

# Evolución temporal de la red cósmica

Juan Sebastián Pérez

Director: Jaime Forero

Noviembre 2015

## 1 Introducción

Las simulaciones cosmológicas han sido de gran utilidad en las últimas décadas para predecir la distribución de materia en el universo a grandes escalas. Los resultados de simulaciones pueden ser comparados directamente con las observaciones astronómicas de la distribución de galaxias.

Tanto las observaciones astronómicas como las simulaciones muestran una estructura cosmológica bien definida la cual se conoce como *red cósmica*, la cual cuenta con elementos estructurales definidos según sus características geométricas como vacíos, filamentos, hojas y nudos. Así pues, el estudio de las características morfológicas de esta red son un tema de estudio de alto impacto en la astrofísica moderna.

En este trabajo se hará una caracterización de la red cósmica a en simulaciones cosmológicas de N-cuerpos. El objetivo principal es el estudio de la evolución de la red cósmica en escalas de tiempo cosmológicas. La simulación cosmológica se hará con el código Gadget [1], un estándar para la realización de simulaciones cosmológicas. GADGET está desarrollado para trabajar en sistemas de cómputo de múltiples procesadores en paralelo,

Los datos obtenidos en la simulación se analizarán para caracterizar la red cósmica en el volumen simulado. El análisis utiliza los valores propios de  $T_{\alpha\beta}$ , i.e, el Hessiano del potencial gravitacional  $\phi$ , para clasificar localmente cada lugar de la simulación como un vacío, filamento, hoja o nudo [2].

## 2 Objetivo General

Realizar una caracterización de los elementos estructurales de la cosmic web (vacíos, filamentos, hojas y nudos) y su evolución temporal a partir de los datos generados por una simulación cosmológica realizada con el código GADGET-2.

### 3 Objetivos Específicos

1. Realizar simulaciones cosmológicas usando el código GADGET-2.
2. Identificar los elementos de la red cósmica en una simulación cosmológica.
3. Analizar la evolución de la estructura observada para la red cósmica en cada paso temporal de la simulación.

### 4 Metodología

Esta será una monografía computacional. Utilizaré el código GADGET2 para correr simulaciones cosmológicas en máquinas de múltiples procesadores paralelos, por lo tanto, es necesario tener acceso al cluster de la universidad como primera medida. Adicionalmente, y aunque no es indispensable, se requerirá acceso al laboratorio computacional de ciencias ubicado en el salón Q406.

La primera etapa del trabajo se centrará en familiarizarse con las herramientas tecnológicas necesarias para la elaboración de la simulación. Lo anterior corresponderá a familiarizarse con el manejo de sistemas de cómputo de múltiples procesadores en paralelo, en específico, obtener acceso al cluster de la universidad y a manejar su ambiente de programación. Adicionalmente, en esta etapa se pretende obtener un conocimiento básico del funcionamiento del código GADGET2 que será usado para la simulación cosmológica a partir de la cual se generarán los datos. Para familiarizarse con el programa, se harán simulaciones sencillas las cuales vienen incluidas en la documentación del código, tales como colisiones de galaxias, colapso de nubes de gas, entre otras.

Posteriormente, y una vez se haya obtenido un entendimiento adecuado del funcionamiento de GADGET2, se procederá a realizar la simulación cosmológica necesaria para el análisis estructural de los elementos de la cosmic web. Como se mencionó anteriormente, el análisis consistirá en calcular los valores propios del Hessiano del potencial gravitacional evaluado en cada punto espacial con el fin de determinar las características geométricas de cada uno de ellos y así clasificarlos como vacíos, filamentos, hojas o nudos.

Finalmente, se realizará el análisis comentado anteriormente para cada paso temporal con propósito de tener una imagen de la evolución temporal de estas estructuras y de su aporte a la morfológica de la cosmic web. En esta última etapa se realizarán comparaciones con datos de otras simulaciones y de observaciones astronómicas con el fin de corroborar que la estructura obtenida en este estudio corresponde con la estructura cosmológica observada.

### 5 Cronograma

Tarea 1: Revisión inicial de la literatura

Tarea 2: Familiarización con el manejo del cluster y primeros acercamientos al uso de GADGET-2

Tarea 3: Correr las simulaciones de prueba que vienen incluidas en la documentación de GADGET-2

Tarea 4: Investigar acerca de los parámetros que se usarán para la elaboración de la simulación que generará los datos

Tarea 5: Realizar la simulación mencionada anteriormente

Tarea 6: Preparacion de primera entrega del documento y presentacion respectiva

Tarea 7: Analizar preliminarmente los datos obtenidos a partir de la simulación

Tarea 8: Categorizar cada punto espacial de la simulación realizada según sus características geométricas en vacíos, filamentos, hojas o nudos.

Tarea 9: Estudiar la evolución temporal de las características geométricas de cada punto espacial.

Tarea 10: Interpretar los resultados obtenidos de la caracterización para obtener así información acerca de la estructura morfológica de la cosmic web

Tarea 11: Preparación del documento final

Tarea / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	X	X	X													
2			X	X												
3			X	X												
4				X	X											
5					X	X	X	X								
6						X	X	X								
7						X	X	X	X							
8										X	X	X				
9											X	X	X	X		
10												X	X	X	X	X

## 6 Personas Conocedoras del Tema

- Jaime Forero (Universidad de los Andes)
- Pedro Bargueño (Universidad de los Andes)
- Nelson Padilla(Pontificia Universidad Católica de Chile)

## References

- [1] The cosmological simulation code GADGET-2. Springel V., 2005, Mon. Not. of the R. Astron. Soc., 364, 1105
- [2] A Dynamical Classification of the Cosmic Web. Forero-Romero J.E., Hoffman Y., Gottloeber S., Klypin A., Yepes G., Mon. Not. of the R. Astron. Soc., 396, 1815-1824, 2009

Firma del Director  
Firma del Codirector