

A vibrant, stylized illustration of a night sky with a rainbow, stars, and a field with a fence. The background is a deep blue with a dark, textured ground. A bright, multi-colored rainbow arches across the upper left. Several yellow stars with orange trails are scattered across the sky. In the foreground, a white fence runs across the middle ground, separating a dark field from the background. The overall style is graphic and celebratory.

ASTRO FEST 24

BUARAMANGA

Metodología de calibración para la estimación de la humedad en el suelo usando neutrones atmosféricos

Luigui Miranda

luigui2248385@correo.uis.edu.co

Christian Sarmiento, Yessica Domingez, Luis Nuñez, Luis Piñeres, Hernán Asorey, Iván Sidelnik



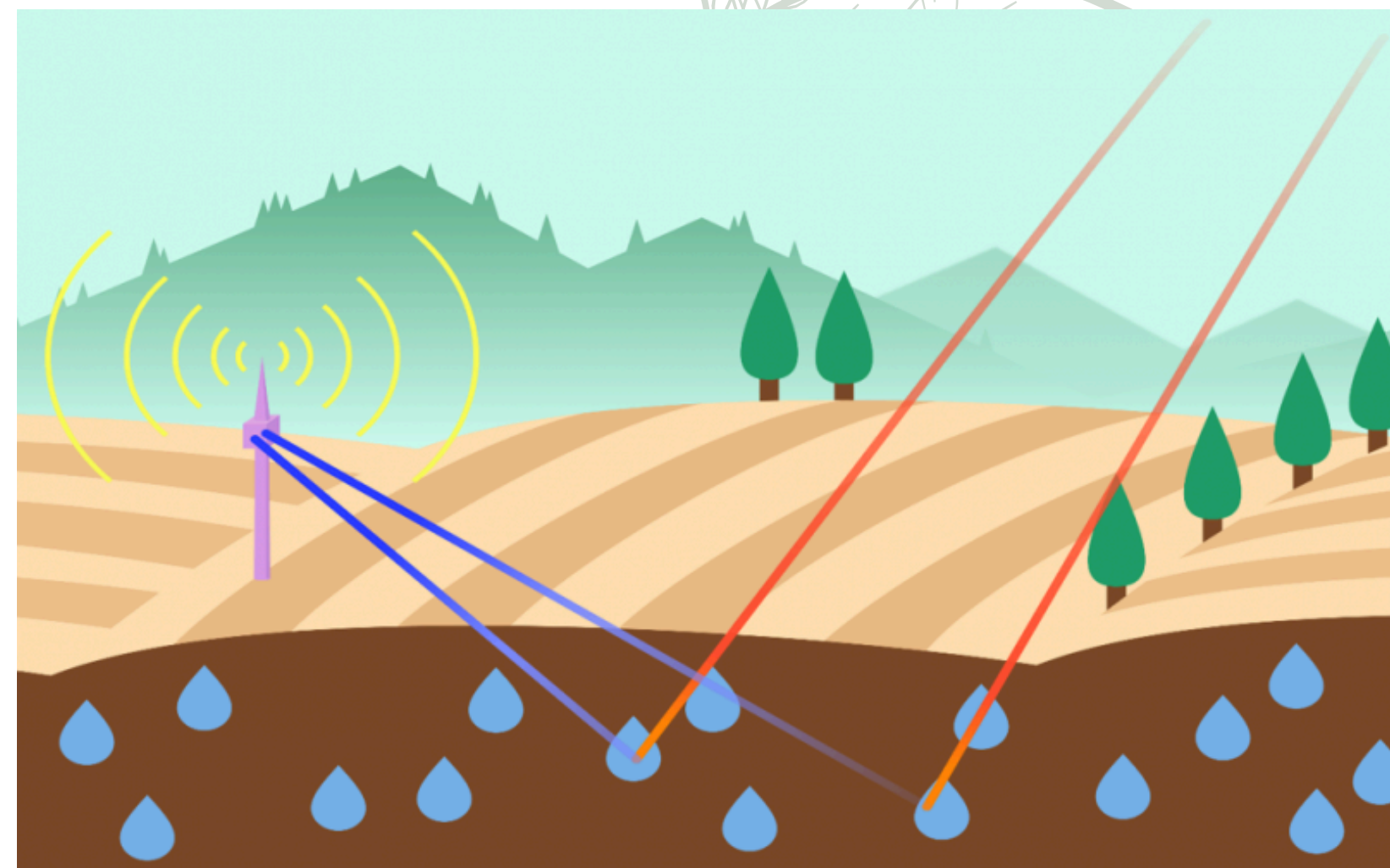
Agricultura de precisión



IAEA

International Atomic Energy Agency

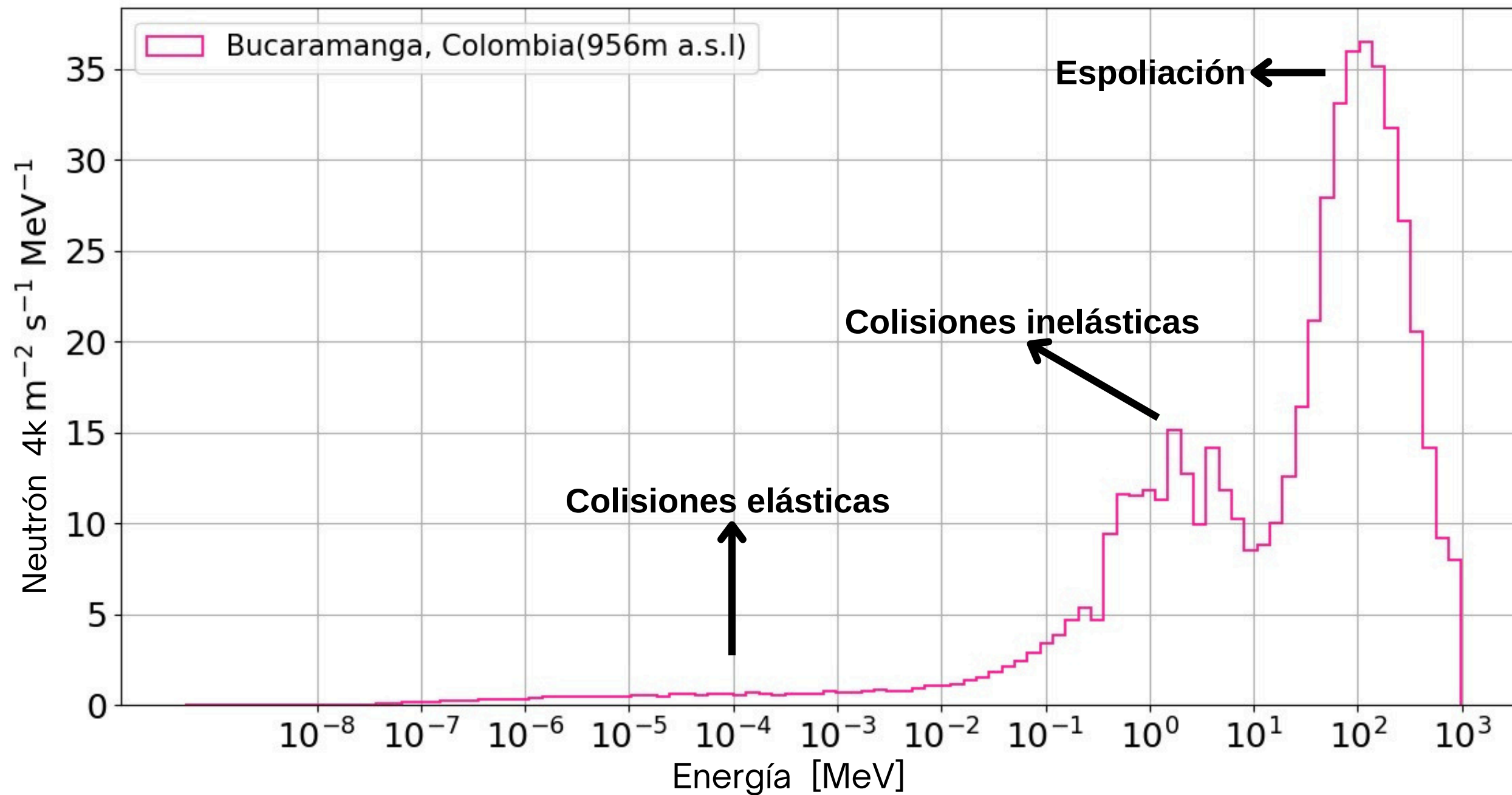
Pero... ¿Podemos utilizar los rayos cósmicos para determinar la humedad en el suelo?



GEANT4
A SIMULATION TOOLKIT



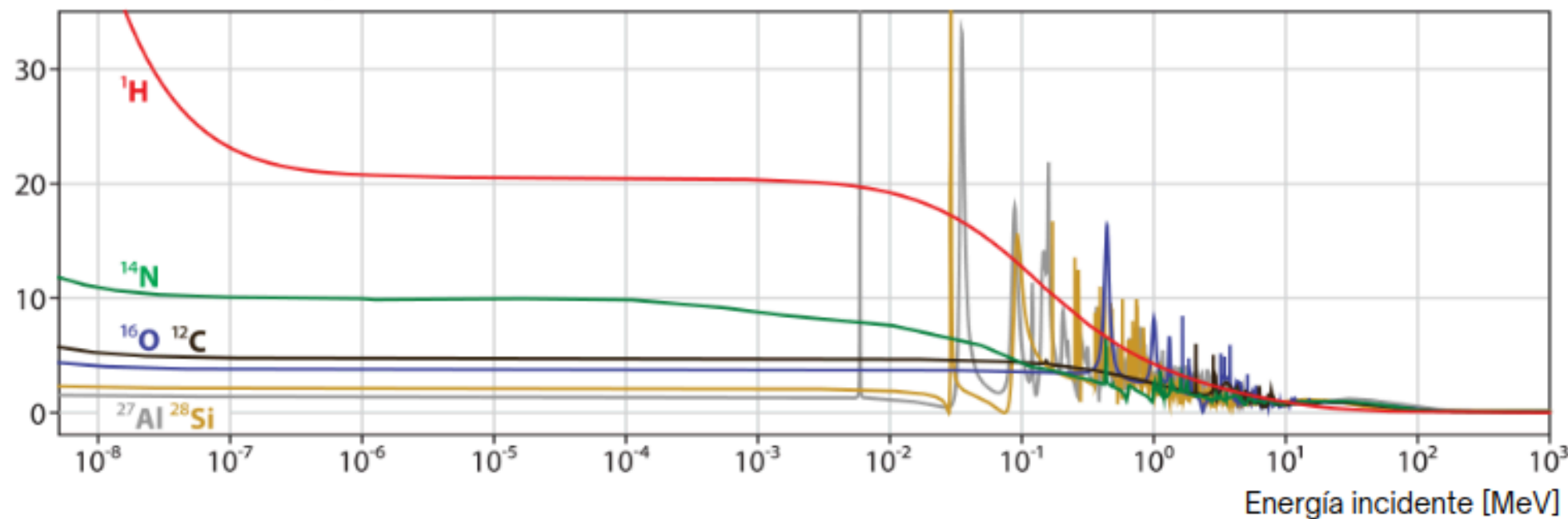
Producción de neutrones



Domínguez, Y. B. Master thesis in High Energy Physics. (2023)

Relación entre los neutrones y el hidrógeno

Sección eficaz de dispersión de un neutrón [barn]



[Köhli et al., Water Resources Research, 51(7):5772–5790 2015]

Los neutrones muestran la probabilidad **más alta de dispersión con el hidrógeno**. Además, esta interacción se caracteriza por tener la **tasa más alta de pérdida de energía**.

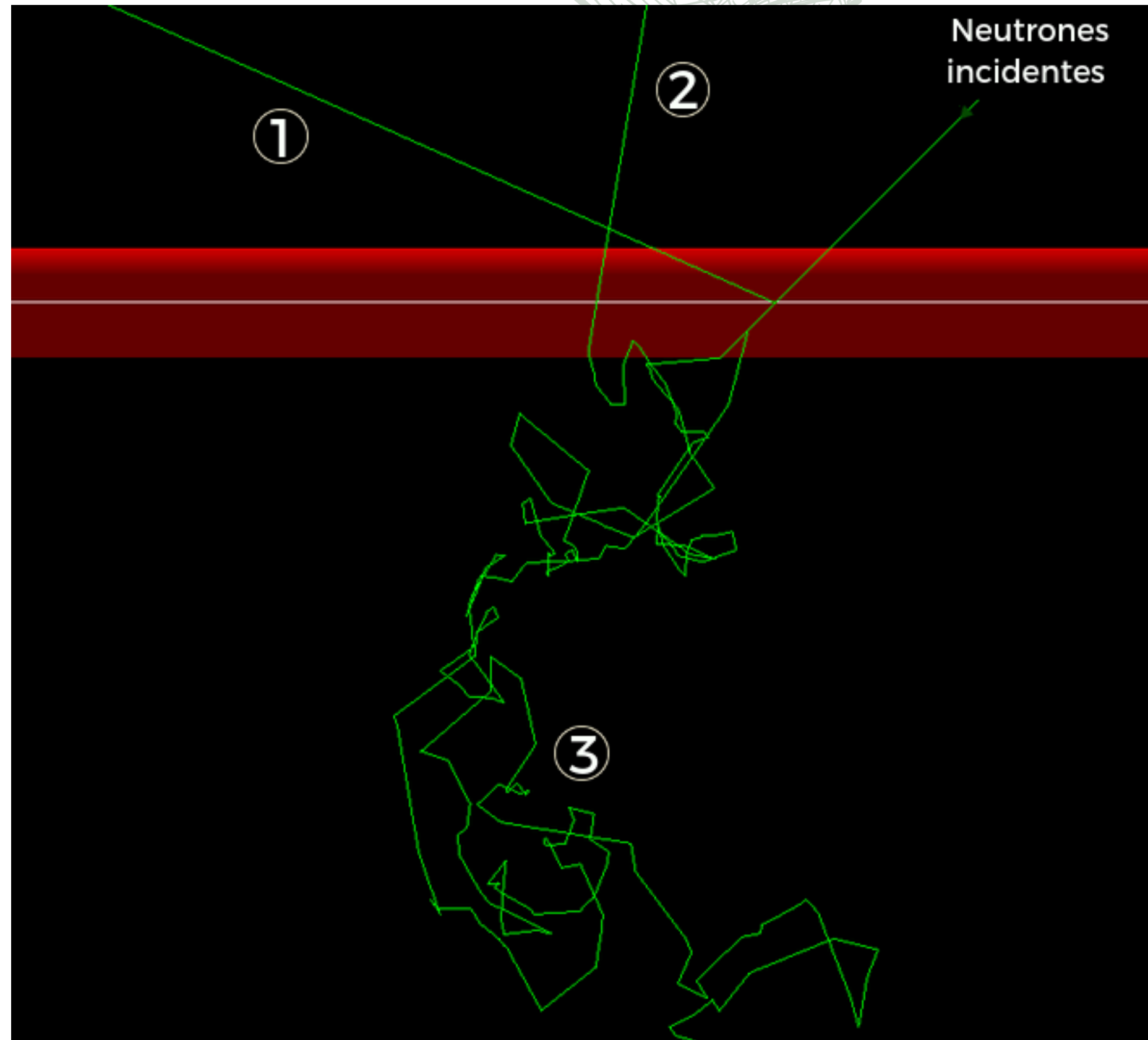
#3

Elemento	Masa [u]	Tasa de pérdida de energía ξ	n_{col} para termalizar
H	1	1	18
H ₂ O	-	0.92	20
N	14	0.134	135
O	16	0.12	153
Al	27	0.0723	255
Si	28	0.0698	264
Fe	56	0.0353	522
SiO ₂	-	0.11	166
Aire (seco)	-	0.135	135

[Köhli et al., Frontiers in Water, 2:544–847 2021].

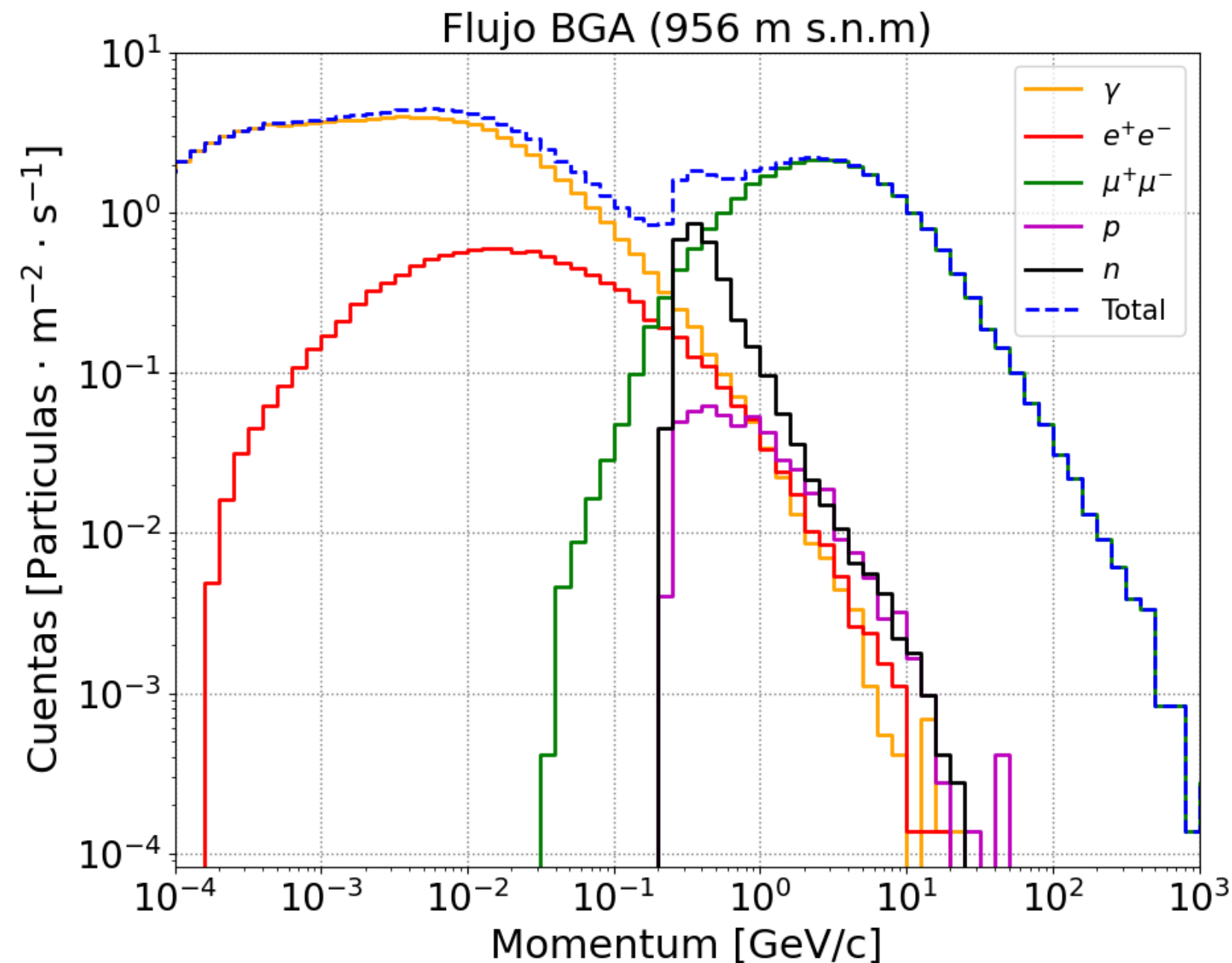
Interacción neutron- materias

#4



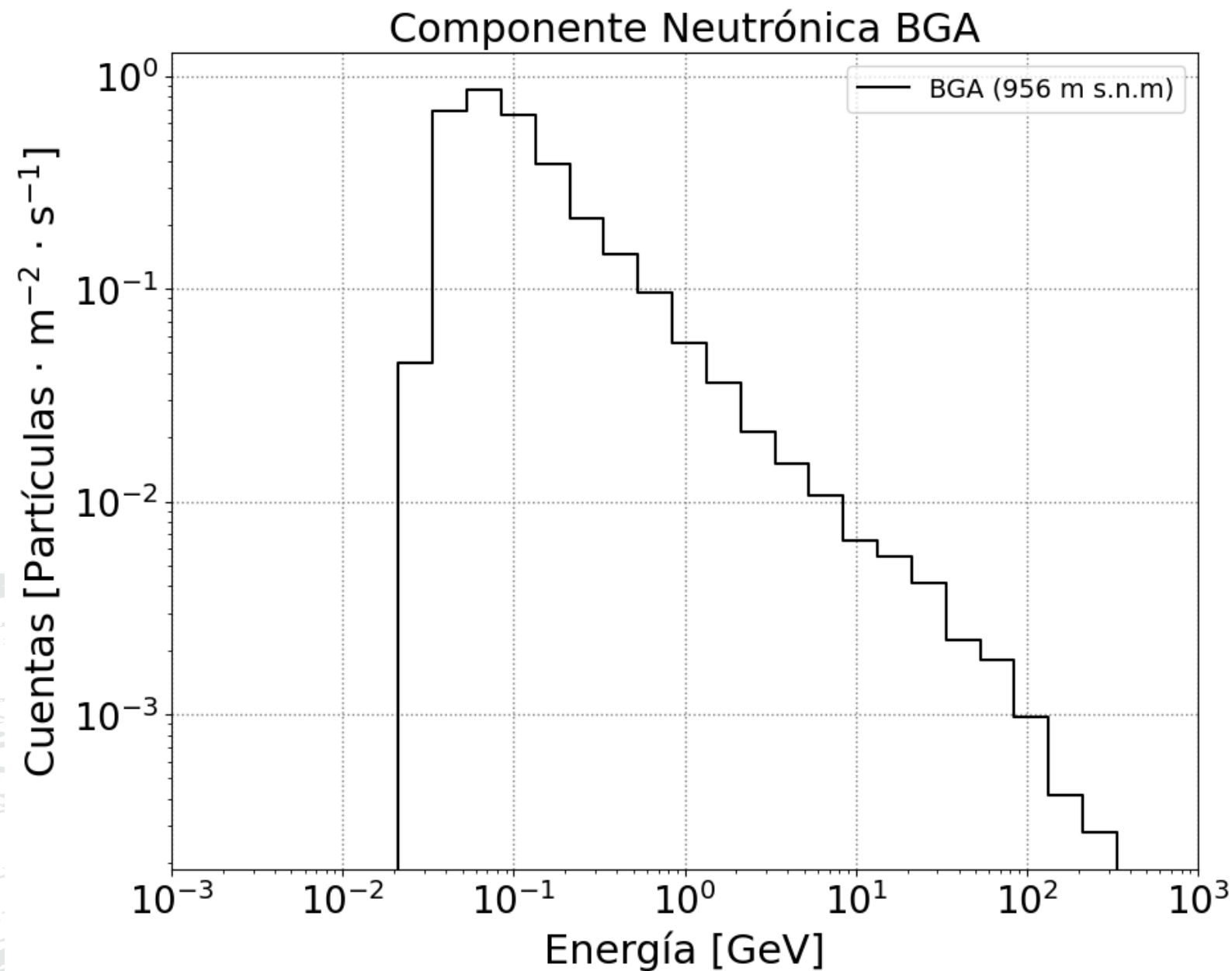
Flujo de neutrones cósmicos

[Sarmiento-Cano et al., 2022] presentan ARTI, un marco de trabajo para simular las EAS generadas por la interacción de rayos cósmicos primarios con la atmósfera.

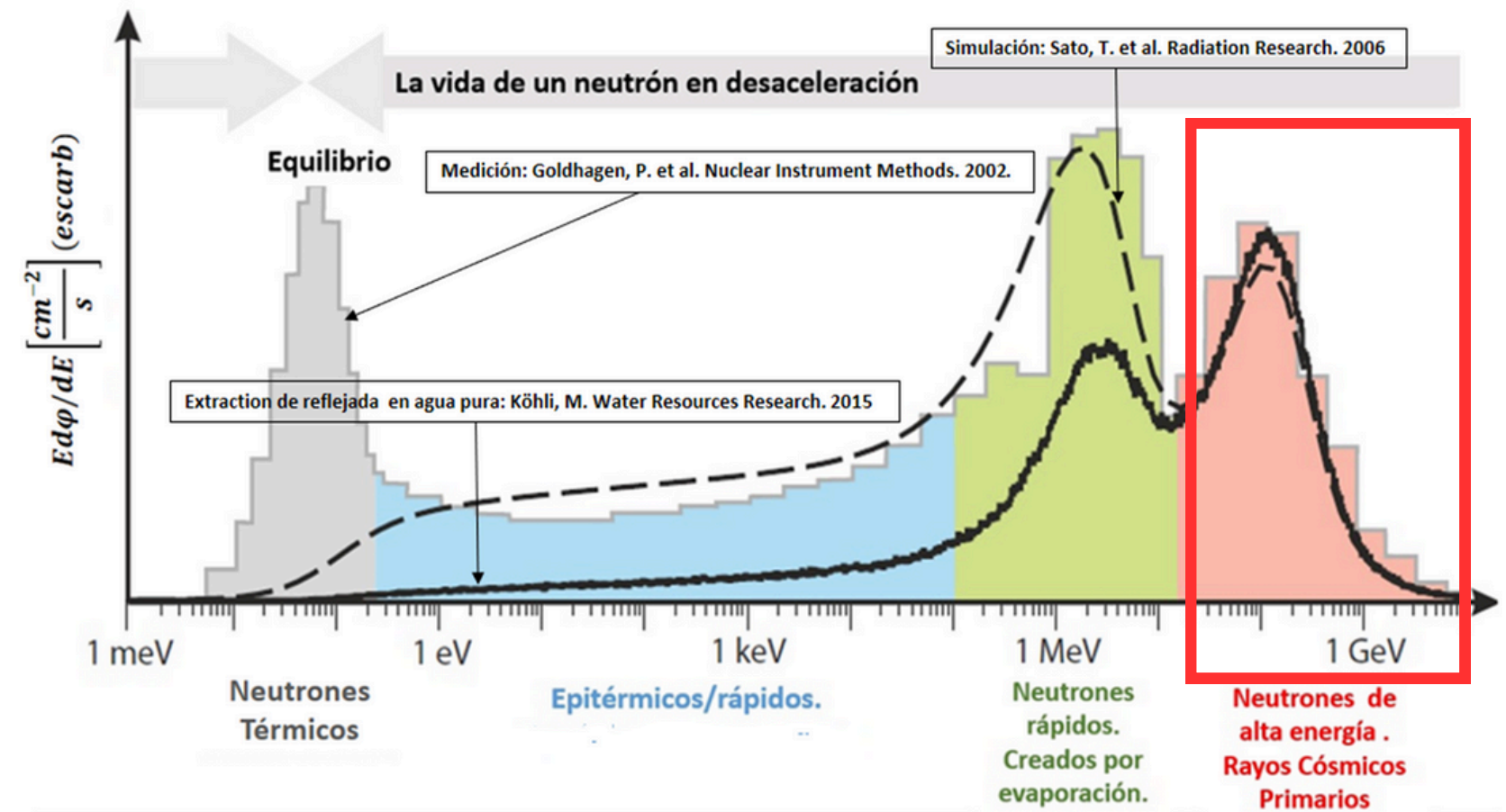


Flujo de neutrones cósmicos

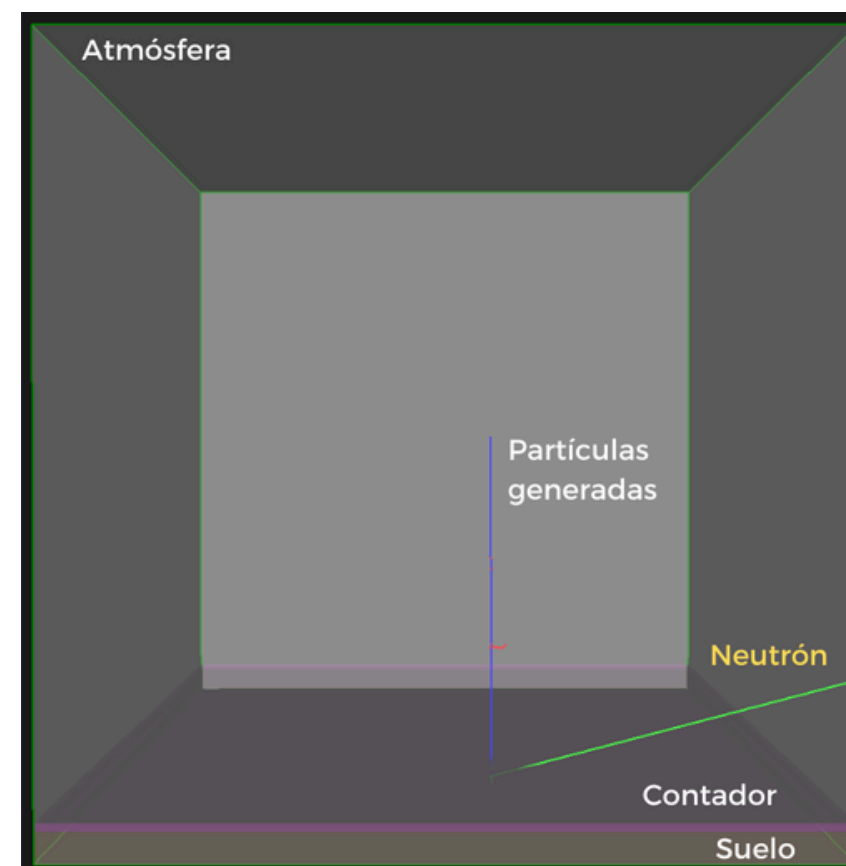
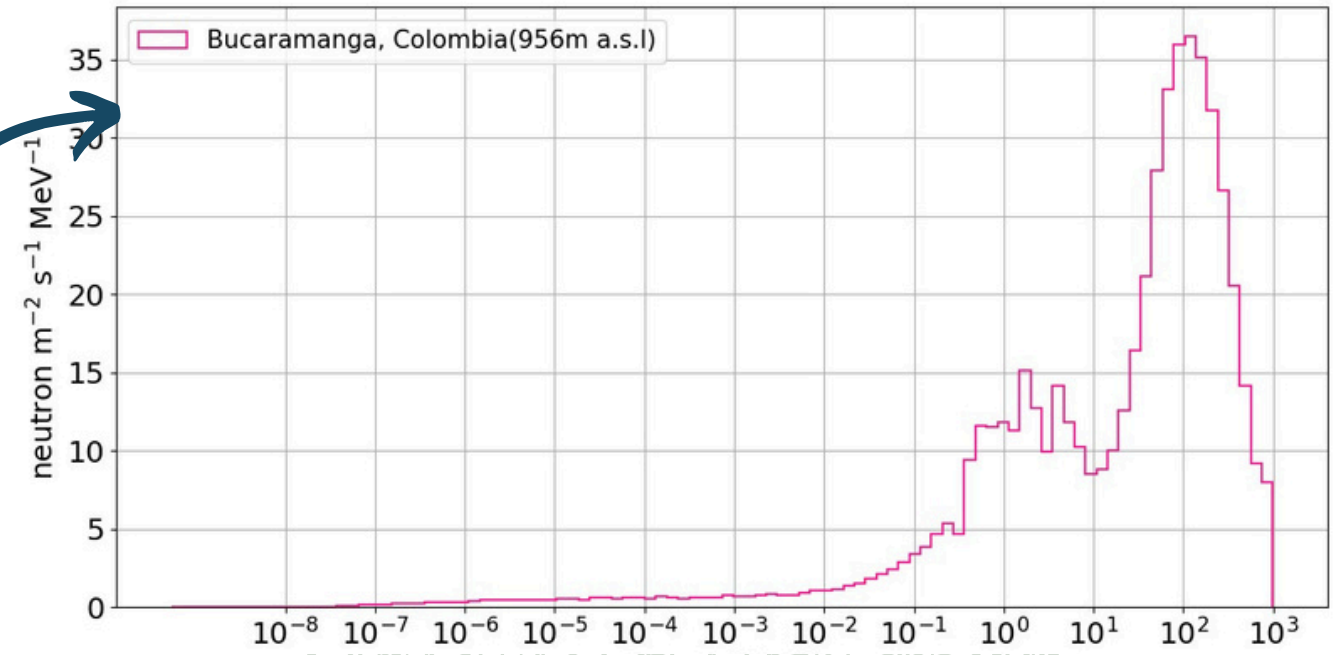
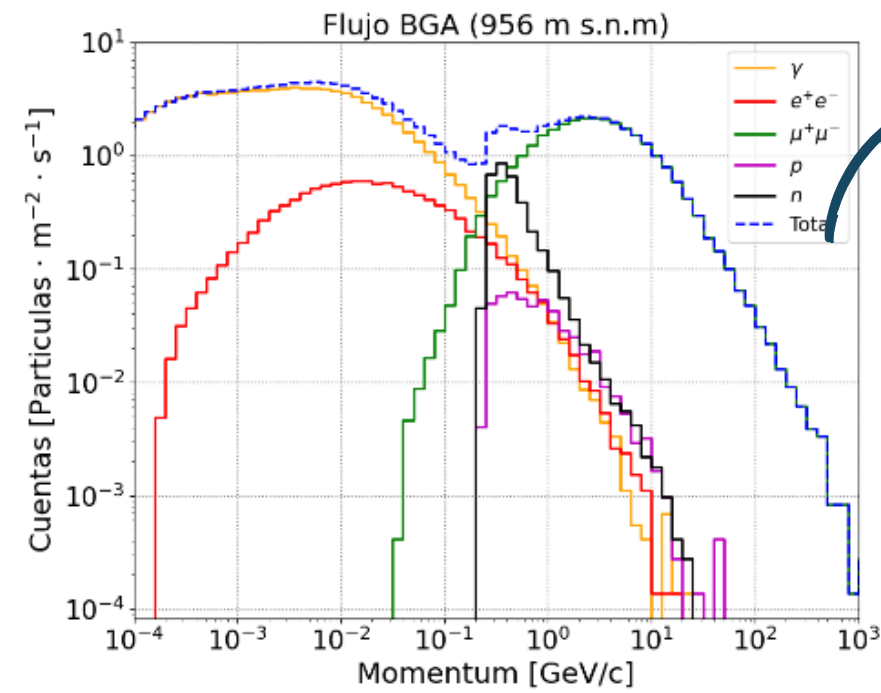
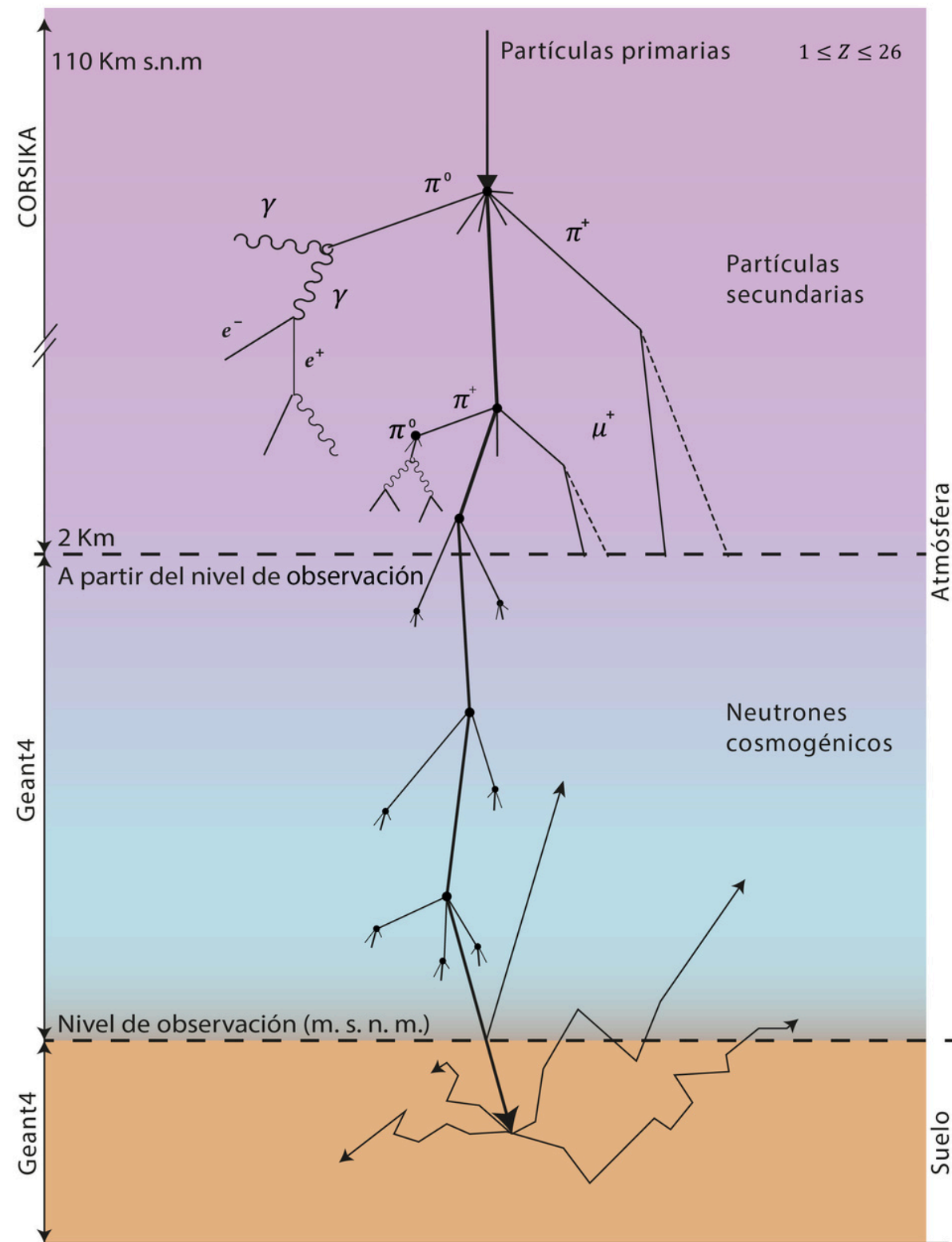
[Sarmiento-Cano et al., 2022] presentan ARTI, un marco de trabajo para simular las EAS generadas por la interacción de rayos cósmicos primarios con la atmósfera.



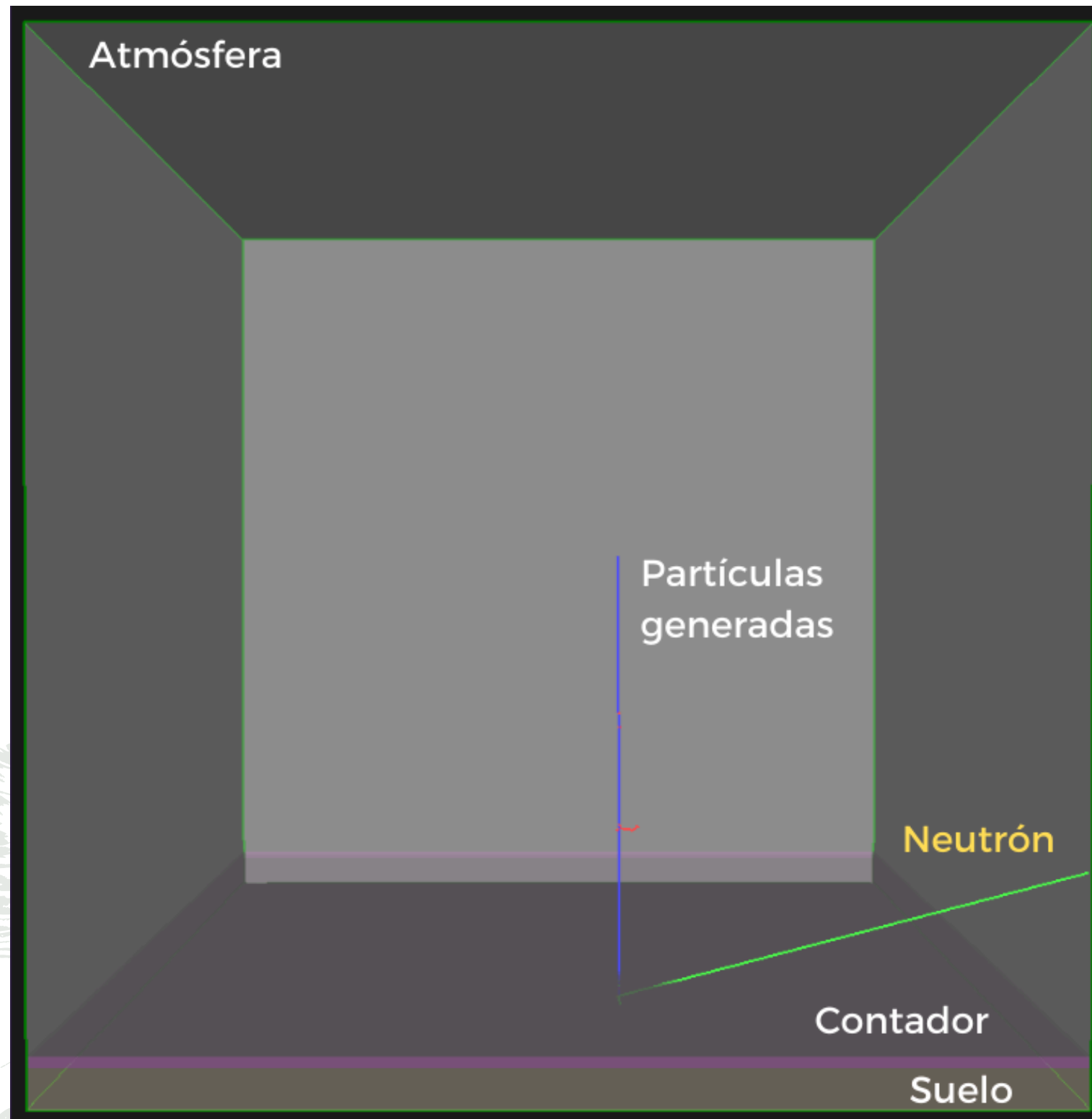
CORSIKA realiza un corte de energía aproximadamente a 20 MeV para los neutrones.



Flujo de neutrones cósmicos

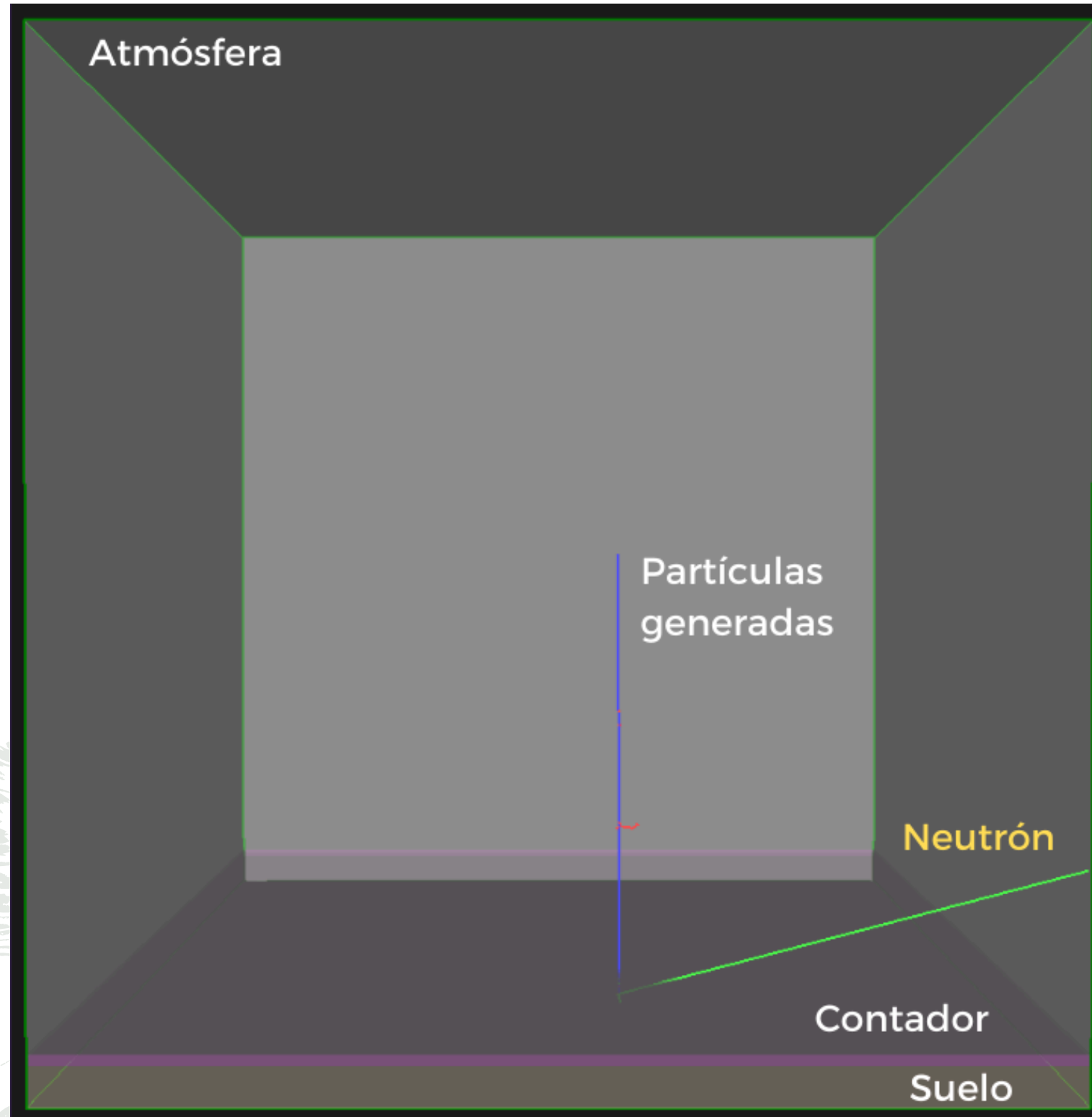


Sistema físico

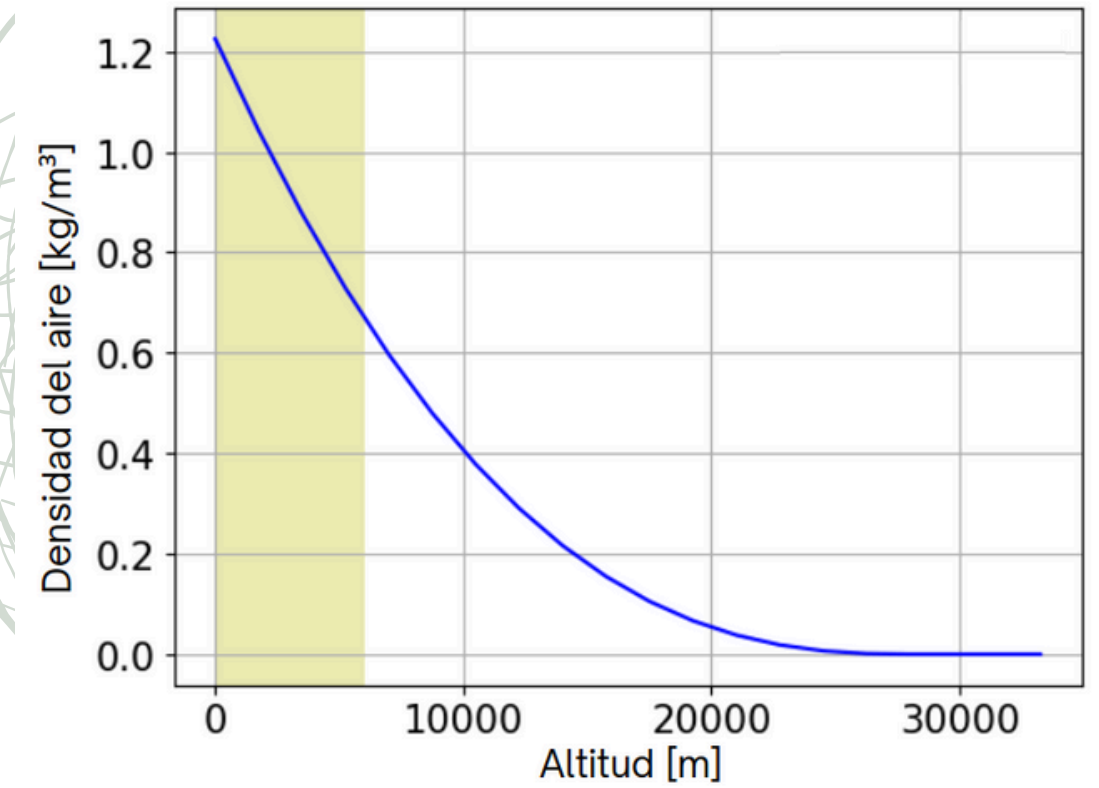


Sistema físico implementado en Geant4 para medir el flujo de neutrones que llegan al nivel del suelo después de haber recorrido 2km de atmósfera

Sistema físico atmósfera

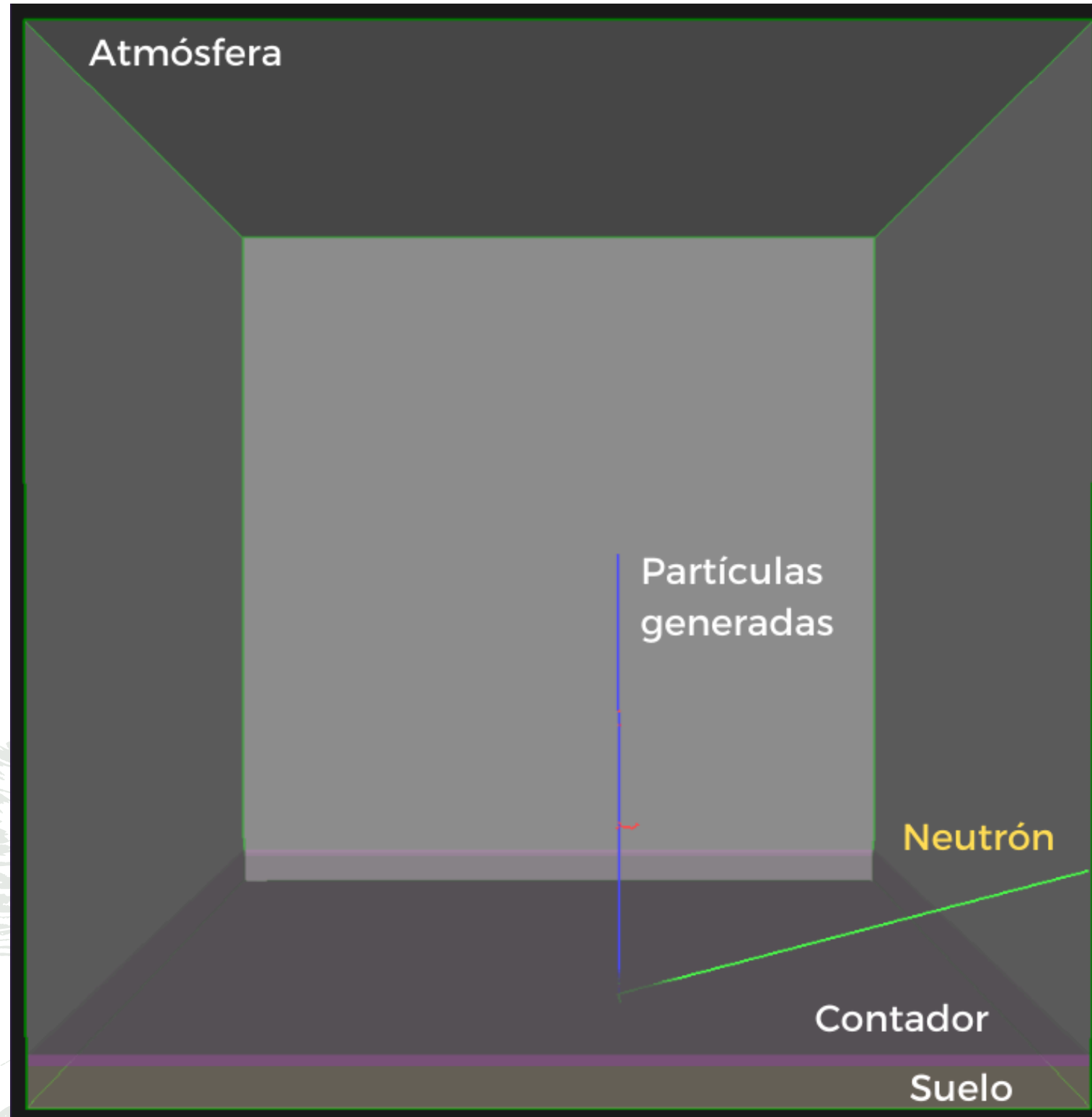


Elemento	Fraccion
N	0.7808
O	0.2095
Ar	0.0090



$$\rho = \frac{p_0 \cdot M}{R \cdot T_0} \left(1 - \frac{L \cdot h}{T_0} \right)^{\left(\frac{g \cdot M}{R \cdot L} - 1 \right)}$$

Sistema físico suelo



Elementos presentes en el suelo seco	Concentración [%]
O	49
Si	33
Al	7.13
Na	0.63
K	1.36
Ca	1.37
Fe	3.8
Mg	0.6
C	2
S	0.08
N	0.1
P	0.9
Ti	0.46
H	0.38

```
//Dry Soil
SoilBS = new G4Material("SoilBS", 2.7*g/cm3, 14);
SoilBS->AddElement(eLO, 0.49);
SoilBS->AddElement(eLSi, 0.33);
SoilBS->AddElement(eLAl, 0.0713);
SoilBS->AddElement(eLNa, 0.0063);
SoilBS->AddElement(eLK, 0.0136);
SoilBS->AddElement(eLCa, 0.0137);
SoilBS->AddElement(eLFe, 0.0380);
SoilBS->AddElement(eLMg, 0.0060);
SoilBS->AddElement(eLC, 0.02);
SoilBS->AddElement(eLS, 0.0008);
SoilBS->AddElement(eLN, 0.001);
SoilBS->AddElement(eLP, 0.0009);
SoilBS->AddElement(eLTi, 0.0046);
SoilBS->AddElement(eLH, 0.0038);

// Soil 5% moisture
SoilBH5 = new G4Material("SoilBH5", 2.7*g/cm3, 2);
SoilBH5->AddMaterial(SoilBS, 0.95);
SoilBH5->AddMaterial(Water, 0.05);

//Soil 10% moisture
SoilBH10 = new G4Material("SoilBH10", 2.7*g/cm3, 2);
SoilBH10->AddMaterial(SoilBS, 0.9);
SoilBH10->AddMaterial(Water, 0.1);

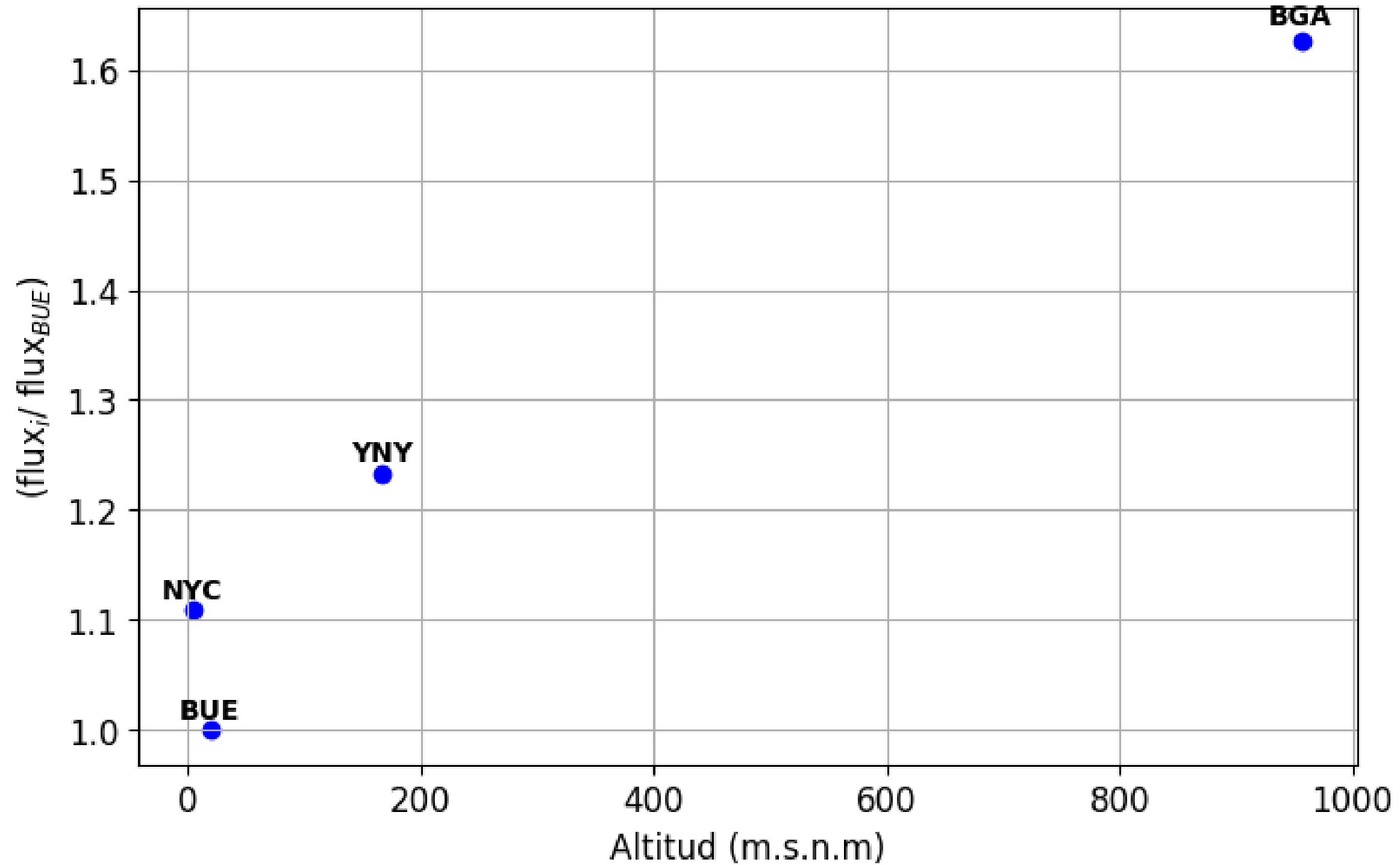
//Soil 15% moisture
SoilBH15 = new G4Material("SoilBH15", 2.7*g/cm3, 2);
SoilBH15->AddMaterial(SoilBS, 0.85);
SoilBH15->AddMaterial(Water, 0.15);

//Soil 25% moisture
SoilBH25 = new G4Material("SoilBH25", 2.7*g/cm3, 2);
SoilBH25->AddMaterial(SoilBS, 0.75);
SoilBH25->AddMaterial(Water, 0.25);

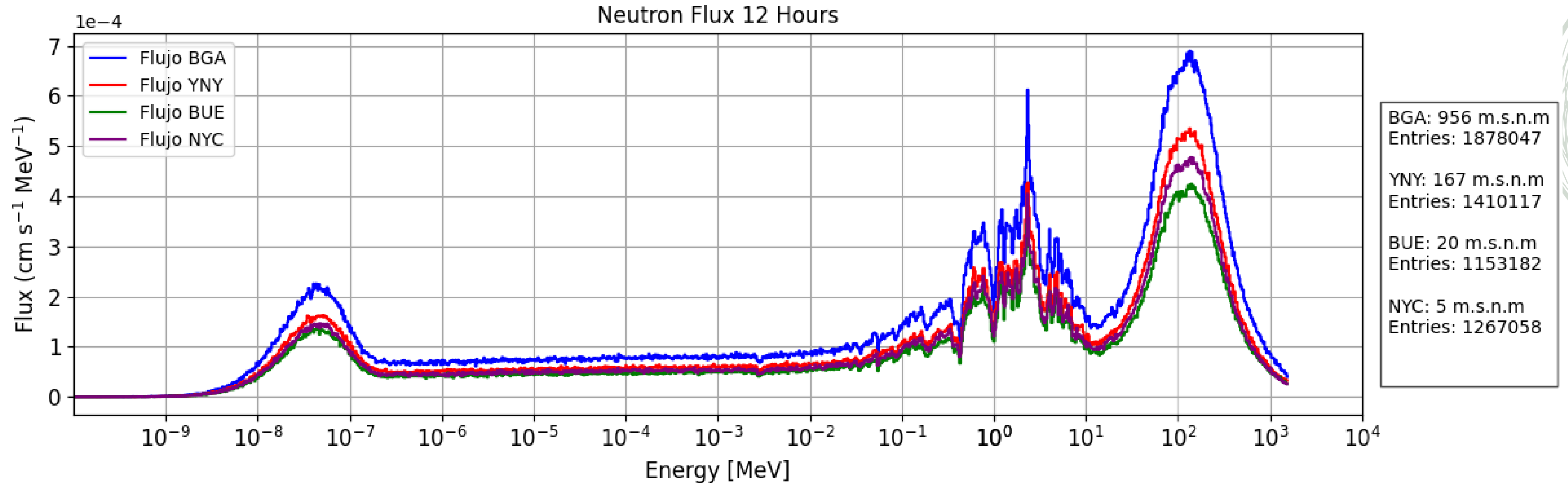
//Soil 30% moisture
SoilBH30 = new G4Material("SoilBH30", 2.7*g/cm3, 2);
SoilBH30->AddMaterial(SoilBS, 0.7);
SoilBH30->AddMaterial(Water, 0.3);
```

Flujo de neutrones cósmicos

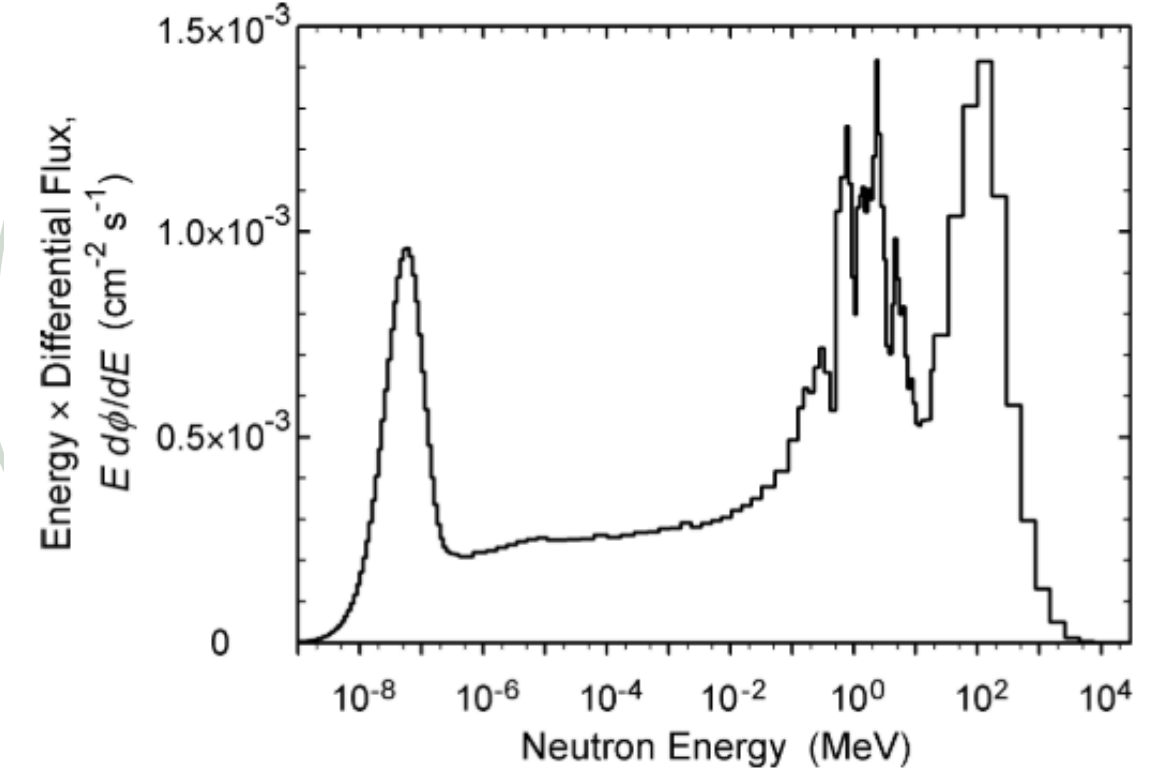
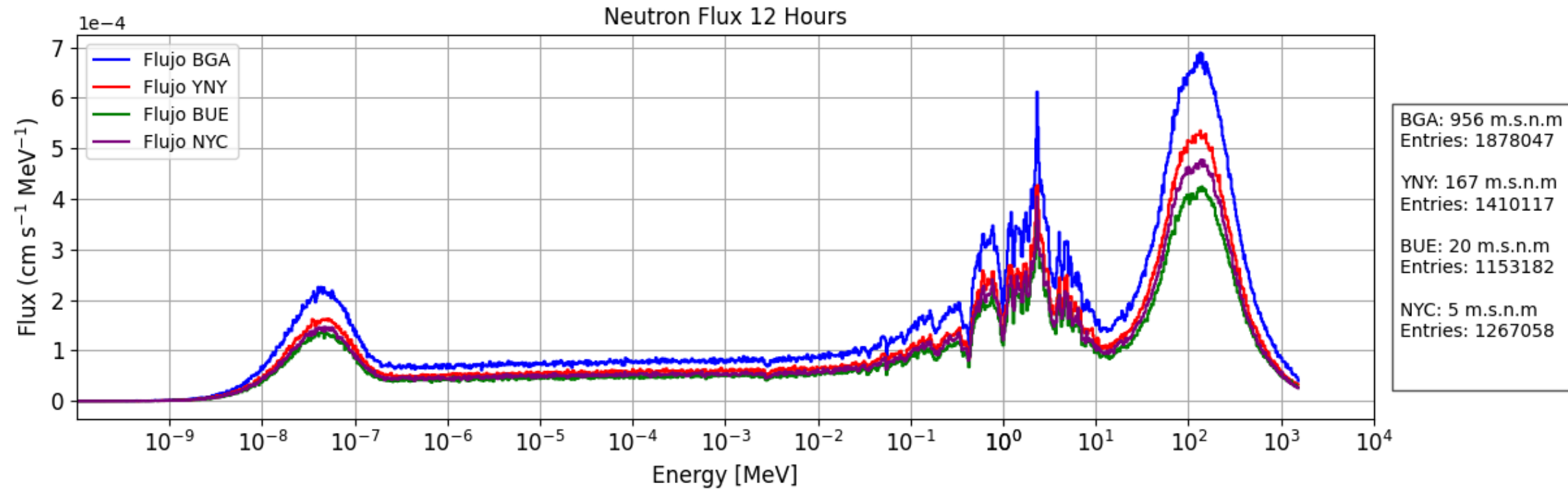
Altitud vs Número de Partículas



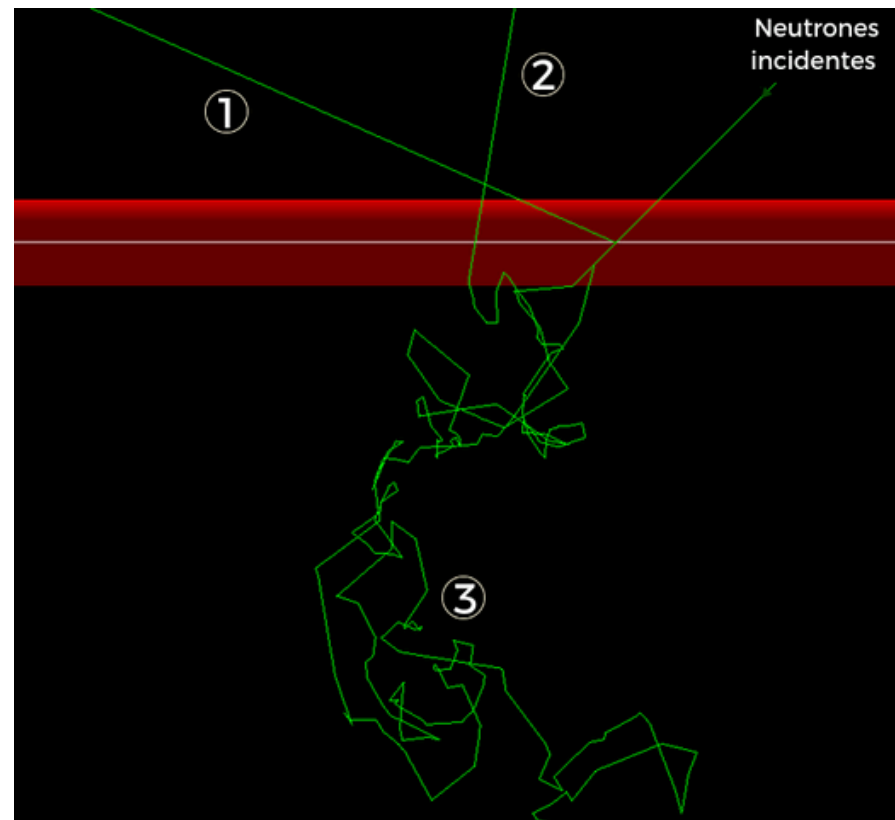
Flujo de neutrones cósmicos



Flujo de neutrones cósmicos



[Gordon et al., IEEE Transactions on Nuclear Science, 51(6), 3427-3434 2004.]



Muchas gracias por su atención

Más información sobre este proyecto:

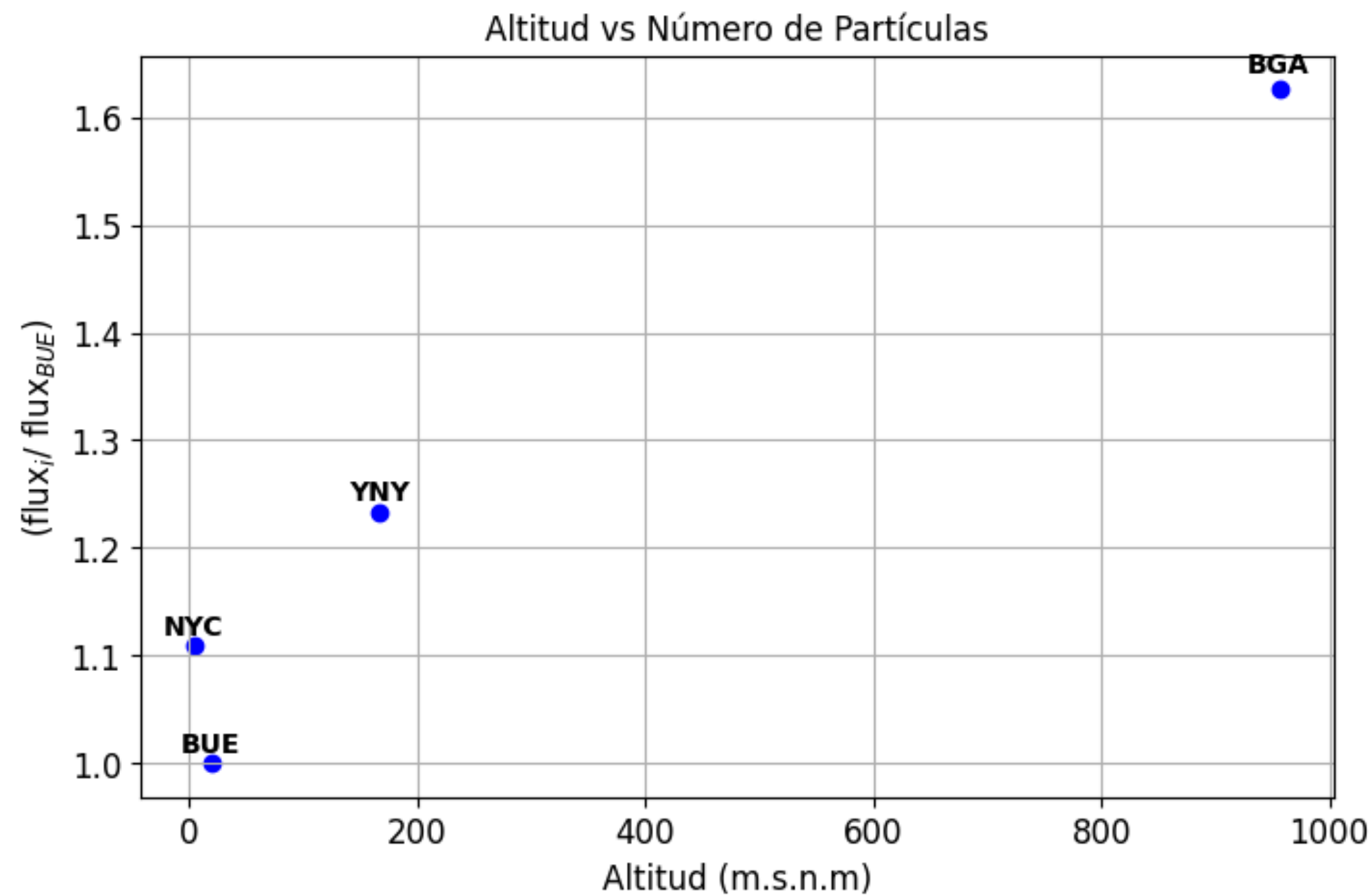
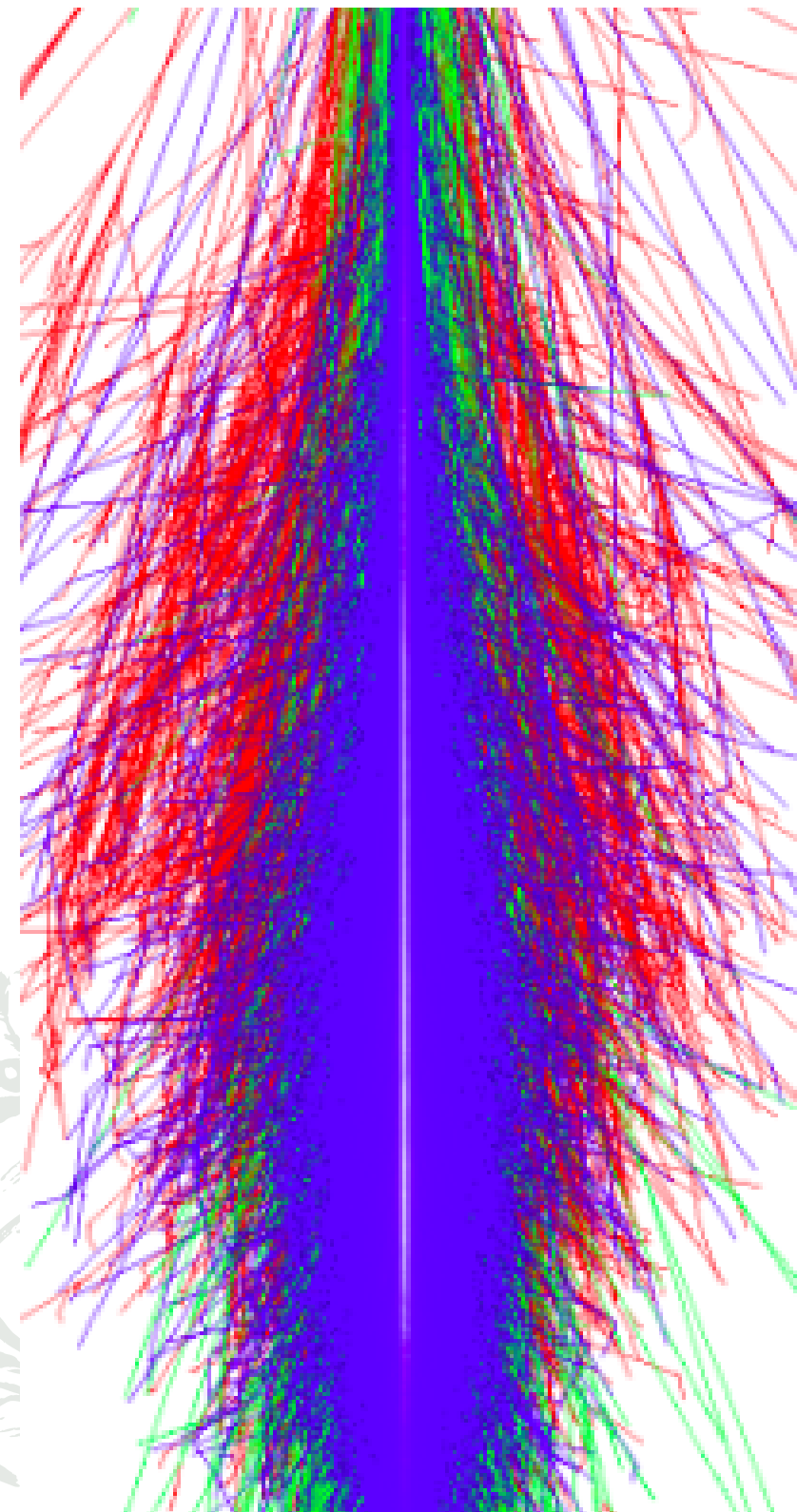
luigui2248385@correo.uis.edu.co

adrianacvr67@gmail.com

christian.sarmiento@correo.uis.edu.co

lnunez@uis.edu.co

Numero de partículas Vs altitud



Elementos del suelo

Elementos presentes en el suelo seco	Concentración [%]
O	49
Si	33
Al	7.13
Na	0.63
K	1.36
Ca	1.37
Fe	3.8
Mg	0.6
C	2
S	0.08
N	0.1
P	0.9
Ti	0.46
H	0.38



#1

