

# Monografía

## Impacto de los parámetros cosmológicos en la estructura a gran escala del universo

Camilo Andrés Rivera 200912840

Asesor: Jaime Ernesto Forero.

27 de noviembre de 2014

# Agenda

- 1 Introducción y Justificación
- 2 Objetivos
- 3 Contexto del Proyecto
  - Contexto Teórico
  - Contexto Computacional
- 4 Metodología y Cronograma
- 5 Trabajo Realizado
  - Resultados
- 6 Conclusiones

# Tabla de contenidos

- 1 Introducción y Justificación
- 2 Objetivos
- 3 Contexto del Proyecto
  - Contexto Teórico
  - Contexto Computacional
- 4 Metodología y Cronograma
- 5 Trabajo Realizado
  - Resultados
- 6 Conclusiones

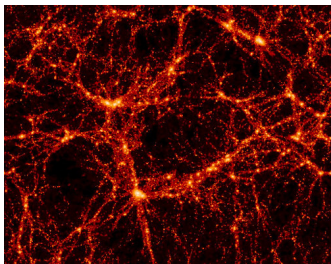


Figura : LSS <sup>2</sup>

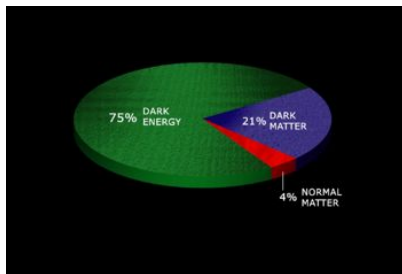


Figura : DM <sup>3</sup>

- La materia da cuenta de la estructura a gran escala del universo
- $\Omega_{\Lambda}, \Omega_{DM}, \Omega_0$
- A pesar de que domina la materia oscura, la energía oscura tiene un efecto sutil pero importante

<sup>2</sup>Imagen Tomada de [3]

<sup>3</sup>Imagen Tomada de [2]

- Anisotropías en CMB medidas por Planck
- Sensibilidad y margen de error en equipos de medición
- Detección de variaciones de al menos 5 %

¿Cómo podemos medir los efectos de la energía oscura ( $\Omega_\Lambda$ )?

# Tabla de contenidos

1 Introducción y Justificación

2 Objetivos

3 Contexto del Proyecto

- Contexto Teórico
- Contexto Computacional

4 Metodología y Cronograma

5 Trabajo Realizado

- Resultados

6 Conclusiones

# Objetivos

## General

Cuantificar el cambio de la estructura a gran escala del universo ante escenarios con diferentes parámetros cosmológicos.

## Específicos

- Obtener una serie de universos simulados ante diferentes valores de parámetros cosmológicos.
- Extraer información acerca de los diferentes universos como la abundancia de halos de materia oscura y las distribuciones de velocidad entre pares de halos.
- Realizar un análisis comparativo entre los diferentes universos simulados

# Tabla de contenidos

1 Introducción y Justificación

2 Objetivos

3 Contexto del Proyecto

- Contexto Teórico
- Contexto Computacional

4 Metodología y Cronograma

5 Trabajo Realizado

- Resultados

6 Conclusiones



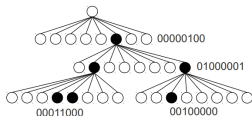
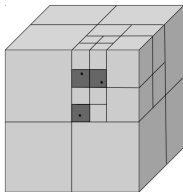
# Tabla de contenidos

- 1 Introducción y Justificación
- 2 Objetivos
- 3 Contexto del Proyecto
  - Contexto Teórico
  - Contexto Computacional
- 4 Metodología y Cronograma
- 5 Trabajo Realizado
  - Resultados
- 6 Conclusiones

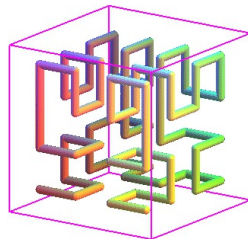
- Inflación
- Fluctuaciones cuánticas en densidad
- Observaciones
  - Expansión  $H_0$
  - Homogeneidad e isotropía
  - Universo Plano
  - Edad del Universo, *redshift*  $z$ , factor de dilatación  $a(t)$
- Parámetros cosmológicos  $\Omega_\Lambda$ ,  $\Omega_m$ ,  $\Omega_r$ ,  $H_0$ ,  $\sigma_8$
- Soluciones a Ecuaciones de Einsten: potencial gravitacional

# Simulación en paralelo

- Gadget-2
- N-GenIC
- Paralelización: MPI
- Octree
- TreePM
- Peano-Hilbert



Serialized Octree:  
00000100 01000001 00011000 00100000



# Tabla de contenidos

- 1 Introducción y Justificación
- 2 Objetivos
- 3 Contexto del Proyecto
  - Contexto Teórico
  - Contexto Computacional
- 4 Metodología y Cronograma
- 5 Trabajo Realizado
  - Resultados
- 6 Conclusiones

# Características de la Simulación

- Tamaño de las simulaciones
  - Cubo  $\sim 500Mpc$
  - Tiempo de evolución  $\sim 13Gyr$
  - Número partículas  $512^3$
- Condiciones iniciales
  - N-Genic
  - Posiciones y velocidades
  - $\rho$
- Leyes de la física
- $\Omega_\Lambda$ ,  $\Omega_0$ ,  $H_0$

- Sobredensidad
  - CIC
- Halos
  - FoF
  - Características de CM
  - Identificación cruzada
  - Diferencias y gráficas (*ipython*)

# Tabla de contenidos

- 1 Introducción y Justificación
- 2 Objetivos
- 3 Contexto del Proyecto
  - Contexto Teórico
  - Contexto Computacional
- 4 Metodología y Cronograma**
- 5 Trabajo Realizado
  - Resultados
- 6 Conclusiones

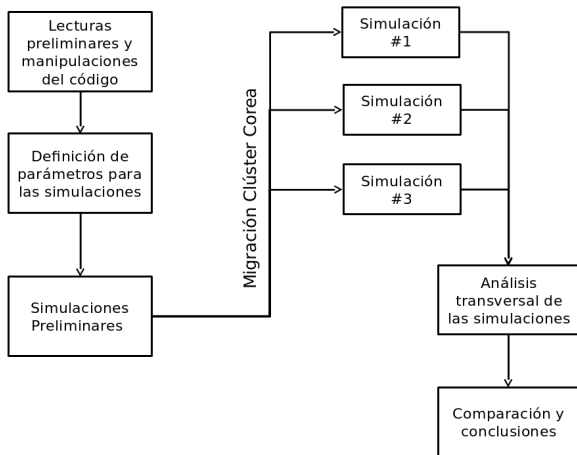


Figura : Metodología de Desarrollo



# Cronograma

Etapas	Tareas	Semanas															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Preliminar	Lectura de Bases teóricas	●	●	●													
	Instalación y entendimiento del código	●	●	●													
	Simulaciones preliminares y pruebas			●	●												
Desarrollo	Simulaciones definitivas					●	●	●	●	●							
Final	Análisis de Simulaciones								●	●	●	●	●				
	Redacción de Documento													●	●	●	●

Figura : Cronograma Propuesto

# Tabla de contenidos

- 1 Introducción y Justificación
- 2 Objetivos
- 3 Contexto del Proyecto
  - Contexto Teórico
  - Contexto Computacional
- 4 Metodología y Cronograma
- 5 Trabajo Realizado**
  - Resultados**
- 6 Conclusiones

## Características

Caja cúbica de  $150Mpc$ ,  $128^3$  partículas, tiempo inicial de *redshift*  $z = 63$  ( $\sim 32,4Myr$ ) hasta la actualidad ( $\sim 13Gyr$ ).

- 32 Procesadores (fiscluster)
- 50 snapshots
- $\sim 3Gb$  de almacenamiento
- 4 horas de simulación
- Variación de Sigma8 (0.9 - 0.7)

# Simulaciones Preliminares

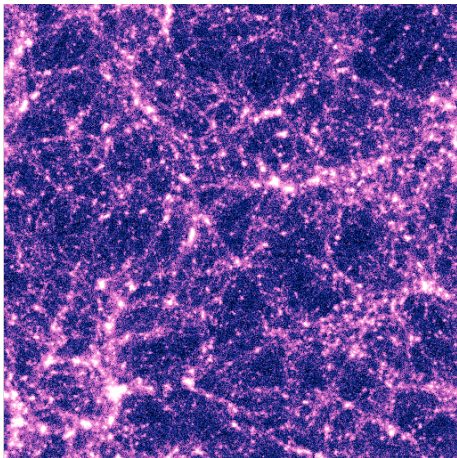


Figura :  $\sigma_8 = 0,9$

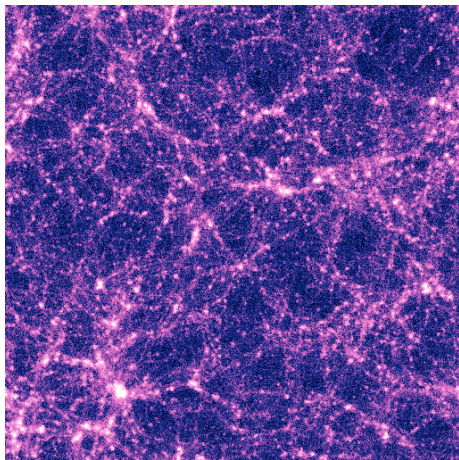


Figura :  $\sigma_8 = 0,7$

## Características

Caja cúbica de  $500 Mpc$ ,  $512^3$  partículas.

- 32 Procesadores (KIAS)
- 5 snapshots
- $\sim 3,4 Gb$  de almacenamiento por snapshot
- 5 días de simulación
- Datos de Plank
- Variación de  $\Omega_0 \pm 5\%$
- Tiempos Análisis  $\sim 5h$

# Tabla de contenidos

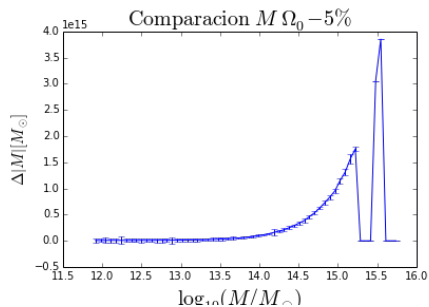
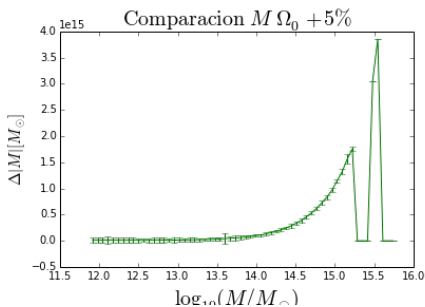
- 1 Introducción y Justificación
- 2 Objetivos
- 3 Contexto del Proyecto
  - Contexto Teórico
  - Contexto Computacional
- 4 Metodología y Cronograma
- 5 Trabajo Realizado
  - Resultados
- 6 Conclusiones

# Modelo de comparación

Parámetro	Valor
$\Omega_0$	$0,3175 \pm 0,05$
$\Omega_\Lambda$	$0,6825 \mp 0,05$
$\Omega_b$	0,048
$H$	0,6711
$\sigma_8$	0,834

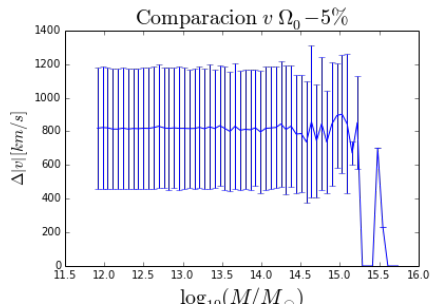
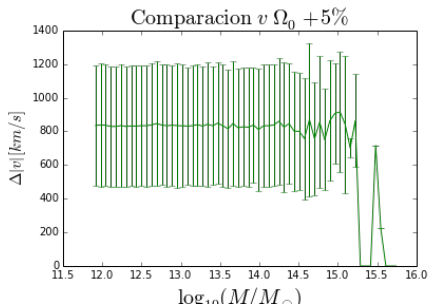
Masa Ref.	$\Delta r$	$\Delta v$	$\Delta M$	$\delta$
-----------	------------	------------	------------	----------

# Comparación de Masa

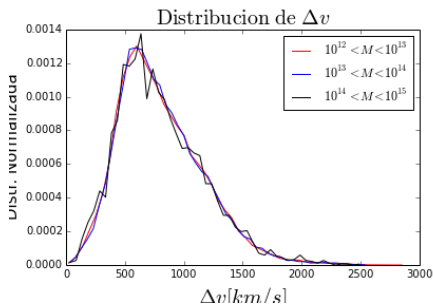
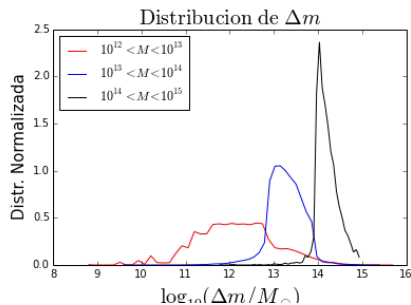




# Comparación de Velocidad



# Distribuciones de cambios de velocidad y masa



# Tabla de contenidos

- 1 Introducción y Justificación
- 2 Objetivos
- 3 Contexto del Proyecto
  - Contexto Teórico
  - Contexto Computacional
- 4 Metodología y Cronograma
- 5 Trabajo Realizado
  - Resultados
- 6 Conclusiones

- Medición de parámetros ( $\Omega$ ) por estimación de masas es inviable
- De los cambios observados en simulaciones sólo cambios en velocidad
- Cambios en velocidad sólo con experimentos de próxima generación (DESI)
- Deben ser capaces de discernir cambios en  $\Delta z \sim 3,6 \times 10^{-3}$

# MUCHAS GRACIAS

# Referencias I



V. Springel. The cosmological simulation code gadget-2. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 364, 2005.



Conservapedia. Dark Matter. [En línea] Disponible en:  
<http://www.conservapedia.com/images/thumb/4/44/DarkMatterNASA1.jpg/350px-DarkMatterNASA1.jpg>



Smithsonian Astrophysical Observatory. The Cosmic Infrared Background. [En línea] Disponible en:  
<http://www.cfa.harvard.edu/sites/www.cfa.harvard.edu/files/images/news//su201231.jpg>



HETDEX - Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment  
<http://hetdex.org/>



A. Loeb. How did the first stars and galaxies form? Princeton University Press, Princeton, NJ, 2010. 3, 4, 7