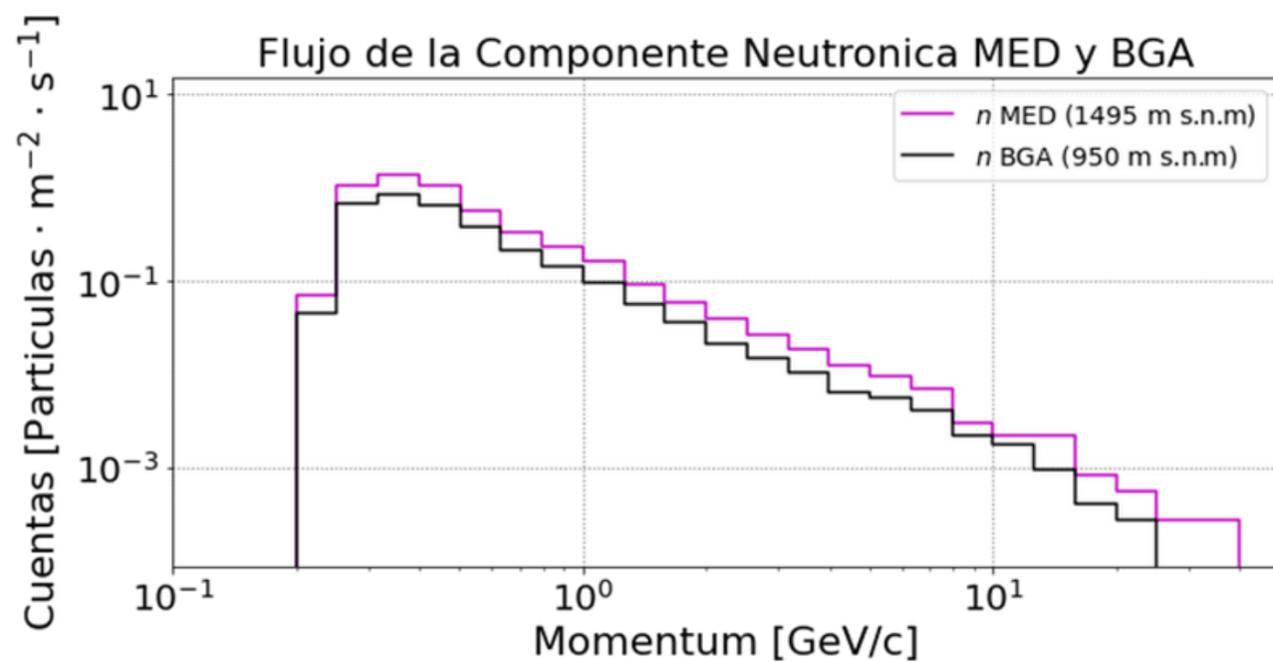
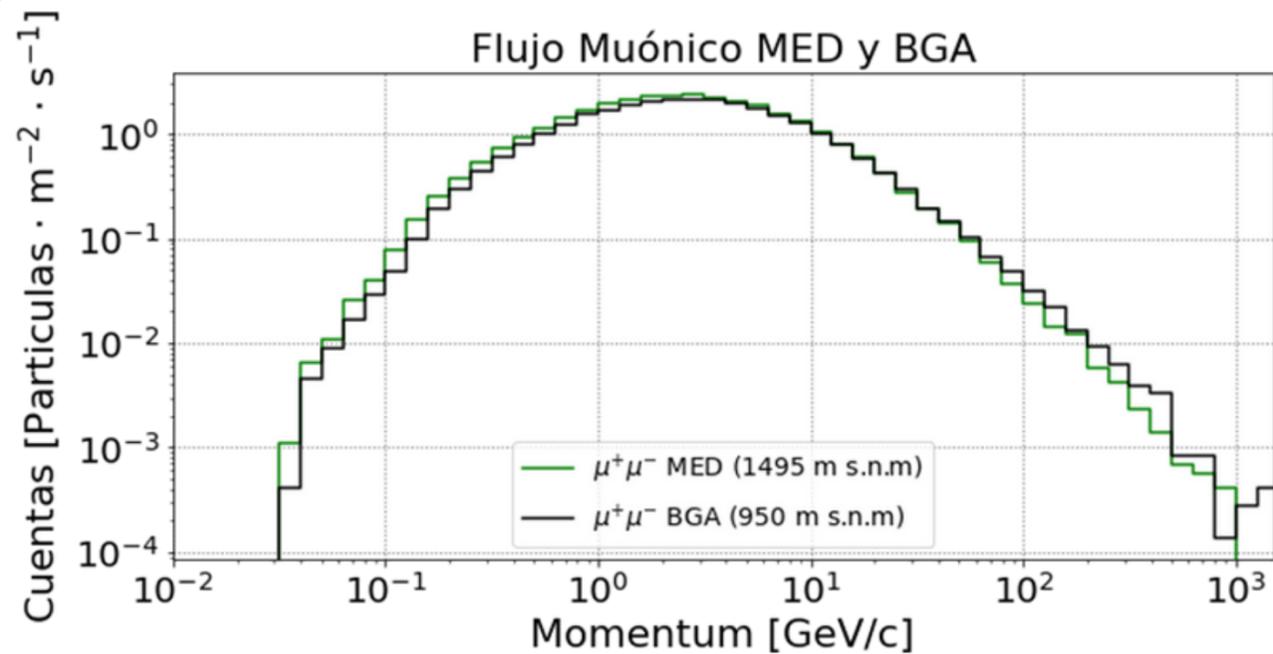


# Diferencia entre los flujos de Bucaramanga y Medellín



Partícula	Medellín	%	Bucaramanga	%
$\gamma$	926059	71,4	717432	69,6
$e^+e^-$	102717	8	80960	7,8
$\mu^+\mu^-$	224950	17,3	205881	20
$n$	36750	2,8	23388	2,3
$p$	5697	0,4	3543	0,29
Otras	197	0,1	98	0,01
Total	1296370	-	1031302	-

# Diferencia entre los flujos de Bucaramanga y Medellín



Partícula	Medellín	%	Bucaramanga	%
$\gamma$	926059	71,4	717432	69,6
$e^+e^-$	102717	8	80960	7,8
$\mu^+\mu^-$	224950	17,3	205881	20
$n$	36750	2,8	23388	2,3
$p$	5697	0,4	3543	0,29
Otras	197	0,1	98	0,01
Total	1296370	-	1031302	-

# ¿Es posible determinar la composición de los suelos a partir de la interacción con los rayos cósmicos?

El nitrógeno es uno de los elementos fundamentales para los procesos metabólicos de las plantas y es un recurso limitado en el suelo de cultivo (Kaye, J. P, et al. (1997). 12(4), 139-143).

El Nitrógeno se puede detectar a partir de las líneas espectrales 1.884 MeV, 3.677 MeV, 4.508 MeV, 5.627 MeV, 6.322 MeV y 10.829 MeV.

#10 <sup>1</sup>Juárez Sanz, et al. 2006.

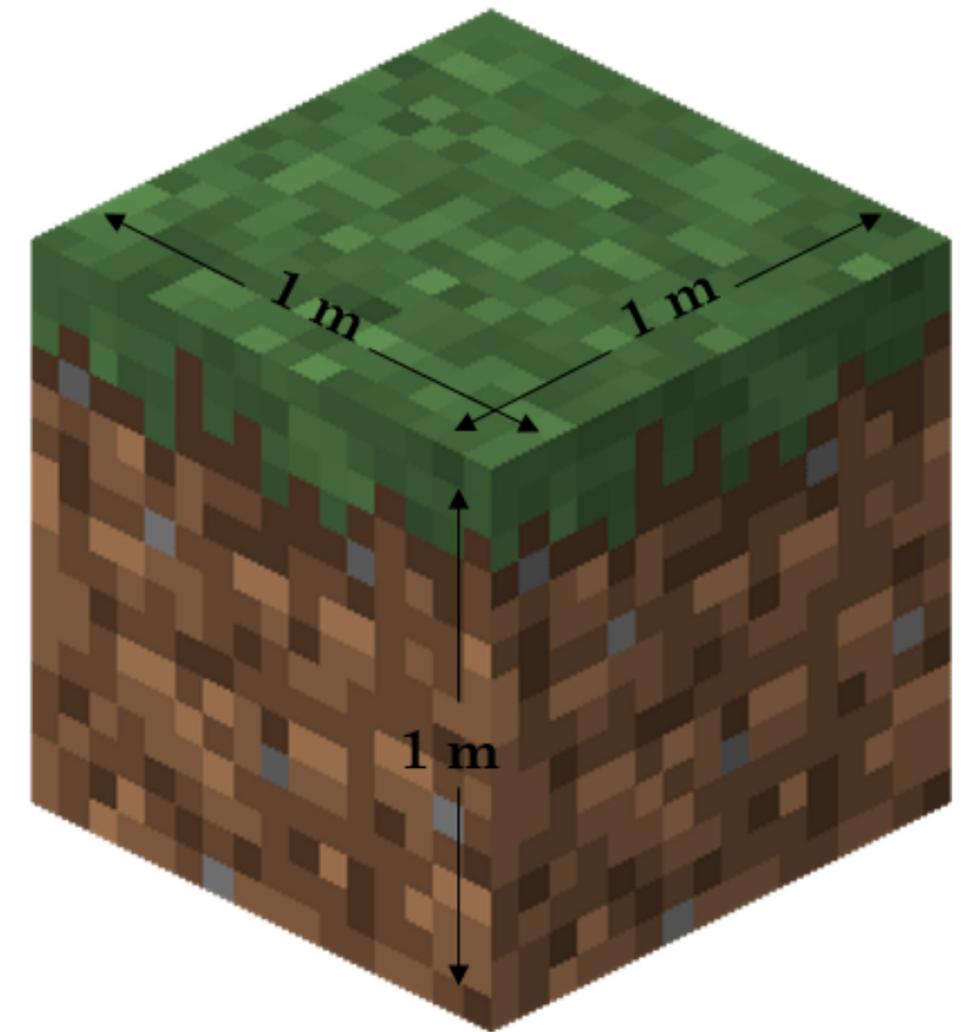
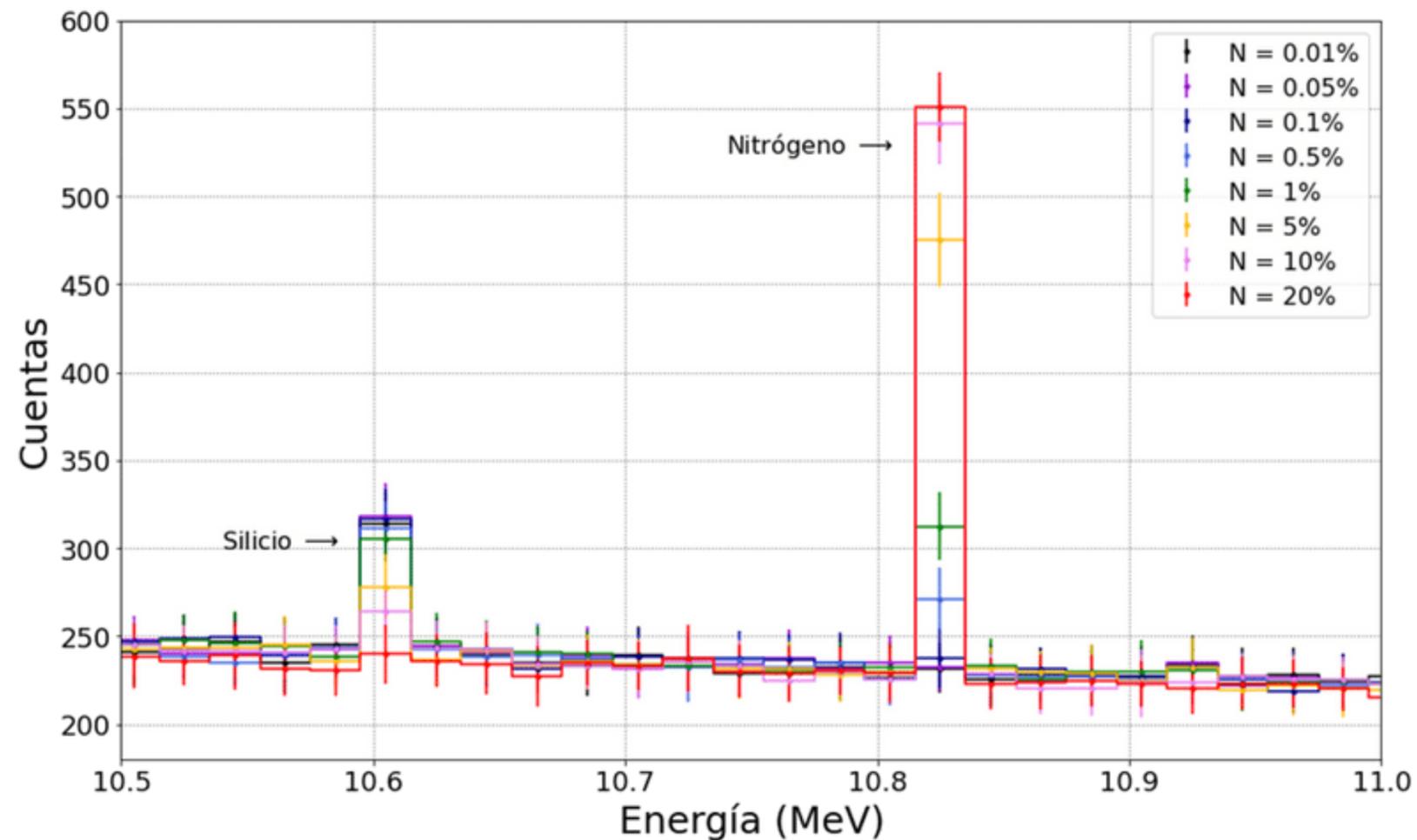


Diagrama del suelo seco estándar colombiano<sup>1</sup> modelado en GEANT4.

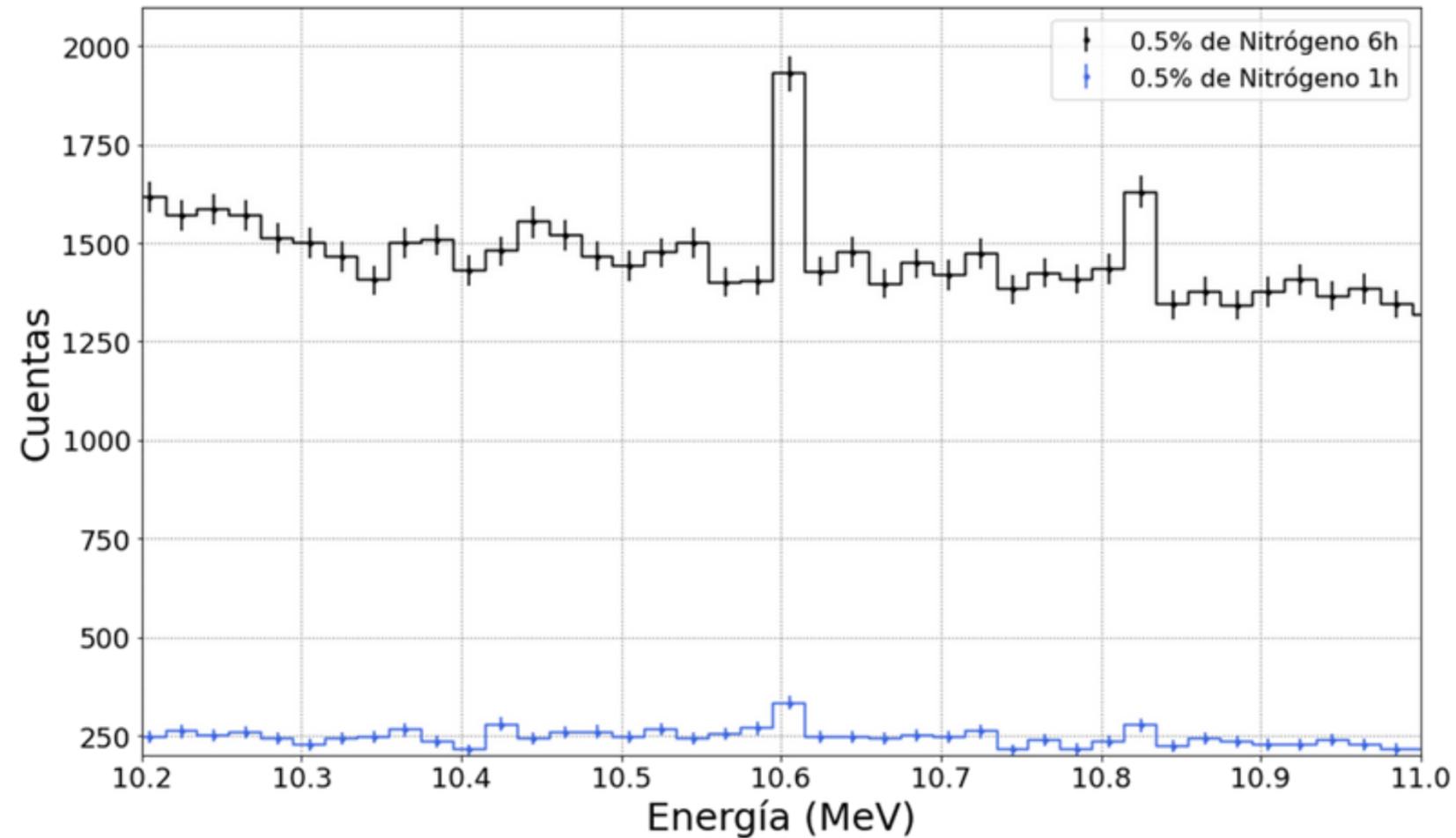
# Detección de nitrógeno



El exceso de gammas con energía de 10.829 MeV puede ser usado como observable para la detección de Nitrógeno, debido a que aumenta con la concentración de Nitrógeno presente en el suelo seco.

Gammas detectados a partir de la interacción por 1 hora de un flujo de secundarios con suelo seco.

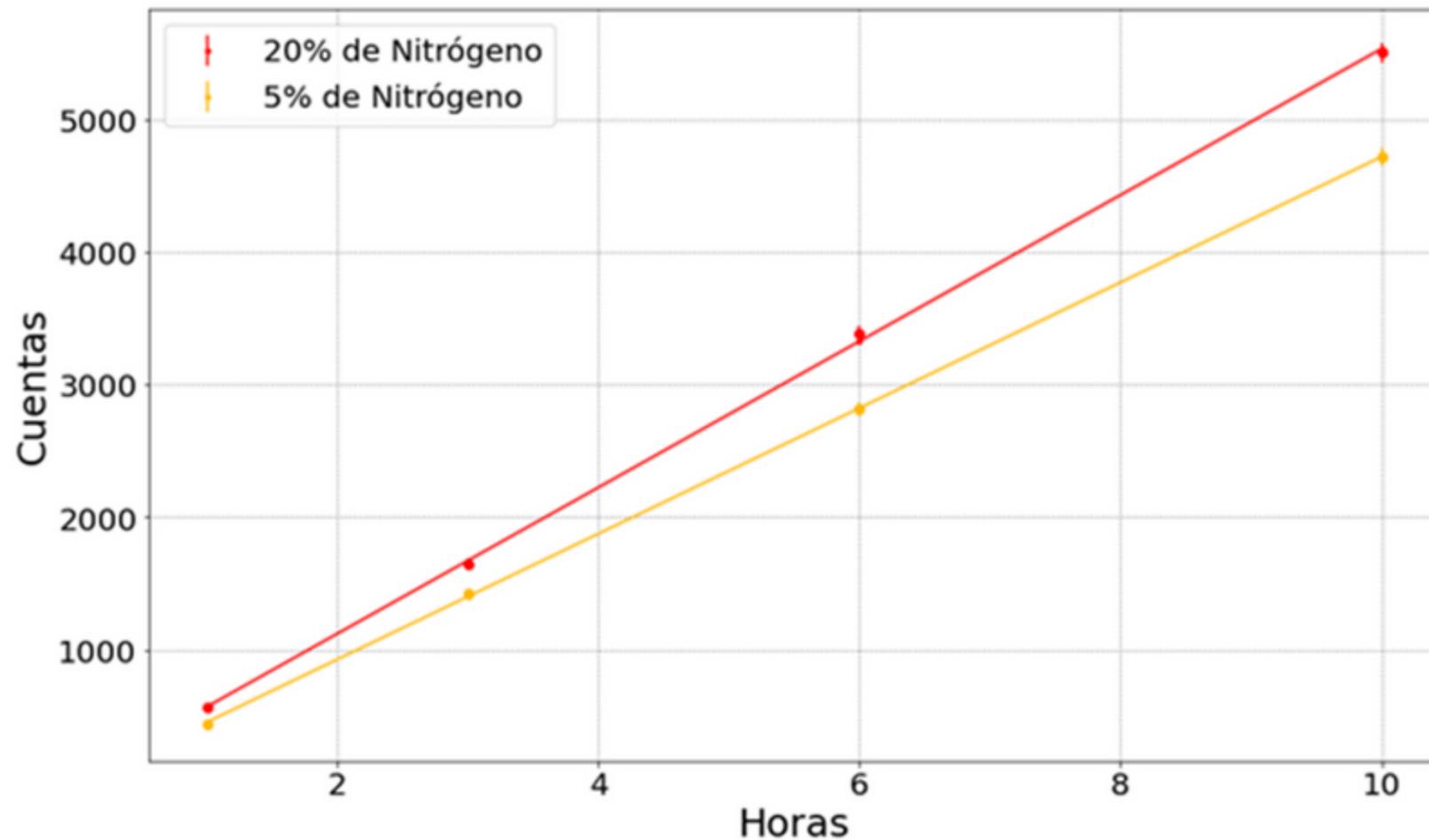
# Detección de nitrógeno



Al aumentar el tiempo de exposición del sistema al flujo de secundarios **incrementa el exceso de gammas** sobre la línea base.

Comparación entre la simulación de 1 h y 6 h de flujo para un bloque de suelo seco con 0.5% de nitrógeno.

# Detección de nitrógeno

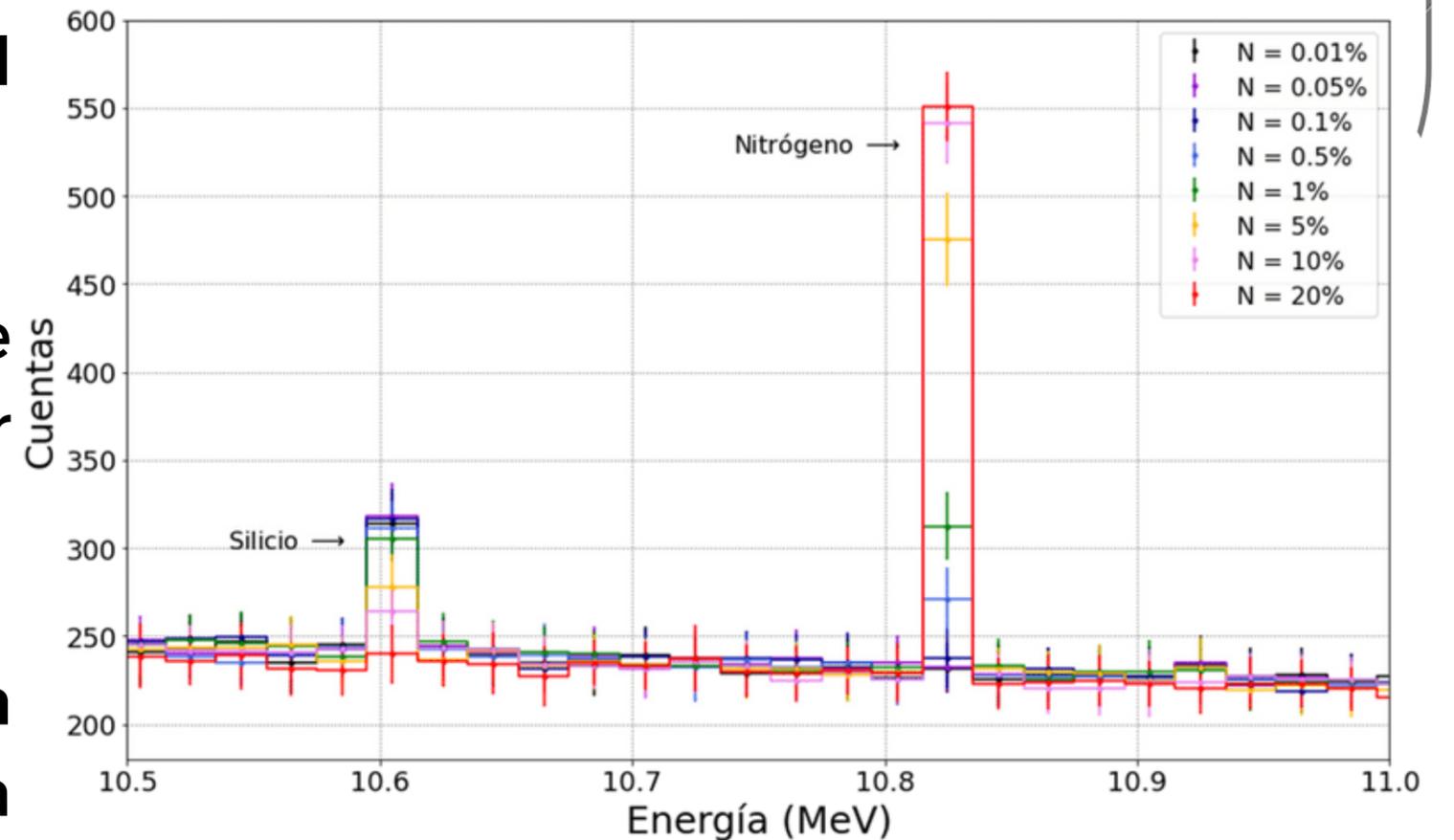


Se evidencia que el **número de gammas detectados incrementa linealmente con el tiempo** de exposición del suelo seco al flujo de rayos cósmicos secundarios.

Número de gammas producidos en la interacción de diferentes horas de flujo con el modelo de suelo seco.

# Conclusiones

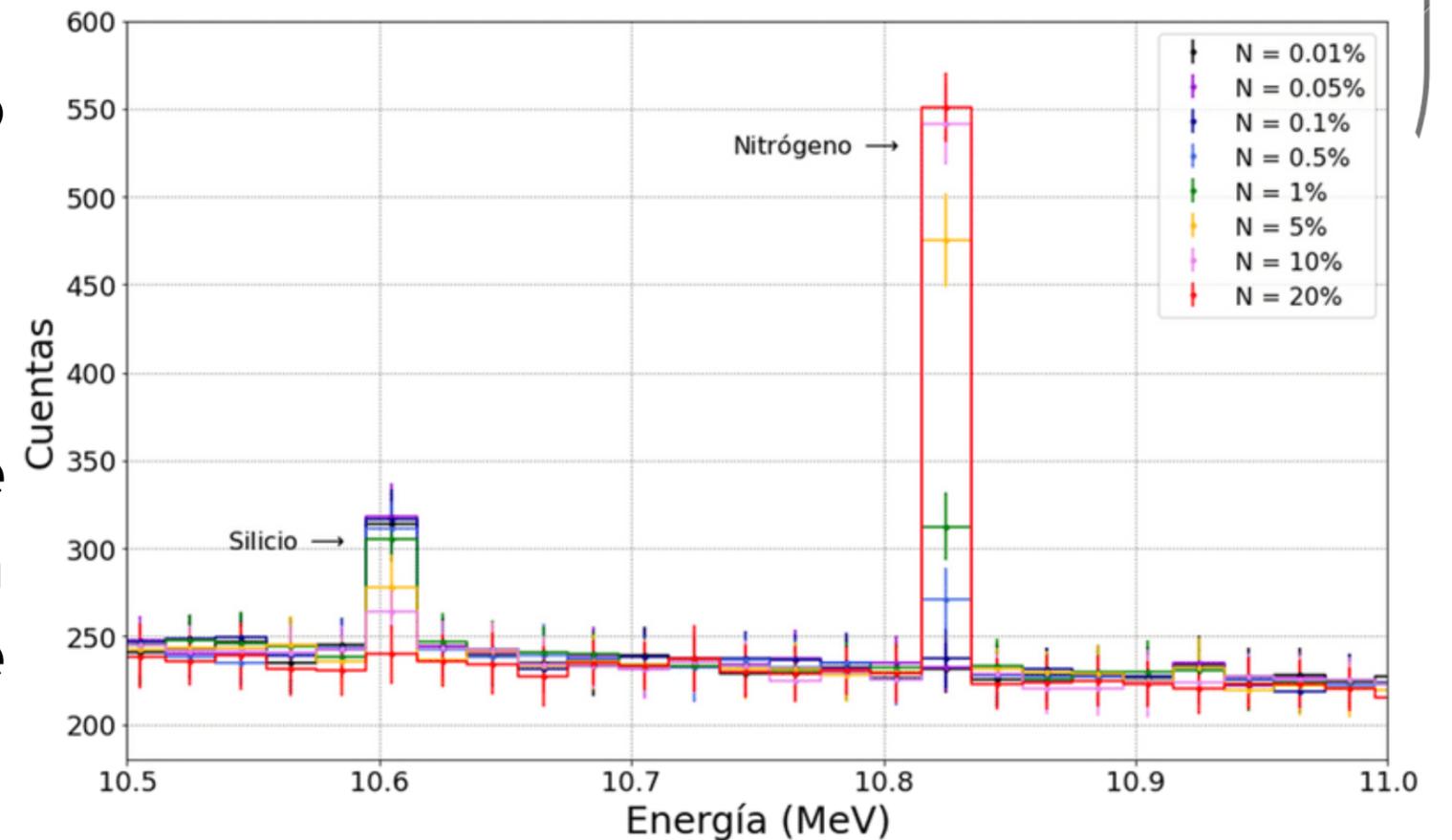
- La cantidad de gamas detectados con energía de 10.829 MeV **aumenta con el porcentaje de nitrógeno.**
- La resolución mínima** para la detección de nitrógeno con este método debe ser menor a **0.2 MeV.**
- El número de gamas incrementa linealmente** con el tiempo de exposición a los rayos cósmicos secundarios.



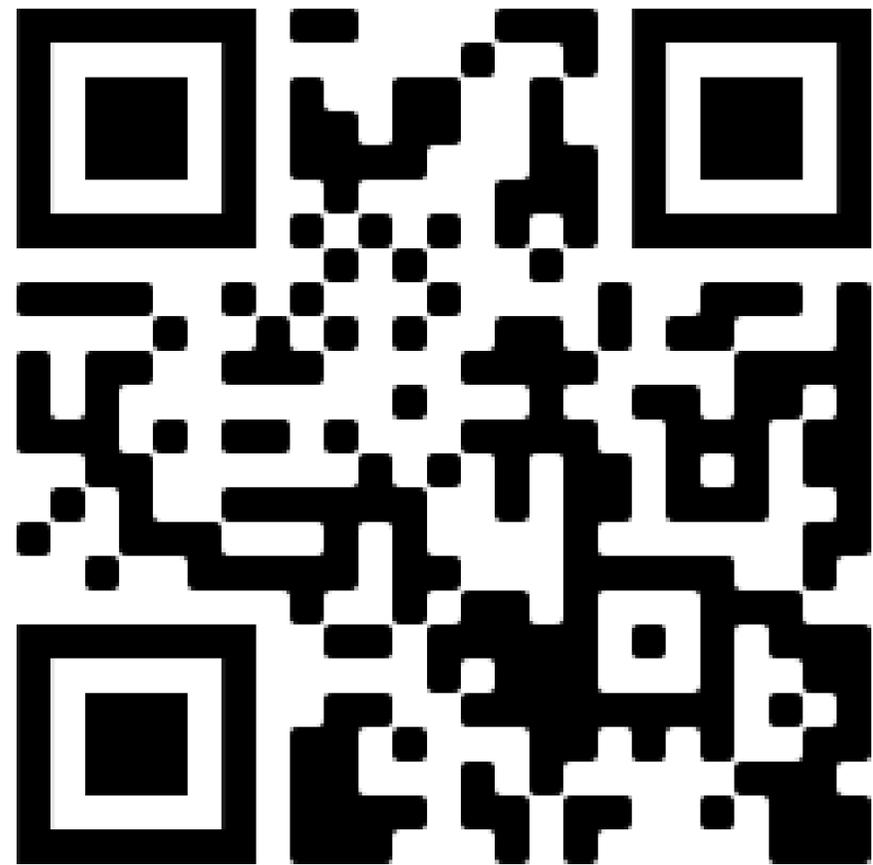
# Trabajo Futuro

- **Generar simulaciones** con bloques de suelo seco que presenten **porcentajes cercanos al 0.1% de Nitrógeno**.

- **Usar el flujo obtenido para la ciudad de Medellín** a fin de simular su interacción con suelo seco para **detectar su porcentaje de nitrógeno**.



Muchas gracias por su atención



Más información sobre este proyecto:

[ljmirandal@eafit.edu.co](mailto:ljmirandal@eafit.edu.co)

[adrianacvr67@gmail.com](mailto:adrianacvr67@gmail.com)

[christian.sarmiento@correo.uis.edu.co](mailto:christian.sarmiento@correo.uis.edu.co)

[lnunez@uis.edu.co](mailto:lnunez@uis.edu.co)

Para conocer más sobre nuestro trabajo, escanea este código.

