

Proyecto de investigación:

“A Large Scale Structure Void Identifier for Galaxy Surveys Based on the β -Skeleton Graph
Method”

en el marco de la convocatoria

2019-20 - PARA LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS EN EVENTOS ACADÉMICOS CATEGORÍA:
ESTUDIANTES DE MAESTRÍA Y DOCTORADO ANTES DE EXAMEN DE CANDIDATURA

FELIPE LEONARDO GÓMEZ-CORTÉS¹

ESTUDIANTE DE MAESTRÍA EN CIENCIAS-FÍSICA

CÓDIGO 201324084

¹*Departamento de Física, Universidad de los Andes*

1. INVESTIGADORES

Felipe Leonardo Gómez Cortés	Estudiante Maestría en Ciencias- Universidad de los Andes Física, Un (1) semestre faltante para el grado
Jaime Ernesto Forero Romero	Director de Tesis, Profesor Asociado, Universidad de los Andes Departamento de Física
Xiao-Dong Li	Colaborador Sun Yat Sen University, China

2. PROPUESTA

2.1. *Título*

A Large Scale Structure Void Identifier for Galaxy Surveys Based on the β -Skeleton Graph Method

2.2. *Resumen*

Large underdense regions in the Large Scale Structure (LSS) of the Universe, also known as voids, are a prominent features of the cosmic web that can also be used as a cosmological probe. This project presents a new void-finding algorithm that can be applied to both observational and simulated data. The algorithm is based on the β -Skeleton, an algorithm widely used on machine learning, optimization and image recognition; recently it has been introduced as a LSS analysis tool. The analysis we have performed, on observational and simulated data, considers voids as ellipsoids. We study their statistical properties such as volumes and shape finding a good agreement with other void finders. We finalize by exploring possible applications of this void finder to constrain cosmological parameters based on data from the Dark Energy Spectroscopic Instrument.

2.3. *Introducción*

Estamos viviendo en la era dorada de la cosmología observacional. Existe un modelo estándar cosmológico (Λ -CDM) consolidado que explica las observaciones de la Estructura de Gran Escala (EGE) de galaxias mediante la introducción de materia oscura y energía oscura como las componentes dominantes del Universo.

Las observaciones del fondo de radiación cósmica de microondas ([Hinshaw et al. 2013](#)) y de la distribución de galaxias a gran escala ([SDSS Collaboration 2017](#)) apuntan a que esta evolución puede ser descrita por un puñado de parámetros cosmológicos, donde los más importantes son la densidad de materia y la densidad de energía oscura.

Esto no sólo se logra con mediciones más precisas sino con métodos independientes para acotar los parámetros cosmológicos. Aunque un método independiente pueda tener una incertidumbre grande, considerar las cotas impuestas por varios métodos simultáneamente reduce la incertidumbre sobre los parámetros cosmológicos.

Una de las características más prominentes en la EGE 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 cosmológicos tanto en simulaciones como en observaciones.

El método β -Skeleton ha sido ampliamente utilizado en procesamiento de imágenes y aplicaciones de *machine learning*, recientemente ha sido introducido en el análisis de EGE. Esta es una herramienta rápida para identificar estructuras filamentarias en la EGE, y promete ser una herramienta robusta para realizar análisis cosmológicos.

En este proyecto se desarrolla un buscador de vacíos cosmológicos basado en el β -Skeleton para calcular restricciones sobre los parámetros cosmológicos en el modelo Λ -CDM

2.4. *Objetivos*

- Desarrollar un nuevo identificador de vacíos cosmológicos basado en el método β -Skeleton que opere tanto sobre catálogos de galaxias observadas como en catálogos provenientes de simulaciones cosmológicas.
- Buscar vacíos sobre catálogos de galaxias del SDSS y catálogos de la simulación Abacus
- Comparar estadísticamente morfología y abundancia de los vacíos encontrados con nuestro buscador contra resultados de la literatura
- Acotar los parámetros cosmológicos asociado a la densidad de materia y de energía oscura a partir del catálogo de vacíos de la red cósmica
- Realizar predicciones para la población de vacíos cosmológicos en el proyecto DESI basado en el análisis de simulaciones de gran tamaño con nuestro buscador de vacíos.

2.5. *Resultados Esperados*

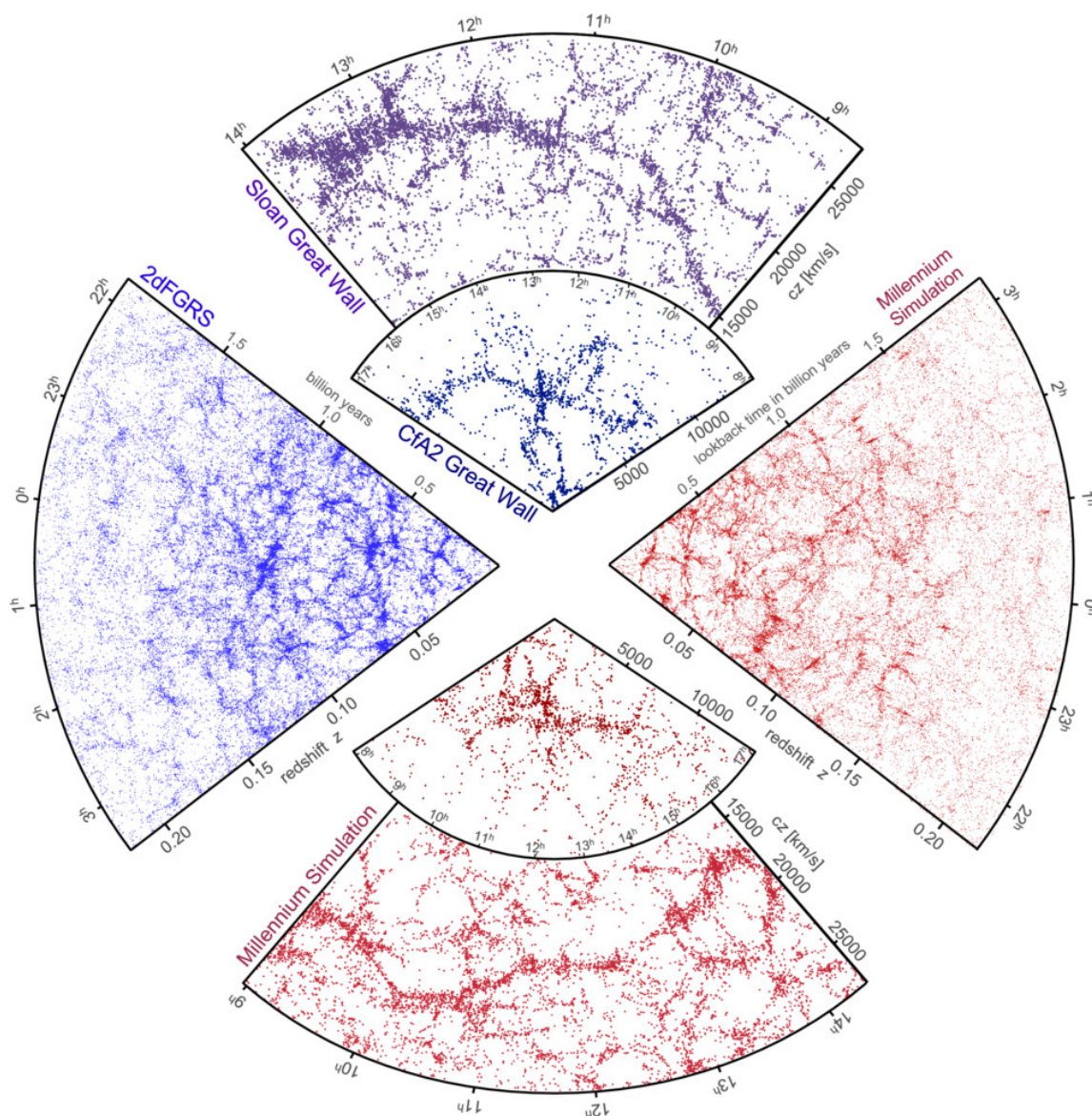


Figura 1. Estructura de Gran Escala: Distribución espacial de galaxias observada en mapeos como el SDSS y el 2dFGRS (en azul) comparadas con resultados de la simulación Millenium (rojo). Instituto de Astrofísica Max Planck. Cada punto representa una galaxia. La Vía Láctea se encuentra en el centro de los mapas, que cubren diferentes regiones del cielo en escalas distintas. En el segmento de la izquierda muestra la estructura a gran escala compuesta por filamentos donde se agrupan las galaxias y grandes vacíos donde es baja la densidad de galaxias, del catálogo 2dFGRS. Hacia la periferia distante solo se pueden ver las galaxias más brillantes, por eso la baja densidad hacia el borde. A la derecha vemos en un segmento de la simulación Millenium, En los segmentos superiores vemos estructuras de varias decenas de Mpc encontradas en dos catálogos (SDSS y 2dFGRS). En los dos segmentos inferiores, vemos estructuras con tamaños similares generadas por la misma simulación Millenium.

Ya se ha desarrollado el código de un buscador de vacíos de la red cósmica basado en el método β -Skeleton. Se tienen resultados preliminares del análisis morfológico sobre una fracción del catálogo de galaxias del SDSS.

Esperamos realizar pruebas cosmológicas tipo Alcock-Paczynski [Alcock-Paczynski \(1979\)](#) para acotar el parámetro cosmológico de Energía Oscura y pruebas morfológicas de elipticidad y relación entre semi-ejes, ([Bos et al. 2012](#); [Lavaux & Wandelt 2009](#); [Park & Lee 2007](#)), sobre los halos encontrados en catálogos de galaxias de simulaciones y observaciones, y finalmente estimar la población de vacíos que encontrará el proyecto DESI.

2.6. *Productos Esperados*

Este trabajo será presentado como ponencia en el evento académico *LARIM 2019: XVI Latin American Regional IAU Meeting* organizado por la Unión Astronómica Internacional, Noviembre 3-8 de 2019, Antofagasta, Chile.

2.7. *Literatura Citada*

2.8. *Cronograma de Actividades*

Actividad/Mes	Feb-May	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
1	Hecho	En Curso					
2							
3			X				
4			X				
5			X	X			
6				X	X		
7					X	X	
8							X
9							X
10			X	X	X	X	X

1. Desarrollo del Código del Identificador de Vacíos de la Cosmológica
2. Calibración de los parámetros del código.
3. Obtención de catálogos de vacíos de la red a partir de simulaciones.
4. Obtención de catálogos de vacíos de la red a partir de observaciones.
5. Comparación por análisis estadístico entre simulaciones y observaciones.
6. Restricción de la constante cosmológica a partir de catálogo de vacíos de la red en observaciones.
7. Estimación de resultados para el experimento DESI.
8. Presentación de la Ponencia en LARIM 2019
9. Sustentación de Tesis
10. Elaboración del manuscrito del Artículo

2.9. Presupuesto

De acuerdo a las condiciones de la convocatoria, se destinará la financiación para participar con una ponencia en el evento académico LARIM 2019, Chile, del 3 al 8 de noviembre de 2019. Se solicita un presupuesto de \$3'366.000 COP Los gastos estimados se muestran a continuación.

Rubro	Valor
Inscripción a LARIM 2019 (100 EUR)	\$366.000 COP
Tiquetes BOG-ANF	\$2'000.000 COP
Alojamiento (7 días)	\$300.000 COP
Alimentación y Transporte interno	\$700.000 COP
TOTAL	\$3'366.000 COP

3. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este proyecto no incluye sujetos de investigación humanos.

4. USO DE ANIMALES Y COLECTAS

Este proyecto no incluye como sujetos de investigación seres vivos.

REFERENCES

- Alcock, C. & Paczyński, B. 1979, *Nature*, 281, 358
- Colbert, J. M. et al. 2008, *MNRAS*, 387, 933.
- Bos, P. et al. 2012, *MNRAS*, 426, 440
- Bustamante, S & Forero-Romero, J. E. 2015, *MNRAS*, 453, 497-506
- Correa, Carlos & Lindstrom, Peter. 2011, *IEEE TVCG* 17,12 (Dec 2011), 1852-1861
- El-Ad, H. & Piran, T. 1997, *ApJ*, 491, 2, 421
- Fang, F.; Forero-Romero, J.; Rossi, G.; Li, X. & Feng, L 2018, arXiv, 1809.00438 astro-ph
- Hamaus, N.; Sutter, P.M.; Lavaux, G. & Wandelt, B. D. 2015, *JCAP*, 11, 036
- Lavaux, G. & Wandelt, B. D. 2009, *MNRAS*, 403, 1392
- Leclercq, F.; Jasche, J. et al. 2015, *JCAP*, 03, 047
- Park, D. & Lee, J. 2007, *PhRvL*98, 1301
- Press, W. H. & Schechter, P. 1974, *ApJ*, 187, 425-438
- Riebe, K. et al 2013, *Astronomical Notes*, 334, 691
- Schneider, P. 2014, “Extragalactic Astronomy and Cosmology”, Springer
- Smith, A. et al. 2017, *MNRAS*, 470, 4646
- Smith, A. et al. 2018, arXiv, 1809.07355 astro-ph
- Springel, V. et al. 2005, *Nature*, 435, 639
- Sutter, P. M.; Lavaux G.; Hamaus, N; et al. 2015, *A&C*, 9, 1-9
- van de Weygaert, Rien 2014, *Proceedings of the IAU*, 308, 493
- SDSS Collaboration 2017, arxiv, 1707.09322 astro-ph
- Hinshaw, G. et al. 2013, *ApJS*, 208, 20.