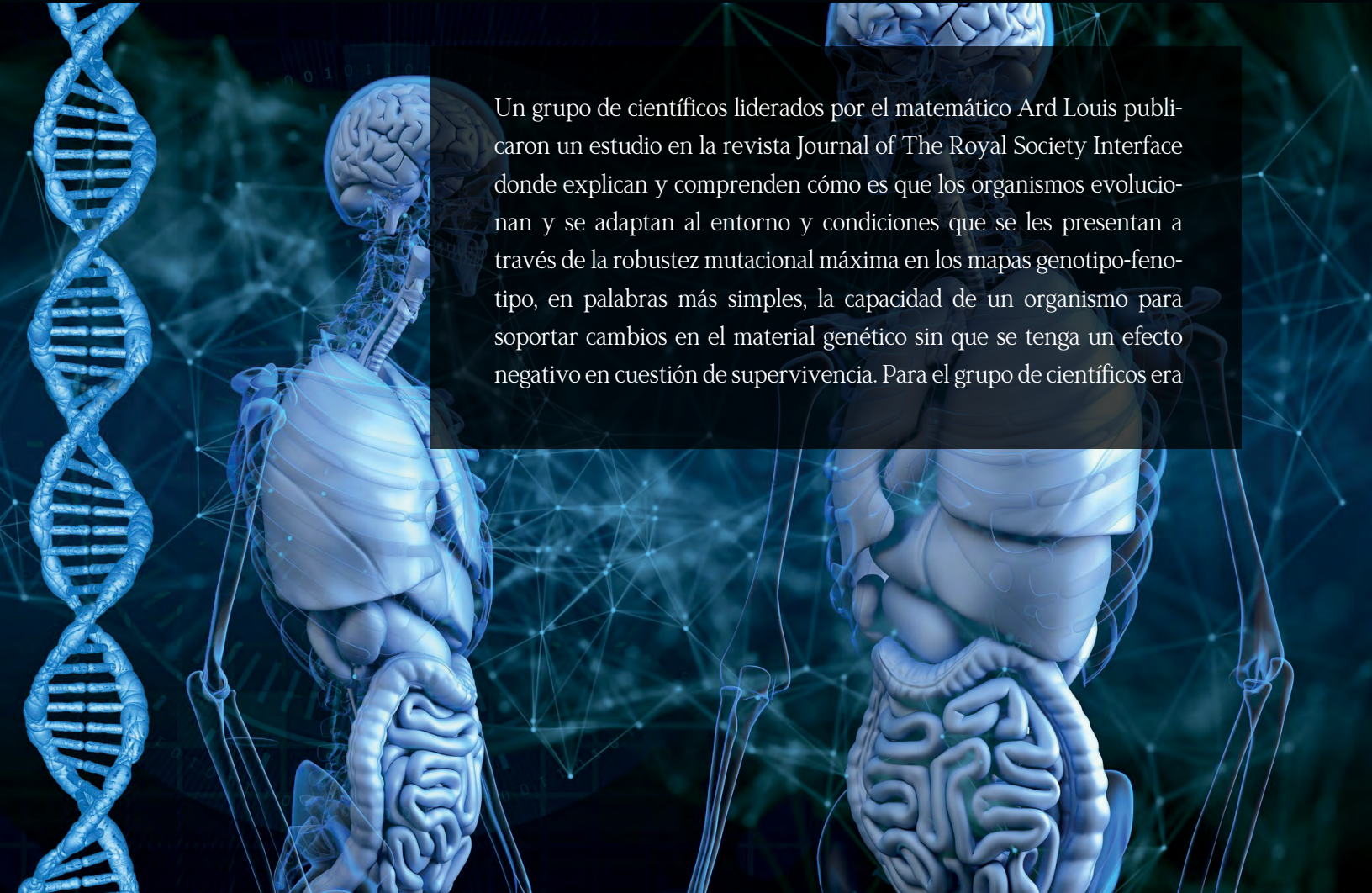


# El papel de las matemáticas en la revelación de la robustez mutacional en la evolución de los organismos

**Por Eylin Danae Flores Osorio**  
Estudiante de Ingeniería Biomédica,  
Instituto de Ingeniería y Tecnología, UACJ



Un grupo de científicos liderados por el matemático Ard Louis publicaron un estudio en la revista *Journal of The Royal Society Interface* donde explican y comprenden cómo es que los organismos evolucionan y se adaptan al entorno y condiciones que se les presentan a través de la robustez mutacional máxima en los mapas genotipo-fenotipo, en palabras más simples, la capacidad de un organismo para soportar cambios en el material genético sin que se tenga un efecto negativo en cuestión de supervivencia. Para el grupo de científicos era

que los sistemas biológicos tienen una gran robustez fenotípica, es decir, el fenotipo, que establece los rasgos físicos y de comportamiento de un organismo, tiene la capacidad de adaptarse y mantener su funcionalidad en diferentes condiciones o entornos, sin embargo, lo desconocido era si existía una robustez máxima o si había un límite.

Los mapas genotipo-fenotipo son una representación de como los genes de un organismo están relacionados con los rasgos de este, ya sean físicos o de comportamiento. Los mapas fueron de gran ayuda para poder entender cómo es que con el tiempo las mutaciones genéticas provocan un distanciamiento lento de un ancestro en común, dando paso a la evolución.

La robustez mutacional es la capacidad que tiene un organismo para ser capaz de resistir mutaciones en su ADN, sin embargo, el interés del estudio es mostrar la robustez mutacional máxima, es decir, la cantidad de mutaciones que un organismo puede soportar sin que su fenotipo tenga un efecto negativo.

Uno de los descubrimientos de los autores fue que la robustez máxima se puede predecir por medio de la frecuencia de los componentes neutrales en el mapa genotipo-fenotipo. Los componentes neutrales son los cambios que se presentan en los fenotipos del organismo y no lo afectan, pero pueden ser de importancia para la evolución de los rasgos, por lo que, durante el estudio, los autores se apoyaron de las matemáticas para hacer una simulación de la evolución de los organismos. Particularmente utilizaron la teoría de grafos para poder representar a los mapas genotipo-fenotipo y así poder analizar su estructura. Además, utilizaron el método de Trollope-Delange para calcular la máxima robustez mutacional en el mapa genotipo-fenotipo y encontraron que estos cambios seguían un patrón fractal repetitivo, conocido como curva de Blancmange, y este es proporcional a un concepto

básico matemático sobre la teoría de los números, llamado fracción de suma de dígitos.

Es importante mencionar que los componentes neutrales fueron de gran relevancia en los modelos matemáticos, ya que la frecuencia de los componentes neutrales determinó la forma de la curva de Blancmange de acuerdo con la máxima robustez mutacional. Además, descubrieron que los componentes neutrales a menudo son modulares, estos consisten en grupos de vértices altamente conectados que se unen a otros grupos por un conjunto más pequeño de vértices de enlace, es decir, la estructura modular de los componentes neutrales puede hacerlos más o menos robustos a las mutaciones, dependiendo de cómo estén conectados los grupos de vértices.

El hallazgo del grupo de científicos tiene una gran importancia para la comprensión de la evolución en los rasgos de los organismos, lo cual podría ayudarnos a comprender como los seres vivos cambian de acuerdo con las circunstancias en que se encuentran y cómo es que se adaptan a nuevos entornos y ambientes. Además, se puede aplicar en áreas de la ingeniería genética y de la biotecnología para el diseño de organismos más resistentes a mutaciones.

---

### Referencias Bibliográficas:

- [1] V. Mohanty et al., "Maximum mutational robustness in genotype-phenotype maps follows a self-similar blancmange-like curve," *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 20, no. 204, Jun. 2023, doi: 10.1098/rsif.2023.0169.