Título del Trabajo

Nombre1 Apellido1[1,*], Nombre2 Apellido2[2], Nombre3 Apellido3[1]

[1]**Institución1, Dirección, Ciudad, País**
[2]**Institución1, Dirección, Ciudad, País**
[*]**Autor correspondiente: mail@servidor.com**

1. Introducción

El estudio de poblaciones estructuradas por edades es fundamental en ecología y biología de la conservación, ya que la supervivencia y la reproducción varían significativamente a lo largo del ciclo de vida de los individuos. En particular, dividir la población en tres etapas —juvenil, adulta y senescente— permite capturar dinámicas relevantes como la mortalidad diferencial, la edad de primera reproducción y el declive reproductivo en edades avanzadas. A pesar de la extensa literatura en modelos matriciales de Leslie y Usher, pocos estudios han analizado explícitamente el efecto de cambios ambientales abruptos (por ejemplo, climáticos o antrópicos) sobre la estabilidad y persistencia de poblaciones con tres edades. Hasta el conocimiento de los autores, no existe un modelo en tiempo discreto que incorpore tasas de transición edad-dependientes junto con umbrales de capacidad de carga y competencia intraespecífica modulada por la densidad total. El presente trabajo busca llenar este vacío mediante un modelo matemático dinámico que permita evaluar condiciones de extinción, coexistencia de cohortes y resiliencia poblacional.

2. Objetivos del trabajo

- Desarrollar un modelo matemático en tiempo discreto para una población estructurada en tres edades (juvenil, adulta, senescente), considerando tasas de supervivencia y fecundidad diferenciales.
- Identificar umbrales de persistencia poblacional en función de los parámetros demográficos y la capacidad de carga del ambiente.
- Determinar cómo cambios en la supervivencia juvenil o senescente afectan la estructura etaria estable y el riesgo de extinción.
- Explorar mediante simulaciones numéricas escenarios de crecimiento, estabilidad y colapso poblacional bajo distintos regímenes de estrés ambiental.

3. Agradecimiento y fuente de financiamiento

Los autores agradecen el apoyo del Programa de Fomento a la Investigación en Ciencia y Tecnología de Chile (FONDECYT) que financió esta investigación y al Centro de Modelamiento y Aplicaciones de la Matemáticao por el acceso a sus recursos computacionales.

4. Enunciado de resultados principales

A continuación se enumeran los principales resultados obtenidos del análisis matemático del modelo, el cual está dado por el siguiente sistema de ecuaciones en diferencias para las tres clases etarias: juveniles (J), adultos (A) y senescentes (S):

$$\begin{aligned} J(n+1) &= f_A A(n) + f_S S(n) \\ A(n+1) &= \sigma_J J(n) \cdot \text{mín}\left(1, \frac{K}{N(n)}\right) \\ S(n+1) &= \sigma_A A(n) \cdot \text{mín}\left(1, \frac{K}{N(n)}\right) + \sigma_S S(n) \cdot \text{mín}\left(1, \frac{K}{N(n)}\right) \end{aligned}$$

donde $N(n) = J(n) + A(n) + S(n)$ es la población total, f_A y f_S son las tasas de fecundidad de adultos y senescentes respectivamente, $\sigma_J, \sigma_A, \sigma_S$ son las tasas de supervivencia anual de cada clase etaria, y K es la capacidad de carga del ambiente.

Resultado 1 (Condición necesaria para la persistencia). La matriz de Leslie asociada al modelo lineal (sin capacidad de carga) está dada por:

$$\mathbf{L} = \begin{pmatrix} 0 & f_A & f_S \\ \sigma_J & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_A & \sigma_S \end{pmatrix}$$

Sea $\rho(\mathbf{L})$ su radio espectral. La condición necesaria para la persistencia en el modelo no lineal es $\rho(\mathbf{L}) > 1$.

Resultado 2 (Estructura etaria estable). Si $\rho(\mathbf{L}) > 1$ y la población total es mucho menor que K ($N(n) \ll K$), entonces la proporción de cada clase etaria converge a un vector propio asociado a $\rho(\mathbf{L})$, independientemente de las condiciones iniciales.

Resultado 3 (Efecto de la capacidad de carga). Si $\rho(\mathbf{L}) > 1$ y las tasas de fecundidad y supervivencia son constantes, entonces la población total $N(n)$ converge monótonamente al equilibrio $N^* = K$.

Resultado 4 (Extinción por baja supervivencia juvenil). Existe un umbral crítico $\sigma_J^{\text{crit}} = \frac{1-\sigma_S}{f_A\sigma_A + f_S\sigma_A}$ (cuando $\sigma_S < 1$) tal que si $\sigma_J < \sigma_J^{\text{crit}}$ entonces $\rho(\mathbf{L}) < 1$ y la población se extingue independientemente de los valores de f_A, σ_A, σ_S.

Resultado 5 (Extinción por senescencia reproductiva severa). Si f_S es suficientemente baja y σ_S es alta (individuos senescentes longevos pero infértiles), la población puede entrar en un régimen de "carga demográfica" que reduce la tasa de crecimiento. Existe un valor crítico f_S^{crit} tal que si $f_S < f_S^{\text{crit}}$ entonces $\rho(\mathbf{L}) < 1$ y la población se extingue.

Referencias

Murray, J. D. (2002). *Mathematical biology I: An introduction* (3ra ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/b98868

Caswell, H. (2001). *Matrix population models: Construction, analysis, and interpretation* (2da ed.). Sinauer Associates.

Edelstein-Keshet, L. (2005). *Mathematical models in biology*. SIAM. https://doi.org/10.1137/1.9780898719147

Keyfitz, N. & Caswell, H. (2005). *Applied mathematical demography* (3ra ed.). Springer.

Crouse, D. T., Crowder, L. B. & Caswell, H. (1987). *A stage-based population model for loggerhead sea turtles and implications for conservation*. Ecology, 68(5), 1412–1423.