

# SEMINARIO DE TOPOLOGÍA

## APLICACIONES DE ANÁLISIS TOPOLÓGICO DE DATOS

### Resumen

El objetivo de este curso es que el estudiante aprenda los conceptos básicos del análisis topológico de datos con el fin de explorar aplicaciones en varias áreas y los paquetes disponibles tanto en Python como en R. Se pretende aplicar estas técnicas a un conjunto de datos reales. Es necesario llevar computadora para las sesiones prácticas.

Topología, Homología Persistente, Complejos Simpliciales, Códigos de Barras, Números de Betti

1. Complejos [5, 10].
  - a) Complejos simpliciales.
  - b) Complejos de Rips y Čech.
  - c) Complejos de Delaunay, Witness y otros.
  - d) Complejos cúbicos.
2. Homología [5, 10]
  - a) Cadenas, ciclos y fronteras.
  - b) Homología inducida.
  - c) Homología reducida.
  - d) Homología singular.
  - e) Característica de Euler.
3. Homología persistente [5, 10, 11].
  - a) Filtraciones.
  - b) Persistencia.
  - c) Homología persistente.
  - d) Códigos de barras.
  - e) Números de Betti.
4. Teoría de Morse y gráficas de Reeb [5, 10].
5. Aprendizaje de Variedades [12].
6. Aplicaciones: Se explorarán diversas aplicaciones a diferentes áreas y los siguientes softwares. [12, 3, 8, 4, 13, 16, 7]
  - a) GUDHI: Geometry Understanding in Higher Dimensions, [9, 1].
  - b) TDA: Statistical Tools for Topological Data Analysis, [6].
  - c) Giotto-TDA, [15, 14].
  - d) Ripser, [2].

## Referencias

- [1] Gudhi: Geometry understanding in higher dimensions.
- [2] Ulrich Bauer. Ripser: efficient computation of Vietoris-Rips persistence barcodes. *J. Appl. Comput. Topol.*, 5(3):391–423, 2021.
- [3] Paul Bendich, James S Marron, Ezra Miller, Alex Pieloch, and Sean Skwerer. Persistent homology analysis of brain artery trees. *The annals of applied statistics*, 10(1):198, 2016.
- [4] Yuri Dabaghian, Facundo Mémoli, Loren Frank, and Gunnar Carlsson. A topological paradigm for hippocampal spatial map formation using persistent homology. 2012.
- [5] Tamal Krishna Dey and Yusu Wang. *Computational topology for data analysis*. Cambridge University Press, 2022.
- [6] Brittany Terese Fasy, Jisu Kim, Fabrizio Lecci, and Clément Maria. Introduction to the r package tda. *arXiv preprint arXiv:1411.1830*, 2014.
- [7] Chad Giusti, Eva Pastalkova, Carina Curto, and Vladimir Itskov. Clique topology reveals intrinsic geometric structure in neural correlations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(44):13455–13460, 2015.
- [8] Pek Y Lum, John Carlsson, Gunnar Carlsson, et al. Extracting insights from the shape of complex data using topology. *Scientific reports*, 3(1):1–8, 2013.
- [9] Clément Maria, Jean-Daniel Boissonnat, Marc Glisse, and Mariette Yvinec. The gudhi library: Simplicial complexes and persistent homology. In *Mathematical Software–ICMS 2014: 4th International Congress, Seoul, South Korea, August 5-9, 2014. Proceedings 4*, pages 167–174. Springer, 2014.
- [10] Vidit Nanda. *Computational algebraic topology*.
- [11] Nina Otter, Mason A Porter, et al. A roadmap for the computation of persistent homology. *EPJ Data Science*, 6:1–38, 2017.
- [12] Raúl Rabadán and Andrew J Blumberg. *Topological data analysis for genomics and evolution: topology in biology*. Cambridge University Press, 2019.
- [13] Gurjeet Singh, Facundo Mémoli, Gunnar E Carlsson, et al. Topological methods for the analysis of high dimensional data sets and 3d object recognition. *PBG@ Eurographics*, 2:091–100, 2007.
- [14] G. Tauzin, U. Lupo, L. Tunstall, et al. giotto-tda: A topological data analysis toolkit for machine learning and data exploration.
- [15] Guillaume Tauzin, Umberto Lupo, Lewis Tunstall, Julian Burella Pérez, Matteo Caorsi, Anibal M. Medina-Mardones, Alberto Dassatti, and Kathryn Hess. giotto-tda: A topological data analysis toolkit for machine learning and data exploration. *Journal of Machine Learning Research*, 22(39):1–6, 2021.
- [16] Xin Xu, Jessi Cisewski-Kehe, Sheridan Beckwith Green, and Daisuke Nagai. Finding cosmic voids and filament loops using topological data analysis. *Astronomy and Computing*, 27:34–52, 2019.

Adriana Haydeé Contreras Peruyero  
haydeeperuyero@matmor.unam.mx

Shaday Guerrero Flores  
shaday@matmor.unam.mx