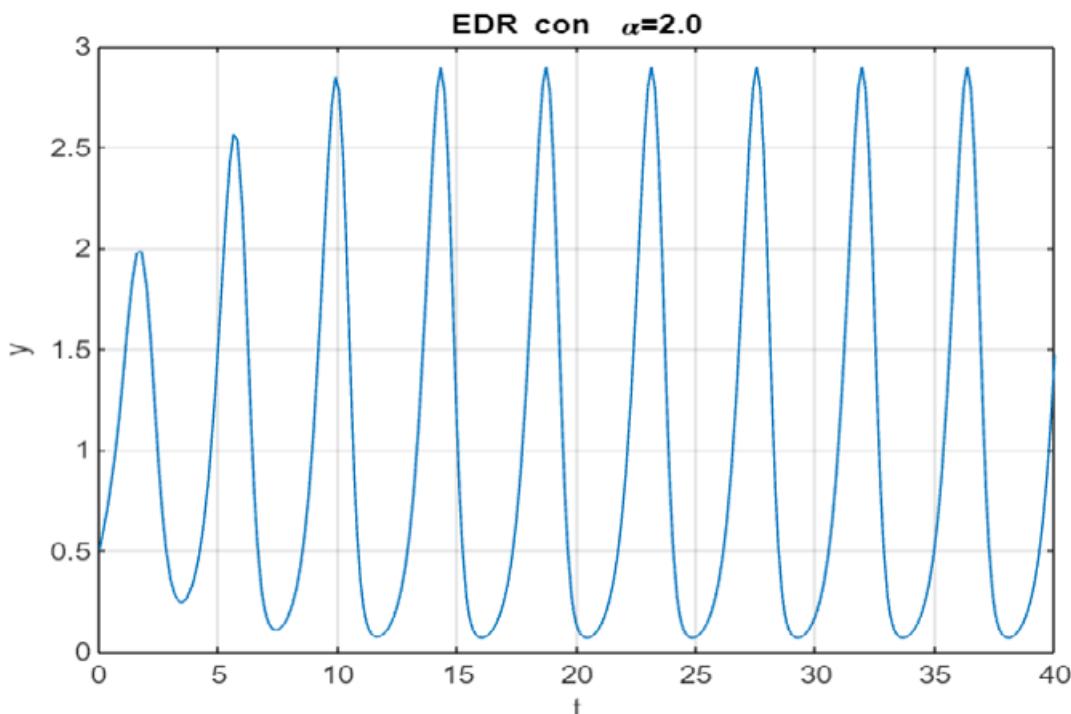


# APROXIMACIONES NUMÉRICAS DE LA SOLUCIÓN DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL CON RETARDO PARA ANÁLISIS POBLACIONALES.

Figura 1: Oscilación de una solución con valores de  $\alpha = 2$ .

Las Ecuaciones diferenciales con retardo casi siempre presentan un tipo de gráficas oscilatorias (las gráficas de oscilaciones se suelen representar con un gráfico de líneas o un gráfico de puntos, donde el eje horizontal (x) representa el tiempo y el eje vertical (y) representa la posición), esto quiere decir que existen ciertos puntos críticos que afectan al crecimiento o decrecimiento.

La investigación en Matemáticas sigue adelante, esta vez se han aumentando tiempos de retardo en ecuaciones diferenciales que antes solo dependían del tiempo  $t$ .

A lo largo del tiempo las ecuaciones diferenciales ya sean ordinarias o parciales nos han servido para la construcción de varios modelos matemáticos usados en ciencias y tecnología, que básicamente describen la tasa de cambio o la relación entre una variable junto con su tasa de cambio, este tipo de ecuaciones mo-

dela gran cantidad de fenómenos de la vida real como:

- Circuitos eléctricos y flujo de corriente
- Vibraciones mecánicas
- Crecimiento de tumores y enfermedades infecciosas
- Comportamiento de mercados financieros
- Crecimiento bacteriano
- Sistemas de control
- Procesos químicos

Sin embargo, debemos tomar en cuenta que todas estas aproximaciones son de tipo lineal, por

lo que es necesario plantear una evolución sobre el sistema, lo que nos dará como resultado un sistema en el que se emplean ecuaciones diferenciales con retardo

Es novedoso el estudio de las ecuaciones diferenciales con retardo, dado que son una nueva forma de interpretar las soluciones, esta vez tomando en cuenta tiempos anteriores, que en la solución analítica o numérica antes no se tomaban en cuenta.

En este trabajo se ha implementado el valor de retardo para valores que han de considerar los diferentes factores que pue-



den afectar al crecimiento poblacional en tiempos actuales. Este modelo puede ser aplicado para tipos de poblaciones diferentes, esto quiere decir que no solamente puede ser relacionado con la población humana, sino que también de otro tipo.

Las ecuaciones diferenciales con retardo casi siempre presentan un tipo de gráficas oscilato-

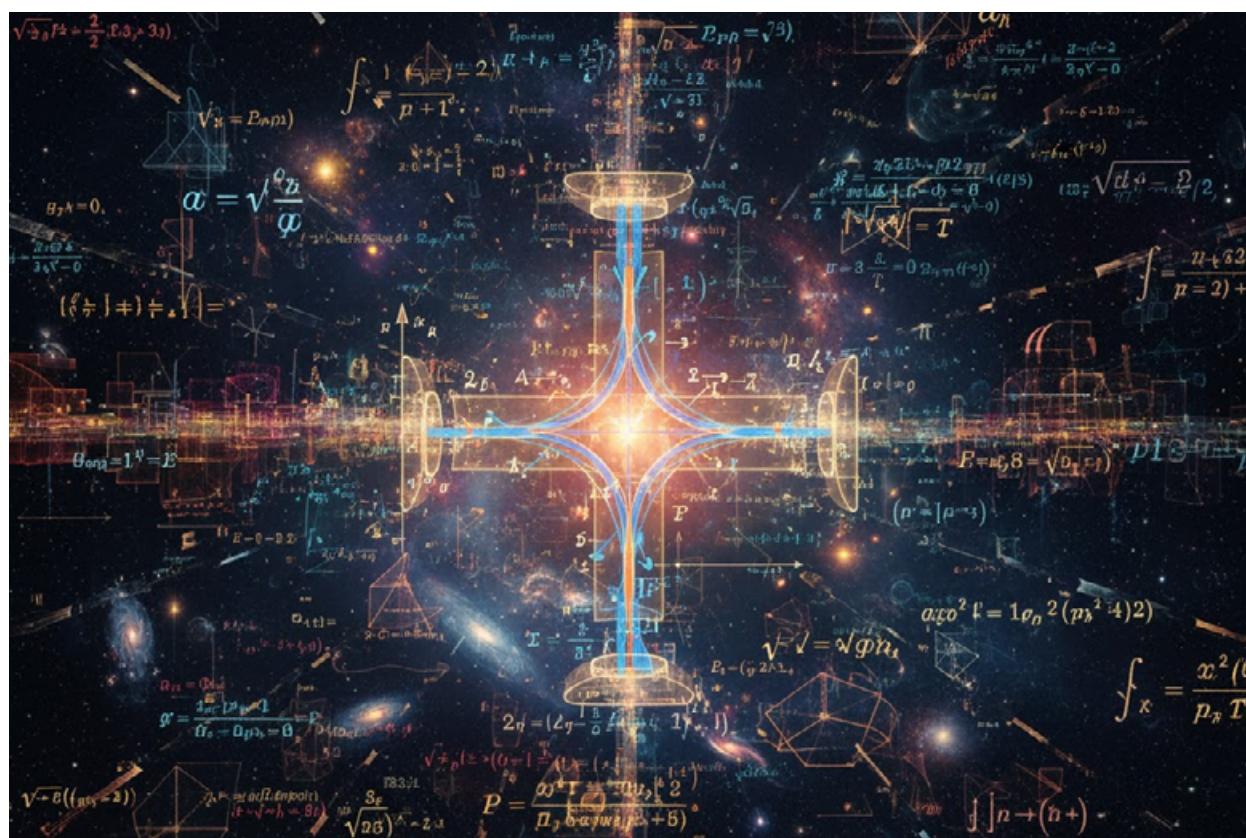
rias (las gráficas de oscilaciones se suelen representar con un gráfico de líneas o un gráfico de puntos, donde el eje horizontal (x) representa el tiempo y el eje vertical (y) representa la posición), esto quiere decir que existen ciertos puntos críticos que afectan al crecimiento o decrecimiento. Esto puede ser explicado por algunas anomalías que surgen dentro de las poblaciones. Se concluye que, existiendo factores propios, por ejemplo, de un hábitat de microorganismos, existen factores antagonistas que hacen que la velocidad de crecimiento sea desacelerada en ciertas etapas.

Se ha desarrollado un modelo en base al modelamiento por ecuaciones diferenciales con retardo, se ha planteado soluciones numéricas que constituyen modelos de solución exactas para soluciones no analíticas, pero que coinciden con las mismas.

Estos nuevos teoremas se pueden aplicar en todos los sistemas dinámicos que dependen de tiempos anteriores. Las soluciones para determinar valores en tiempos determinados, con esta investigación, diferirán de los obtenidos tomando en cuenta el retardo en el análisis del tiempo.

Este estudio fue desarrollado por docentes de la UCE y el Grupo de Investigación de la Universidad de Alicante y la EPN. En este marco se han lanzado nuevos teoremas lo cual aporta a la investigación en el campo científico a nivel mundial. Lo que se busca es continuar con la investigación a otros tipos de modelizaciones donde no se haya considerado el comportamiento de variables en tiempos anteriores.

Mayorga-et al. (2024)



Estos nuevos teoremas se pueden aplicar en todos los sistemas dinámicos que dependen de tiempos anteriores. Las soluciones para determinar valores en tiempos determinados, con esta investigación, diferirán de los obtenidos tomando en cuenta el retardo en el análisis del tiempo.