

Apología de la vaca esférica: modelos sencillos para sistemas complejos

Mario Castro^{1,2}

¹Instituto de Investigación Tecnológica (IIT), Universidad Pontificia Comillas, Madrid, Spain

²Grupo Interdisciplinar de Sistemas Complejos (GISC).

El éxito de la Ciencia de la Complejidad se debe, fundamentalmente, a su capacidad de explicar comportamientos emergentes y universales a partir de modelos relativamente sencillos. Por contra, en áreas afines como la Biología matemática o la Ecología, existe una tendencia creciente hacia la formulación de modelos detallados que tratan de capturar matemática decenas de mecanismos microscópicos y que dan lugar a una multitud de parámetros libres. Muchos de estos parámetros no se pueden medir experimentalmente y, en el mejor de los casos, los valores estimados divergen en un uno o dos órdenes de magnitud.

En esta charla trataré de argumentar que el concepto de *vaca esférica* (es decir un modelo simple, pero no demasiado) no es solo una manera conveniente de atacar problemas complejos sino que, en muchos casos, es la única manera honesta pero a la vez constructiva de avanzar en esas disciplinas afines.

Avances recientes en conceptos metodológicos como la *identificabilidad* [2] o los llamados modelos *sloppy* [1] permiten construir, de una manera sistemática y basada en datos, modelos sencillos que capturan los ingredientes esenciales de modelos más sofisticados pero imposibles de falsificar experimentalmente.

Utilizando ejemplos tomados de la Inmunología de sis-

temas [3], la Epidemiología [4] o la Ecología, mostraré algunos problemas comunes en su modelado y varias posibles soluciones complementarias: la construcción de modelos *top-down*, la reducción sistemática de modelos, y el modelado de nuestra ignorancia mediante el uso de distribuciones de probabilidad.

En definitiva, mi intención es resolver la tensión entre la complejidad que imponen las ciencias afines y la sorprendente eficacia de los modelos sencillos.

-
- [1] Transtrum, Mark K., et al. "Perspective: Sloppiness and emergent theories in physics, biology, and beyond." *The Journal of chemical physics* **143** (1) (2015).
 - [2] Castro, Mario, and Rob J. de Boer. "Testing structural identifiability by a simple scaling method." *PLOS Computational Biology* **16** (11), e1008248 (2020).
 - [3] Castro, Mario, et al. "Fusion and fission events regulate endosome maturation and viral escape." *Scientific Reports* **11** (1), 7845 (2021).
 - [4] Castro, Mario, et al. "The turning point and end of an expanding epidemic cannot be precisely forecast." *Proceedings of the National Academy of Sciences* **117** (42), 26190-26196 (2020).