

**ANÁLISIS DE STABILITY AND NUMERICAL SIMULATION OF PREY-PREDATOR SYSTEM WITH  
HOLLING TYPE-II FUNCTIONAL RESPONSES FOR ADULT PREY**

Pedro Pablo Álvarez Portelles

Grupo C212  
Ciencia de la Computación  
Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de La Habana. Cuba

Amanda Cordero Lezcano

Grupo C212  
Ciencia de la Computación  
Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de La Habana. Cuba

Marlon Díaz Pérez

Grupo C212  
Ciencia de la Computación  
Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de La Habana. Cuba

Christopher Guerra Herrero

Grupo C212  
Ciencia de la Computación  
Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de La Habana. Cuba

Abel Llerena Domínguez

Grupo C212  
Ciencia de la Computación  
Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de La Habana. Cuba

**TAREAS A REALIZAR**

En el Informe debe Presentar:

- Informe de la Tarea Investigativa II. Título del artículo analizado
- Autores del trabajo.
- Resumen del trabajo.
- Introducción del trabajo debe de mensionar, los autores del artículo analizado, la revista donde se publicó. Año. Factor de impacto de la revista. Valoración del artículo: Explicación sobre lo que trata el artículo, problemática que se propone resolver, técnicas utilizadas.
- Otro epígrafe para presentar las ecuaciones que ilustran el modelo matemático utilizado. Condiciones iniciales o de frontera. Resultados a los que arriban. Ejemplos numéricos: Reproducción de los algunos de los ejemplos o experimentos numéricos que se expliquen en el artículo, utilizando para ello (RK4/Euler explícito o implícito) estudiado en clases y comparar resultados. Buscar puntos de equilibrio en caso de existir y analizar la estabilidad de dichos puntos. Pueden usarse para ello recursos computacionales. Presentar el diagrama de fases entre un par variables incógnitas, valorando su comportamiento.
- Conclusiones: Una valoración de lo que usted ha aprendido con este trabajo, como valora la posibilidad de que se pueda continuar esta línea de investigación.

- Bibliografía Consultada.
- Anexos: Incluir pseudo códigos de sus programas.
- Valoraremos las iniciativas que presenten, como pueden ser, interfaces gráficas, bases de datos, elementos vinculen con otras asignaturas de la especialidad.

## ESTRUCTURA DE LA PLATILLA

### RESUMEN

Este artículo examina la estabilidad local de un modelo de presa-depredador con estructura de etapas en las poblaciones de presas. Se analizan los puntos de equilibrio y se realiza una exploración numérica para mostrar la existencia de un ciclo límite estable. Los resultados confirman los hallazgos analíticos y revelan el comportamiento dinámico local del modelo, considerando las interacciones entre presas jóvenes, adultas y depredadores. Se resalta la importancia de las condiciones para la estabilidad del punto de equilibrio interior. Además, se plantea la necesidad de investigar las bifurcaciones de Hopf en estudios futuros para comprender mejor el comportamiento global del modelo. Estos hallazgos contribuyen a ampliar nuestro conocimiento sobre la dinámica de los sistemas presa-depredador con estructura de etapas.

### 1 INTRODUCCIÓN

El propósito de este documento es hacer un análisis de *Stability and Numerical Simulation of Prey-predator System with Holling Type-II Functional Responses for Adult Prey*, artículo elaborado por la especialista analítica Dian Savitri. Fue presentado en el MISEIC (Mathematics, Informatics, Science and Education International Conference) en 2019 y publicado en Journal of Physics: Conference Series, bajo la licencia de IOP Publishing. Factor de impacto de la revista: 0.227 (en la fecha de publicación del artículo, actualmente la revista tiene un factor de impacto de 0.21).

**Objetivos del artículo:** Se analiza la estabilidad local del modelo presa-depredador. El modelo fue construido a partir de dos presas que involucran una estructura de etapa y un depredador, y tiene una manera mucho más simple de simular la diversidad que los modelos existentes, y presenta nuevos fenómenos en el mundo real. Posee tres equilibrios positivos: el original, la extinción del depredador y el punto interior. El artículo hace un estudio de la dinámica del comportamiento de las interacciones presa-depredador, estructuradas por etapas con la función de respuesta Holling tipo II (esta respuesta funcional se refiere al cambio en el comportamiento de los individuos en función de la densidad del huésped o presa) para presas adultas. En un sistema dinámico, si hay ciclos límites, entonces el punto de equilibrio interior es el centro, en estos hace referencia a que los ciclos límites fueron generados por "Hopf Bifurcation" (bifurcación: es el cambio de estabilidad de un sistema que se produce debido a cambios en los valores de los parámetros). El apartado considera la estabilidad de los equilibrios en detalle con las condiciones de existencia e ilustra la estabilidad local de los equilibrios, además cuenta con simulaciones numéricas para ilustrar los resultados.

El estudio pretende detectar los ciclos límites con sus retratos de fase y mostrar numéricamente que existe un ciclo límite estable. Técnicas utilizadas:

- Criterio Routh Hurwitz: consiste en un simple procedimiento o algoritmo para poder determinar si existe alguna raíz o polo en el semiplano derecho del plano complejo " $s$ ", donde si al menos existe una raíz el sistema es inestable, caso contrario si no hay ninguna raíz en el semiplano derecho el sistema es estable.
- Usando python y una implementación computacional del método Runge-Kutta de orden 4 se resolvió el sistema presa-depredador.
- Respuesta funcional de Beddington De-Angelis: similar a Holling tipo II, pero contiene un término adicional que describe la interferencia mutua de los depredadores.

## 1.1 Estructura del trabajo

\*Insertar especie d índice

## 2 RESULTADOS FUNDAMENTALES.

Muestre sólo las ecuaciones más importantes y numere únicamente las ecuaciones mostradas a las que se hace referencia explícita en el texto.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2.$$

$$ax^2 + bx + c = 0, \text{ donde } a \neq 0. \quad (1)$$

En el texto, cada referencia a un número de ecuación debe ir también entre paréntesis. Por ejemplo, la solución de está dada por en los Axenos .

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad (2)$$

### 2.1 Métodos y algoritmos utilizados

Técnicas utilizadas:

- Criterio Routh Hurwitz: consiste en un simple procedimiento o algoritmo para poder determinar si existe alguna raíz o polo en el semiplano derecho del plano complejo “s”, donde si al menos existe una raíz el sistema es inestable, caso contrario si no hay ninguna raíz en el semiplano derecho el sistema es estable.
- Usando python y una implementación computacional del método Runge-Kutta de orden 4 se resolvió el sistema presa-depredador.
- Respuesta funcional de Beddington De-Angelis: similar a Holling tipo II, pero contiene un término adicional que describe la interferencia mutua de los depredadores.

Este estudio ha examinado la estabilidad local de un modelo de interacción presa-depredador con estructura de etapas en las poblaciones de presas. Se han identificado y analizado los puntos de equilibrio, encontrando tres equilibrios positivos: el original, la extinción del depredador y el punto interior. Se ha demostrado que el punto interior es localmente estable bajo ciertas condiciones. Las simulaciones numéricas han respaldado los resultados analíticos, proporcionando evidencia adicional del comportamiento local y global del modelo. Además, se ha detectado la existencia de un ciclo límite estable, lo que destaca la importancia de considerar la estructura de etapas en la dinámica presa-depredador. Estos hallazgos contribuyen a mejorar nuestra comprensión de los sistemas ecológicos y proporcionan una base sólida para futuras investigaciones sobre bifurcaciones y estabilidad global en este tipo de modelos.

Banks, J., J. S. Carson, B. L. Nelson, and D. M. Nicol. 2000. *Discrete-Event System Simulation*. 3rd ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

## AGRADCIEMIENTOS

## 3 ANEXOS