

Método de Thinning y Dethinning para Lluvias de Pimarios de Alta Energía

Alex Estupiñán, Hernán Asorey, Luis A. Núñez, Fabio Lora

Universidad Industrial de Santander
Escuela de Física - Facultad de Ciencias
Grupo Halley de Astronomía y Ciencias Aeroespaciales
Bucaramanga - Colombia



RESUMEN

La instalación de un arreglo de detectores de rayos cósmicos requiere de la caracterización del flujo de partículas secundarias al nivel del detector. Con el fin de estudiar la viabilidad de un observatorio de este tipo en el marco del Proyecto PAS (Polo de Astronomía Social) en el Páramo de Berlín (Colombia), se simuló un flujo de rayos cósmicos primarios y fotones en el rango de energías $10^{15} < E/eV < 10^{17}$ utilizando CORSIKA (COsmic Ray Simulations for KAscade, por sus siglas en inglés).

INTRODUCCIÓN

La atmósfera terrestre es bombardeada en forma continua por partículas ultrarelativistas con energías medidas entre $1 \times 10^{15} eV$ y $1 \times 10^{17} eV$. Para una partícula que llega a la atmósfera ésta interactúa con un núcleo atmosférico creando una cascada de partículas.

Simular estos procesos demandan elevados recursos computacionales. En este trabajo se utilizó un algoritmo llamado *thinning*, el cual es un método estadístico que consiste en reducir el número de secundarios por partículas representativas. Se estudiaron 5 niveles de *thinning*. $\epsilon_{th} = 1 \times 10^{-7}$, $\epsilon_{th} = 1 \times 10^{-8}$, $\epsilon_{th} = 1 \times 10^{-9}$, $\epsilon_{th} = 1 \times 10^{-10}$ y $\epsilon_{th} = 1 \times 10^{-11}$. Se empezó a realizar un método para la recuperación de la pérdida de información debida al *thinning*.

MÉTODO DE THINNING

En una simulación de lluvias con *thinning*, hay partículas descartadas para disminuir el tiempo de computación.

En el caso de Corsika para una energía de *thinning* de la forma:

$$E_0 \epsilon_{th} > \sum_{j=1}^n E_j \quad (1)$$

Donde E_j es la energía de los secundarios, E_0 es la energía del primario y $\epsilon_{th} = E/E_0$ se define como el nivel de *thinning*.

La probabilidad para que las partículas secundarias sean seguidas es:

$$P_i = E_i / \sum_{j=1}^n E_j \quad (2)$$

Si la suma de la energía es mayor que la energía de *thinning*, tal que:

$$E_0 \epsilon_{th} < \sum_{j=1}^n E_j \quad (3)$$

Entonces las partículas secundarias que sobreviven tendrán una probabilidad:

$$P_i = E_i / E_0 \epsilon_{th} \quad (4)$$

En ambos casos como se puede ver en la figura No.1, sobrevivirán partículas que tienen su peso multiplicado por un factor de $w_i = 1/P_i$.

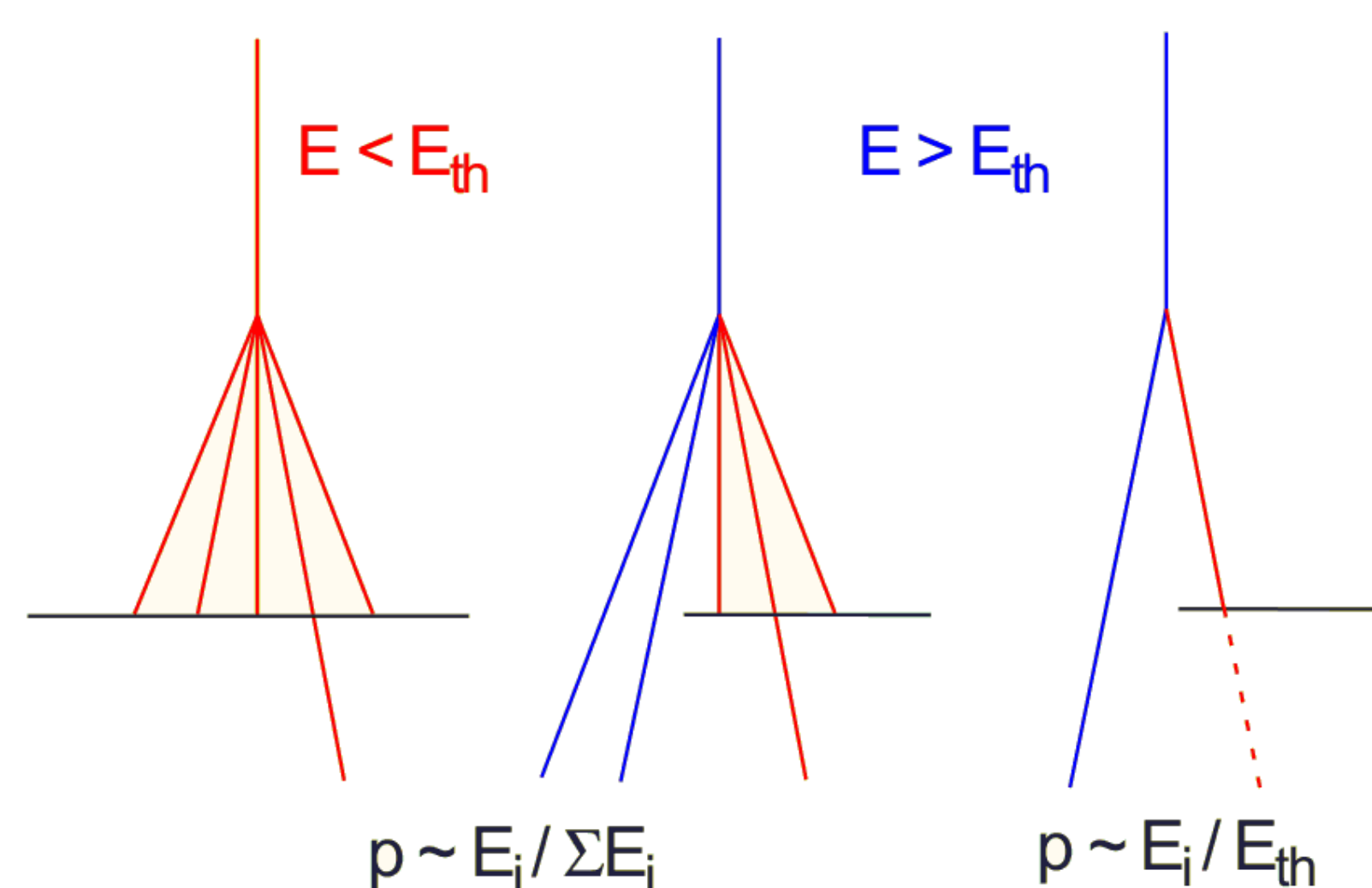


Figura No.1 Tipos de Thinning

En la figura No.1 se muestra los dos tipos de *thinning* aplicado a los secundarios.

MÉTODO DE DETHINNING

Las preguntas esenciales para lograr aplicar este método son:

- ¿Cómo poder determinar la precisión de un espacio muestral?
- ¿Cómo poder utilizar el espacio muestral de una simulación *thinned* para reconstruir totalmente una simulación?
- ¿Cuál es el valor máximo del ϵ_{th} para el cual la muestra de *thinned* representa la lluvia padre de los diferentes tipos de partículas.

Los pasos para realizar esta técnica son:

1. Se escoge un punto de vértice en la trayectoria de la partícula ponderada.
2. Se elige un punto en un cono centrado sobre la trayectoria de la partícula ponderada, dada por una distribución gaussiana bidimensional con un sigma de unos pocos grados.
3. Proyectando la partícula insertada al nivel del detector, asignándole un tiempo y una energía.

4. Se realizan los pasos 2-3 $w-1$ veces.

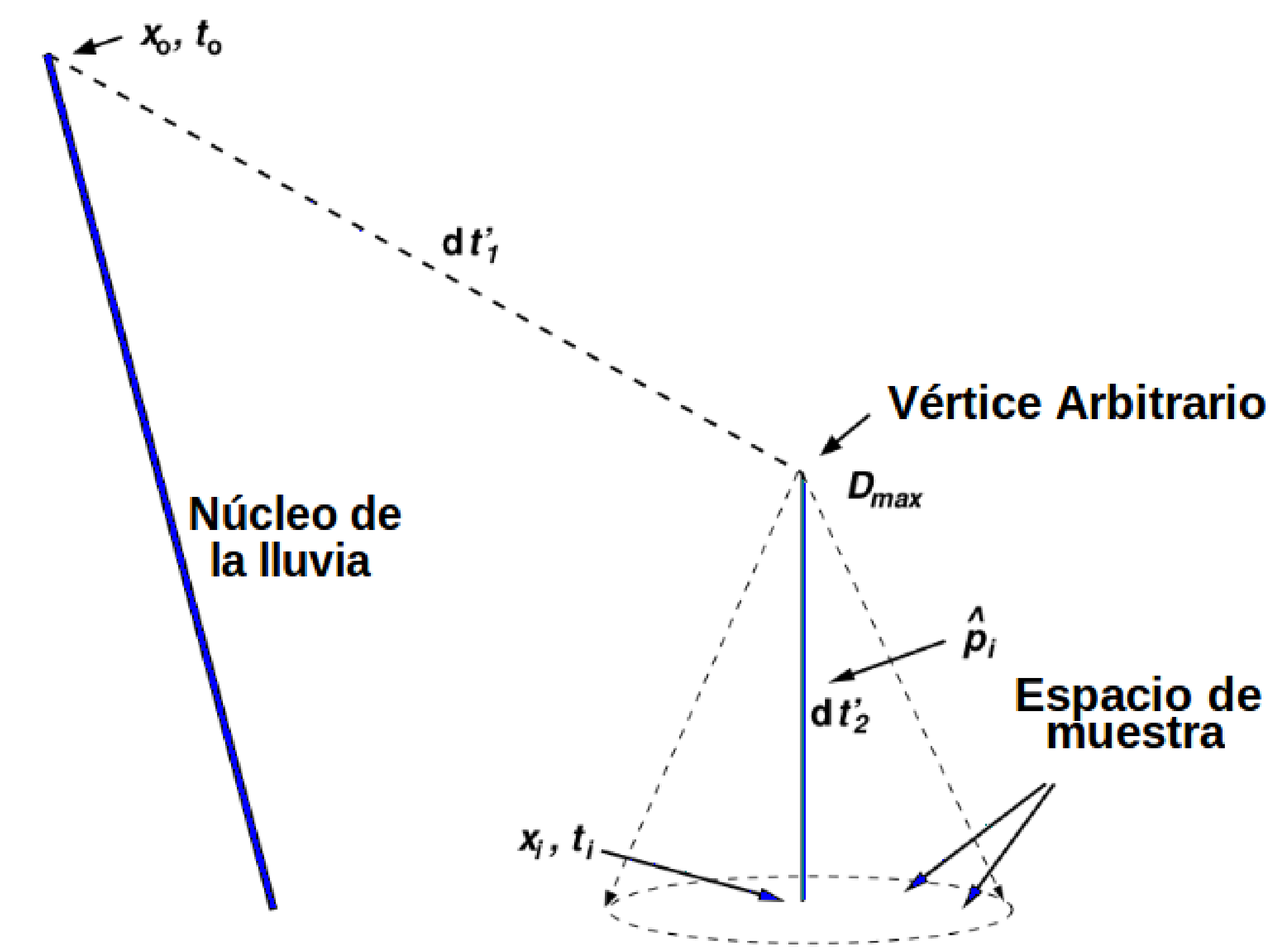
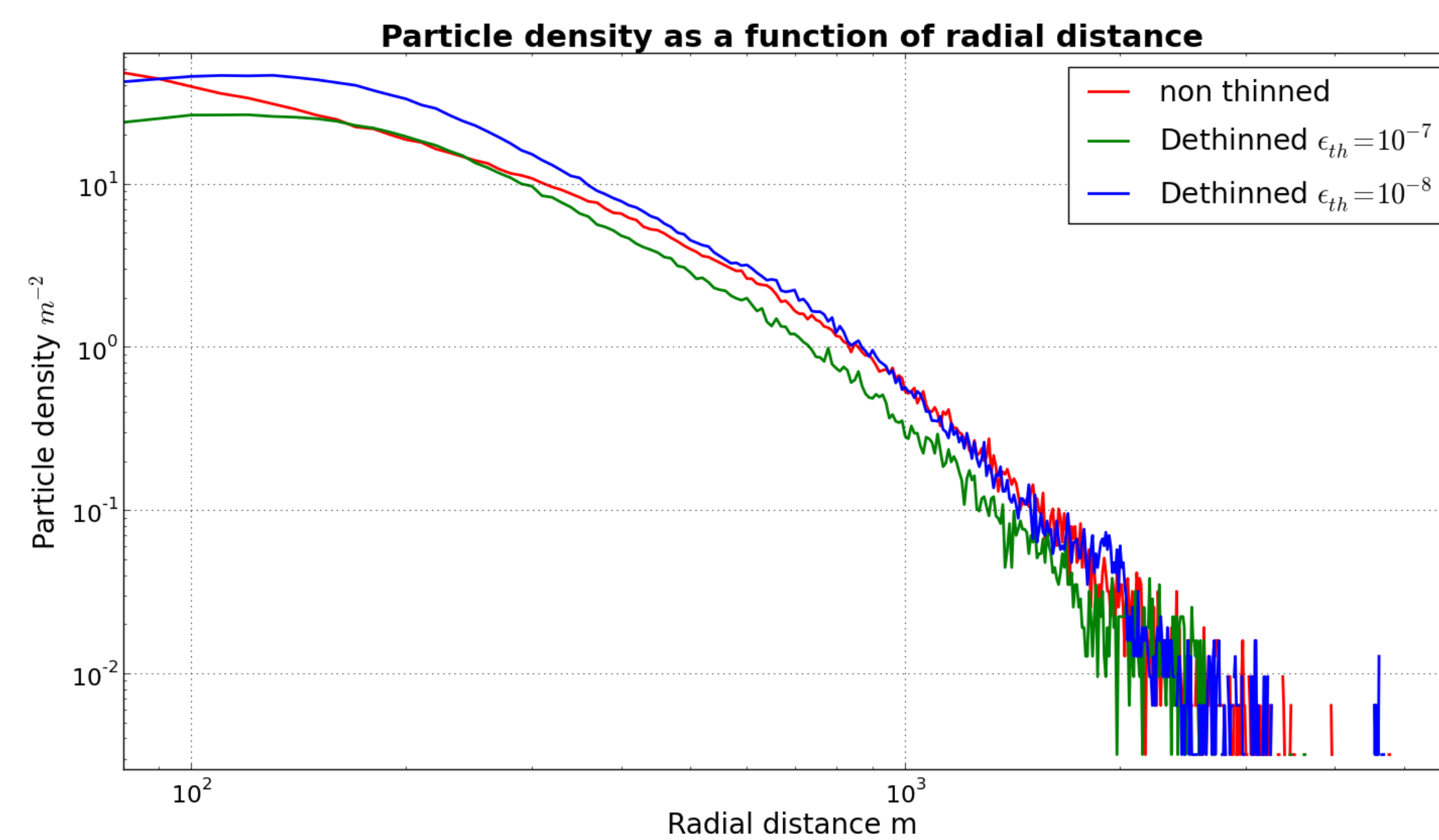
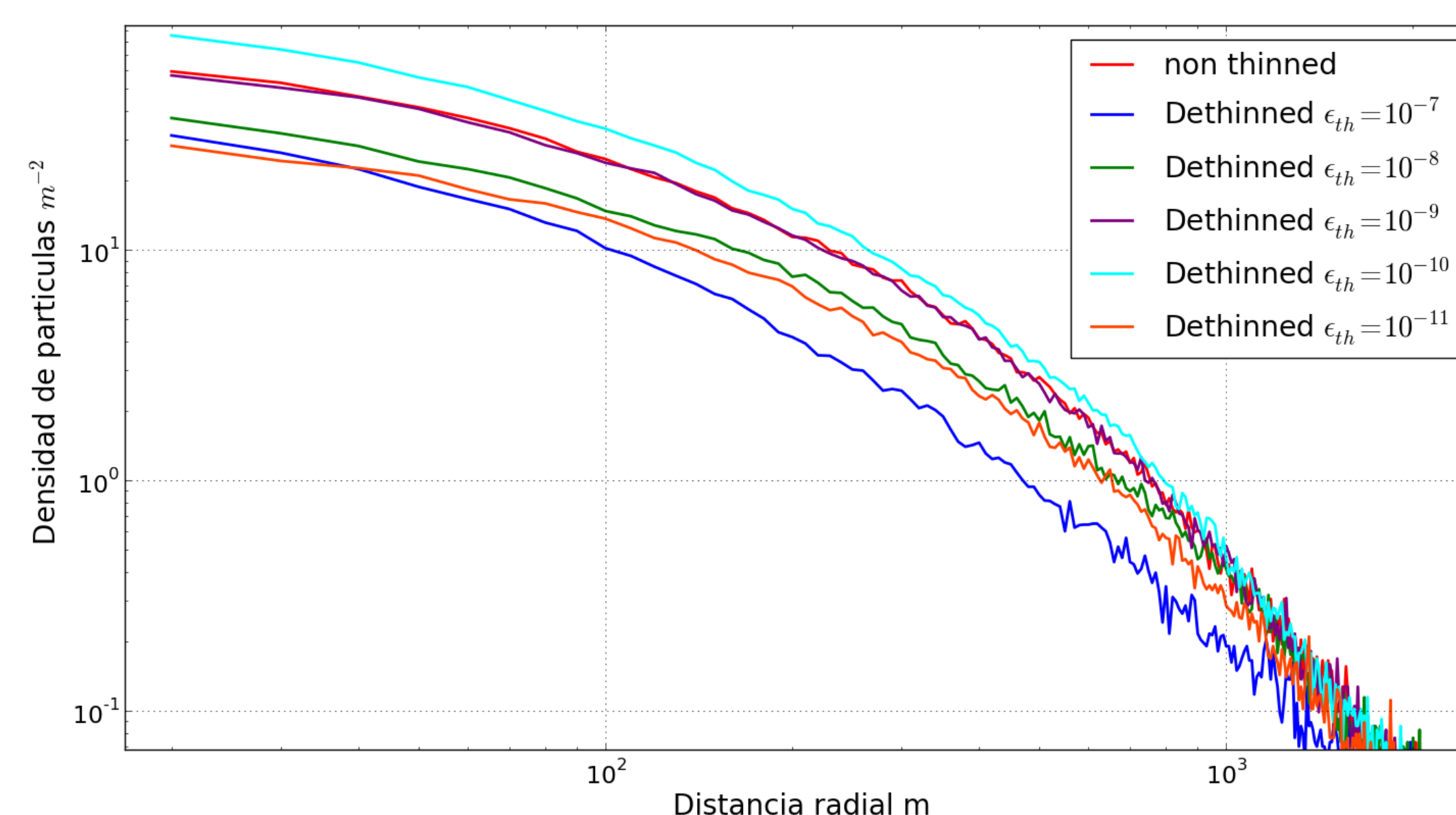


Figura No.2 Método de Dethinning

RESULTADOS

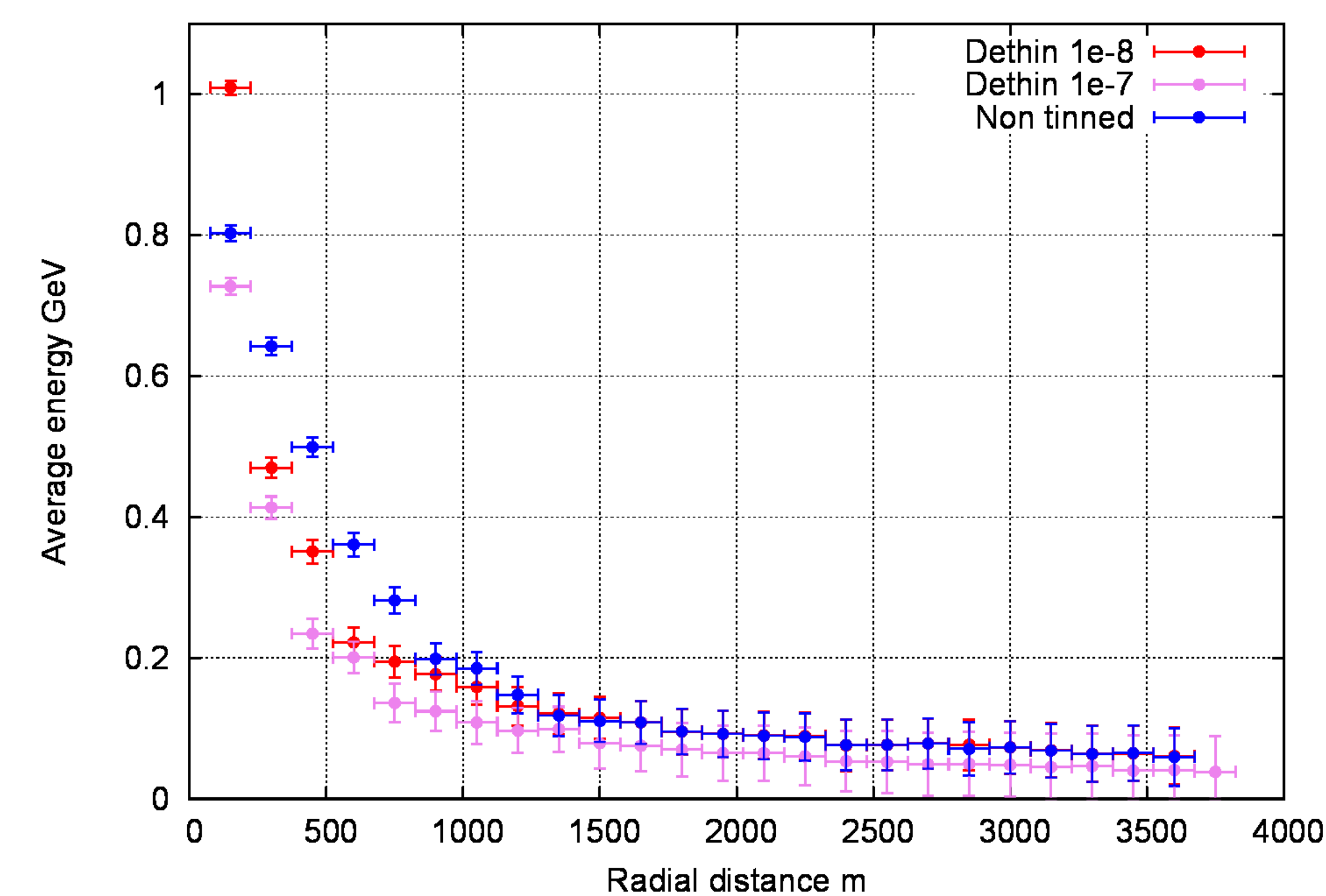


Gráfica No.1 Densidad de partículas como una función de la distancia del núcleo, para un protón vertical con una energía de 5×10^6 GeV. Nosotros usamos la lluvia no adelgazada como la lluvia de referencia, y la comparamos con el perfil de densidad obtenido, cuando se implementa el método de *de-thinned* aplicado a la misma lluvia, pero con 5 niveles de adelgazamiento $\epsilon_{th} = 10^{-7}, 10^{-8}$.

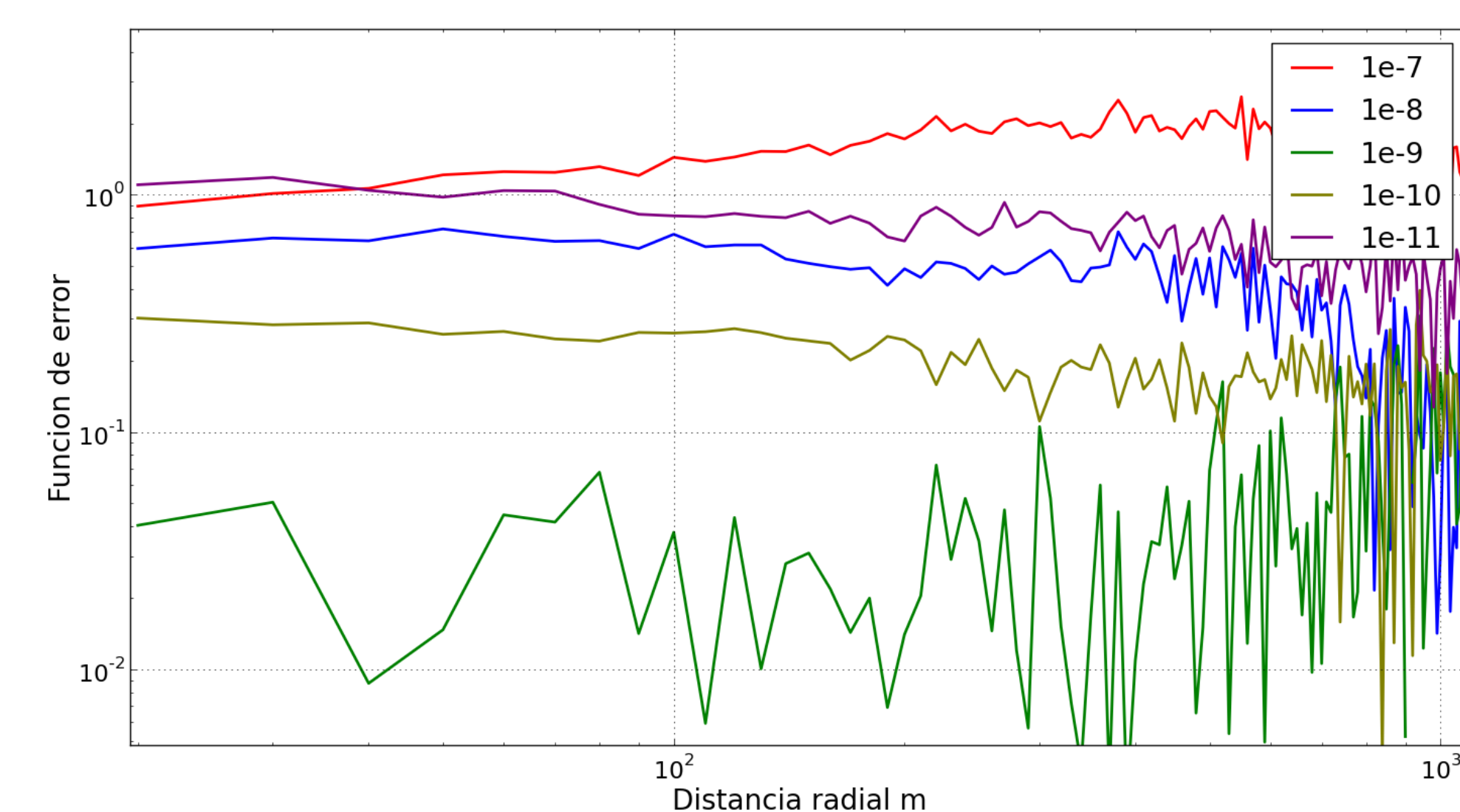


Gráfica No.1 Densidad de partículas como una función de la distancia del núcleo, para un protón vertical con una energía de 5×10^6 GeV. Nosotros usamos la lluvia no adelgazada como la lluvia de referencia, y la comparamos con el perfil de densidad obtenido, cuando se implementa el método de *de-thinned* aplicado a la misma lluvia, pero con 5 niveles de

adelgazamiento $\epsilon_{th} = 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9}, 10^{-10}, 10^{-11}$.



Gráfica No.3 Energía promedio de las partículas secundarias como una función de la distancia radial, para una lluvia iniciada por un protón vertical con una energía de 5×10^6 GeV, tomado de las lluvia adelgazadas con los siguientes niveles de adelgazamiento; $\epsilon_{th} = 10^{-7}, 10^{-8}$.



Gráfica No.4 Factor de Convergencia para 5 niveles de adelgazamiento $\epsilon_{th} = 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9}, 10^{-10}, 10^{-11}$, con el cual se busca la eficiencia del método de *De-thinning*, tomando como función; la densidad de partículas como función de la distancia radial para una lluvia iniciada por un protón vertical con una energía de 5×10^6 GeV.

CONCLUSIONES

- Se empleó un método para la reconstrucción de datos perdidos, luego de realizar una técnica de adelgazamiento de datos.
- Fuimos capaces de ajustar diferentes parámetros del método de reconstrucción, como lo son la apertura angular del cono en función de los coeficientes de la energía de las partículas, la absorción atmosférica en función del tipo de partícula entre otros ajustes.

AGRADECIMIENTOS

Alex Estupiñán agradece sobremanera a Dios por darle la fuerza y la sabiduría para poder realizar este proyecto.