

# A Large Scale Structure Void Identifier for Galaxy Surveys Based on the $\beta$ -Skeleton Graph Method

FELIPE LEONARDO GÓMEZ-CORTÉS<sup>1</sup>

MASTER STUDENT

CODE 201324084

—

JAIME E. FORERO-ROMERO<sup>1</sup>

ADVISOR

<sup>1</sup>*Physics Department, Universidad de Los Andes*

## ABSTRACT

We are living the golden age of observational cosmology. There is a consolidated standard cosmological model ( $\Lambda$ CDM) that explains the observed Large Scale Structure (LSS) of galaxies by introducing dark matter and dark energy as the dominant Universe components along with baryonic matter. Furthermore, we are able to do precise observational measurements of the cosmological parameters in that model. Most of this success is due to computational cosmology that is now an established tool to probe theoretical models and compare them with observations. The main features of the LSS can be reproduced in large cosmological N-body simulations.

One of the most striking features in the LSS are voids; irregular volumes on the order of tens of Mpc scales, where the matter density is below the Universe average density. Statistics about voids such as its volume, shape and orientation also encode cosmological information. For this reason there is a great interest in algorithms that find and characterize voids both in simulations and observations.

The objective of this work is to develop a new void finder based on the  $\beta$ -Skeleton method. The  $\beta$ -Skeleton has been widely used on image processing, recognition and machine learning applications, it has been introduced recently in LSS analysis. It is a fast tool identifying LSS filamentary structure, and promises to be a robust tool to make cosmological tests. After developing the void finder we will characterize the  $\beta$ -skeleton voids in simulations and observations. We will also make prediction for the upcoming Dark Energy Spectroscopic Instrument about the void population that could be detected with that experiment.

Keywords: Large Scale Structure, cosmology, voids, computational astrophysics

## RESUMEN

Estamos viviendo en la era dorada de la cosmología observacional. Existe un modelo estándar cosmológico ( $\Lambda$ -CDM) consolidado que explica las observaciones de la Estructura de Gran Escala (LSS) de galaxias mediante la introducción de materia oscura y energía oscura como las componentes dominantes del Universo junto con la materia bariónica. Más aún, somos capaces de realizar mediciones precisas de los parámetros cosmológicos de este modelo a partir de observaciones. Gran parte de estos alcances es debido a la cosmología computacional que es ahora una herramienta fuertemente establecida para probar modelos teóricos y compararlos con las observaciones. Las características principales de la LSS pueden ser reproducidas en grandes simulaciones cosmológicas de N-cuerpos.

Una de las características más prominentes en la LSS son los vacíos: volúmenes irregulares de escalas del orden de decenas de Mpc, donde la densidad de materia está por debajo de la densidad media en el Universo. El análisis estadístico de propiedades de los vacíos, como su volumen, forma y orientación también nos puede dar información cosmológica. Por esta razón existe un gran interés en algoritmos que encuentren y caractericen vacíos tanto en simulaciones como en observaciones.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un nuevo buscador de vacíos basado en el método  $\beta$ -Skeleton. El método  $\beta$ -Skeleton ha sido ampliamente utilizado en reconocimiento, procesamiento de imágenes y aplicaciones de *machine learning*, recientemente ha sido introducido en el análisis de LSS. Esta es una herramienta rápida para identificar estructuras filamentarias en la LSS, y promete ser una

herramienta robusta para realizar análisis cosmológicos. Luego de desarrollar el buscador de vacíos caracterizaremos los vacíos del  $\beta$ -Skeleton en simulaciones y observaciones. También realizaremos predicciones para el experimento en desarrollo Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) acerca de la población que podrá detectar.

Palabras clave: estructura de gran escala, cosmología, vacíos, astrofísica computacional.

## REFERENCES

- |   |  |
|---|--|
| van de Weygaert, Rien 2014, Proceedings of the<br>IAU, 308, 493 | Fang, F.; Forero-Romero, J.; Rossi, G.; Li, X. &<br>Feng, L 2018, arXiv, 1809.00438 astro-ph |
|   | Alcock, C. & Paczyński, B. 1979, Nature, 281, 358  |
|   | Leclercq, F.; Jasche, J. et al. 2015, JCAP, 03, 047  |