

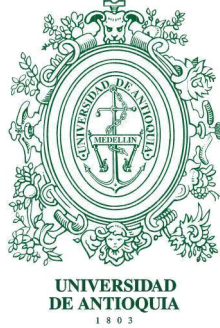
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
INSTITUTO DE FÍSICA

# THE PLACE OF THE MILKY WAY AND ANDROMEDA IN THE COSMIC WEB

**Sebastian Bustamante Jaramillo**  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Instituto de Física

Advisor:  
**Prof. Jaime E. Forero-Romero**





UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
INSTITUTO DE FÍSICA

# THE PLACE OF THE MILKY WAY AND ANDROMEDA IN THE COSMIC WEB

**Sebastian Bustamante Jaramillo**

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Instituto de Física

Advisor:

**Prof. Jaime E. Forero-Romero**

Student

Advisor

Medellín, January 2013



*The place of the Milky Way and Andromeda in the cosmic web*

Author: Sebastian Bustamante

Advisor: Jaime E. Forero-Romero

The next web page contains updated information about this thesis and related topics:

<http://paginaspersonales.deusto.es/Name/>

Text printed in Medellín, Colombia

First Edition, January 2013

---



*To all my family.*





## Abstract

Observaciones de la CMBR y algunos surveys muestran que en  $z=8$  aproximadamente, los modos del campo de densidad de materia comienzan a entrar en régimen no lineal. Una de las características más interesantes de este régimen es el clustering debido al colapso gravitacional de las regiones sobredensas y la formación de estructuras jerárquicas a gran escala, en especial la estructura de red que se manifiesta tanto en simulaciones como en surveys (e.g. The Sloan Digital Sky Survey) y que presenta una alta anisotropía a escalas de Mpc pero tiende a ser isotrópica a escalas de Gpc. Ahora, esta alta anisotropía a escalas de Mpc permite definir un entorno para galaxias y clusters, donde según el esquema usado, se puede cuantificar de diferentes maneras; un esquema común constituye cuatro tipos de entornos: voids, filaments, sheets y knots, basados en la geometría local de la distribución de materia (e.g Hoffman Y. Metuki O. et. al., 2012, MNRAS, 425, 2069, Forero-Romero, J. E. Hoffman Y. et. al., 2009, MNRAS, 396, 1815, Hahn O. Porciani C. et. al., 2007, MNRAS, 409, 355).

Recientes estudios han mostrado que la influencia del entorno en el cual están embebidos los halos de materia oscura tiene importantes implicaciones en las propiedades de formación de las galaxias. Siguiendo esta línea, se estudia la influencia del entorno en sistemas tipo grupo local (LG), definidos en este caso como sistemas de dos halos tipo Vía Láctea – Andrómeda (Andrómeda es la galaxia más cercana y junto con la Vía Láctea forman un sistema aproximadamente aislado.) que satisfacen propiedades de aislamiento, de distancia relativa, entre otras (ver Forero-Romero, J. E. Hoffman Y. et. al., 2009, MNRAS, 396, 1815).

Los sistemas tipo LG son extraídos de catálogos de simulaciones cosmológicas de materia oscura; una de las simulaciones tiene condiciones iniciales completamente aleatorias y es suficientemente grande (250 Mpc/h) para ser usada en la construcción de distribuciones estadísticas necesarias, y tres simulaciones restringidas (Gottloeber et. al., 2010, arXiv:1005.2687) en las cuales las condiciones iniciales son escogidas específicamente para reproducir el universo local a  $z=0$ , que aunque con un volumen menor (64 Mpc/h), poseen sistemas tipo LG muy bien definidos. A partir de la muestra de LG de las simulaciones restringidas se propone un método para determinar una muestra análoga en simulaciones no restringidas partiendo de la forma local de la distribución de materia, después de esto se buscan correlaciones respecto al entorno en el que están embebidos los LG y posibles sesgos producidos en las historias de acreción.

Este estudio sugiere que el entorno más favorable para la formación de sistemas tipo LG son regiones dos dimensionales o sheets, para las cuales la distribución local de materia colapsa en una dirección y se expande en otras dos, mientras que no hay un sesgo aparente en las historias de acreción debido al método de construcción de la muestra LG en la simulación no restringida.

## **Acknowledgements**

Estos son los agradecimientos.

*Sinceramente,*

Sebastian Bustamante

January 2013



# Contents

<b>List of Figures</b>	<b>ix</b>
<b>List of Tables</b>	<b>xi</b>
<b>Acronyms</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2 Theoretical Framework</b>	<b>3</b>
<b>3 N-body Simulations</b>	<b>5</b>
<b>Bibliography</b>	<b>7</b>



# List of Figures





# List of Tables



# Acronyms

**LG** Local Group



*“Equipped with his five senses, man  
explores the universe around him  
and calls the adventure Science”*

Edwin Hubble

CHAPTER

# 1

## Introduction

“What is our place in the cosmos?” This is one of the more simple and transcendental question of the human beings, and powered by our innate curiosity has led to a current relatively understandable picture of our Universe. In fact, the astronomy and specifically the cosmology and large scale structure formation can be only considered as a scientific rigorous disciplines after the seventeenth century.

Almost in every scientific discipline a significant theoretical advance is accompanied of a technical improvement of its own instruments, it is for this reason that at the beginning of the seventeenth century Johannes Kepler could establish his three well-known empirical laws of the planetary movements based on the very precise data of astronomical bodies computed for Tycho Brahe. This event was very remarkable in the astronomy history due to was the first of many strikes against the well established anthropomorphic notion of the cosmos.

Although the Kepler laws constituted the most crucial test to the Nicolaus Copernicus heliocentric model, it was only until 1685 when Isaac Newton formulated the law of universal gravitation (from which can be derived all the Kepler laws) when the astronomers could have a enough powerful tools to begin a depth and serious discussion about the real nature of our universe on scales bigger than the solar system, and thus inaugurating the *sciences of gravity* [? ].

## 1. INTRODUCTION

---

Almost in every scientific discipline a significant theoretical advance is accompanied of a technical improvement of its own instruments, it is for this reason that at the beginning of the seventeenth century Johannes Kepler could establish his three well-known empirical laws of the planetary movements based on the very precise data of astronomical bodies computed for Tycho Brahe. This event was very remarkable in the astronomy history due to was the first of many strikes against the well established anthropomorphic notion of the cosmos.

Although the Kepler laws constituted the most crucial test to the Nicolaus Copernicus heliocentric model, it was only until 1685 when Isaac Newton formulated the law of universal gravitation (from which can be derived all the Kepler laws) when the astronomers could have a enough powerful tools to begin a depth and serious discussion about the real nature of our universe on scales bigger than the solar system, and thus inaugurating the *sciences of gravity* [1].

*Personally, I think it does help, that  
it makes a beneficial difference, but  
the scientific literature on the sub-  
ject is very messy.*

Jeanne Petrek

CHAPTER

# 2

## Theoretical Framework

Theoretical Framework





*Historical methodology, as I see it,  
is a product of common sense ap-  
plied to circumstances.*

Samuel E. Morison

CHAPTER

3

# **N-body Simulations**

Simulaciones N cuerpos



# Bibliography

- [1] M. S. Longair. *Galaxy Formation*. Springer, New York, second edition, 2008.

2

## **Declaration**

I herewith declare that I have produced this work without the prohibited assistance of third parties and without making use of aids other than those specified; notions taken over directly or indirectly from other sources have been identified as such. This work has not previously been presented in identical or similar form to any examination board.

The dissertation work was conducted from 20XX to 2013 under the supervision of Name Surname and Name Surname at the University of Deusto.

Bilbao,

This dissertation was finished writing in Medellín, Colombia on Saturday 19  
January, 2013

*This page is intentionally left blank*