

# 1 Algoritmo

Se plantea la siguiente manera para la busqueda del radio efectivo:

$$f(\text{centers}, \text{box}, NN, \delta)$$

El valor de la densidad media del universo se computa utilizando el objeto box, que contiene las propiedades de los trazadores:

$$\bar{\rho} = \frac{N_{\text{box}}}{V_{\text{box}}}$$

Donde:  $N_{\text{box}}$  es el numero de trazadores en toda la caja y  $V_{\text{box}}$  es el volumen de toda la caja computado como el cubo de la variacion maxima de las coordenadas en una determinada direccion:  $V_{\text{box}} = x_{\text{max}}^3$ , donde se verifica que:  $x_{\text{max}} = y_{\text{max}} = z_{\text{max}}$ .

El valor de contraste  $\delta$  fija un valor de densidad critica que diferencia las zonas subdensas de las densas:

$$\rho_{\text{crit}} = (1 + \delta) \bar{\rho}$$

Aca  $-1 < \delta \leq 0$ , Tipicamente  $\delta = -0.7, -0.8, -0.9$

El algoritmo elabora, para cada centro, un mapa de densidad para los primeros  $N$  vecinos. Es decir calcula:

$$\rho_{c,i} = \frac{N_{c,i}}{V_{c,i}} \Rightarrow \rho_{c,i} = \frac{N_{c,i}}{\frac{4}{3}\pi R_{c,i}^3}$$

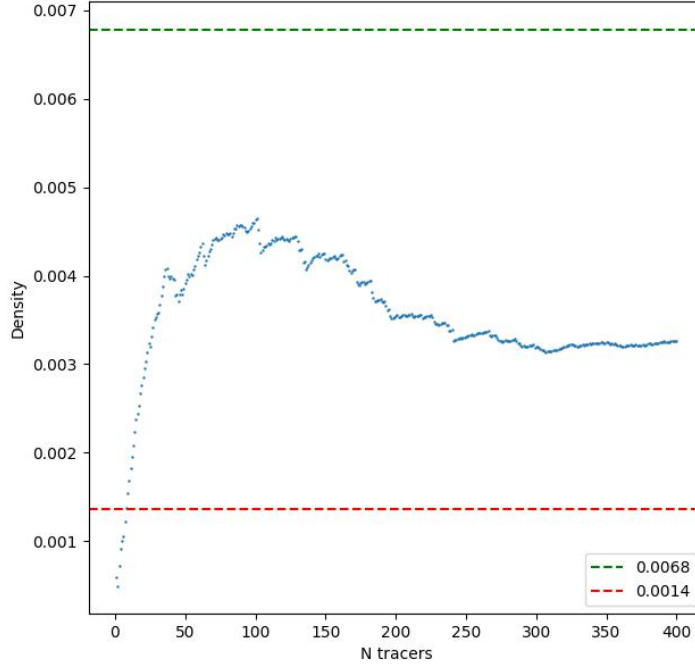
Donde  $R_{c,i}$  es la distancia (Euclidea) que hay entre el centro de coordenadas  $(x_c, y_c, z_c)$  y el  $i$ -esimo trazador de coordenadas  $(x_i, y_i, z_i)$ .

Esto genera para cada centro  $c$  una susecion de valores:  $[\rho_{c,1}, \rho_{c,2}, \dots, \rho_{c,N}]$ . La hipotesis es que a partir de una sub-densidad, a medida que  $N$  aumenta, se deberia tener una sucesion creciente de estos valores, por lo cual  $\rho_i^c < \rho_{\text{crit}} < \rho_{i+1}^c$ , para algun valor  $i$  en la sucesion. Entonces para esa situacion se plantea:

$$R_{\text{eff}} = \frac{R_{c,i+1} + R_{c,i}}{2} \Rightarrow R_{c,i} < R_{\text{eff}} < R_{c,i+1}$$

Este radio efectivo garantiza  $N_{c,i}$  trazadores dentro de la region con densidad:

$$\rho_c = \frac{N_{c,i}}{\frac{4}{3}\pi R_{\text{eff}}^3} < \rho_{c,i} < \rho_{\text{crit}}$$



**Figure 1.**

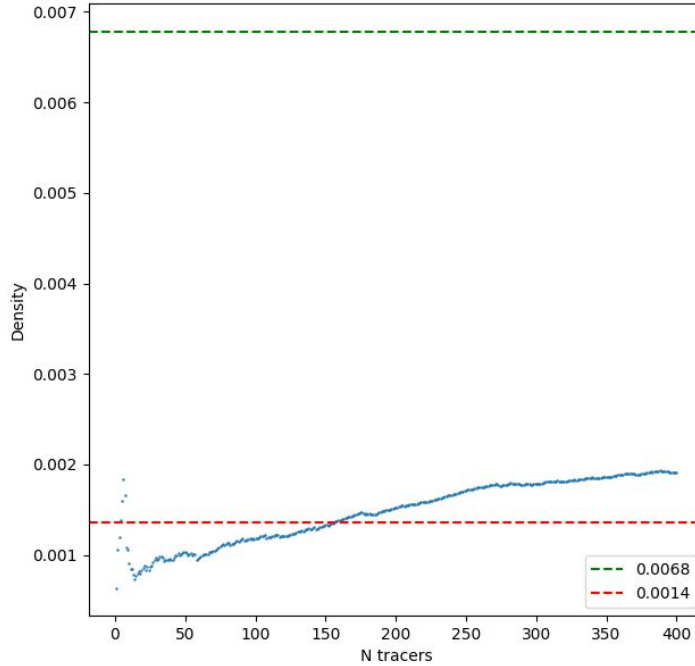
## 1.1 Casos

Hay que considerar un par de situaciones que suceden con la distribucion de densidad alrededor de un centro.

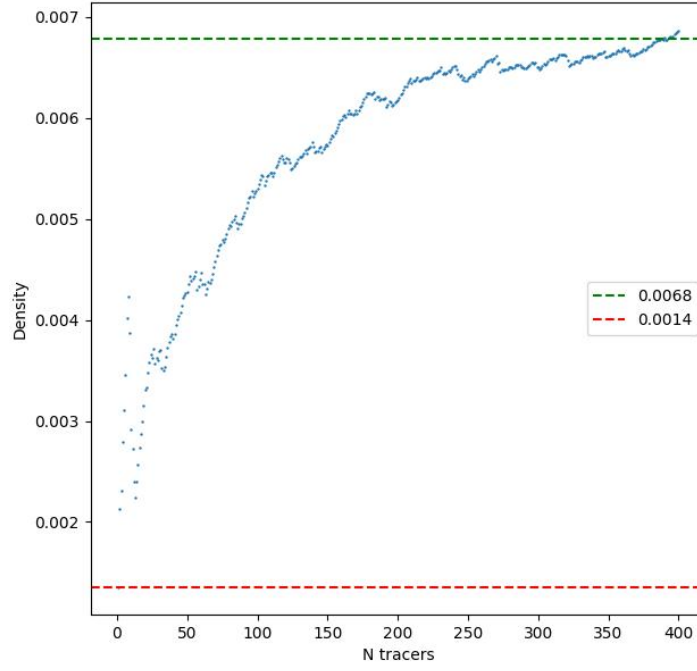
1. Puede suceder, que al disminuir  $\delta$ , es decir  $\delta < -0.8$  que la sucesion nunca alcance  $\rho_{\text{crit}}$ . Este escenario puede darse cuando  $n\_neighbors$  es chico (Esto significa que para llegar a llenar la region y alcanzar  $\rho_{\text{crit}}$  hay que agregar mas trazadores). El algoritmo dara un mensaje indicando que se debe incrementar  $n\_neighbors$  para obtener el radio efectivo de este centro y cataloga a los vacios de este tipo como  $R_{\text{eff}} = -2$
2. Puede suceder que, para el grado de precision que maneja numpy, todos los valores de densidad esten justo en el valor de densidad critica o mayor. Esto tiene sentido para voids chicos detectados por algun algoritmo. El algoritmo clasifica estos centros como  $R_{\text{eff}} = -1$ , es decir no los considera como verdaderos centros de un void.
3. El ultimo caso a considerar es valores de densidad tales que tienen elementos  $\rho_{c,i} < \rho_{\text{crit}}$  en un intervalo, luego elementos  $\rho_{\text{crit}} < \rho_{c,i}$  en otro intervalo, para luego finalmente tener

$\rho_{c,i} < \rho_{\text{crit}}$  en otro intervalo. Este tipo de voids se clasifican como voids  $R_{\text{eff}} = 0$ . Algunas conclusiones se pueden sacar de este tipo de voids:

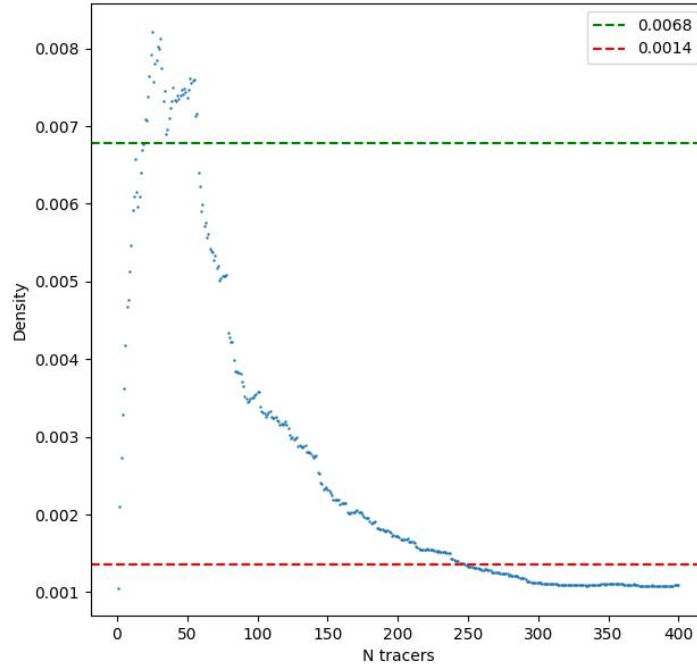
- i. Son voids que fundamentalmente tienen cercanía con otra sub-densidad, es decir otro void.
  - ii. Voids normales podrían transformarse en este tipo de voids si la búsqueda se realiza con suficientes vecinos.
4. Voids Normales. Estos son vacíos que cumplen de manera estricta:  $\rho_{c,i} < \rho_{\text{crit}} < \rho_{c,i+1}$  para  $n_{\text{neighbors}}$ . Estos se pueden clasificar a su vez según el nivel de discrepancia con  $|R_{i,\text{eff}} - R_i|$ . Aquí  $R_i$  es el radio encontrado por el void finder mientras que  $R_{i,\text{eff}}$  es el radio encontrado por este método.
- i.  $|R_{i,\text{eff}} - R_i| < d$  : Rango de concordancia entre los radios de los vacíos encontrados
  - ii.  $|R_{i,\text{eff}} - R_i| > d$  : Discrepancia entre los vacíos encontrados.
    - Este tipo de discrepancia se da porque el void finder no hace crecer más el radio por un pico de densidad local que encuentra (Ver figura 2). Como este método considera en cambio los  $n_{\text{neighbors}}$  primeros vecinos, esto no es un limitante y el radio puede crecer.
    - Un pico de densidad local puede darse por un conjunto de trazadores a corta distancia entre sí.



**Figure 2.** Void Normal encontrado que tiene una discrepancia de  $|R_{\text{eff}} - R_i| > 23$ . Para el método svf\_popcorn  $R_i = 7.5[\text{Mpc}]$  mientras que para el método utilizado:  $R_{\text{eff}} = 30.1[\text{Mpc}]$



**Figure 3.** Void de tipo -1



**Figure 4.** Void de tipo 0. Claramente, el centro del void posee nada mas que un trazador, este es un void chico encontrado por el finder svf\_popcorn (Popcorn esferico). Si se considera mas vecinos puede verse que este void esta asociado a una sub densidad de otro void.

## 2 Analisis

### 2.1 svf\_popcorn (Popcorn Esferico)

Finder	$\delta$	$nn$	$R_{\min}$	$R_{\max}$	Centros Totales	Normales	$T: -1$	$T: 0$	$ R - R_{\text{eff}}  < 1$
svf	-0.8	400	5.60	37.13	75525	75410	112	3	99.4
svf	-0.9	400	7.06	28.84	59253	59209	44	0	99.8
svf	-0.7	1000	5.00	41.12	80147	80072	5	70	99.1

### 2.2 ZOBOV

Finder	Density threshold	$R_{\min}$	$R_{\max}$	$nn$	Centros Totales	Normales	$T: -1$	$T: 0$
ZOBOV	$0.3 \rightarrow \delta = -0.7$	6.18	35.75	400	34228	20330	13848	50
ZOBOV	$0.1 \rightarrow \delta = -0.9$			400	34228	12636	21591	1
ZOBOV	$0.2 \rightarrow \delta = -0.8$			400	34228	3082	31146	0