

#### 4.4. COMUNICACIÓN BREVE 4

##### *Modelo multiparche para la dinámica del mosquito transmisor de la malaria*

*Enith Amanda Gómez Hernández.*

[eagomezh@uqvirtual.edu.co](mailto:eagomezh@uqvirtual.edu.co) Universidad del Quindío.

*Eduardo Ibargüen Mondragón.*

[edbargun@gmail.com](mailto:edbargun@gmail.com) Universidad de Nariño.

##### **Resumen.**

La malaria es una enfermedad potencialmente mortal causada por parásitos que se transmiten al ser humano por la picadura de mosquitos hembra del género *anopheles*. El control se debe en gran medida a la lucha sobre los insectos y a entender como la movilidad (inmigración y migración) puede incrementar la población de mosquitos infectados, por lo cual se estudia un modelo multiparche (diferentes lugares o sitios) para la dinámica de mosquitos susceptibles e infectados. Se realiza un análisis de estabilidad de los modelos, determinando que la inmigración y emigración tienen un efecto en la dinámica de las poblaciones.

**Palabras claves.** Malaria, *anopheles*, modelo multiparche.

- **Presentación del problema.**

La malaria es considerada una de las enfermedades más antiguas de la humanidad y en la actualidad la mitad de la población mundial está en riesgo, lo que la convierte en un problema de salud pública. En 2016 hubo 216 millones de casos de la enfermedad en 91 países, que según las estimaciones costaron la vida a 445 mil personas. En América del Sur, los países más afectados son Brasil y Colombia que reportan el mayor número de casos anuales, con un porcentaje de infectados del 68% respecto a todos los casos de la región (Organization, 2017).

En Colombia, durante el periodo comprendido entre 1990 y 2016, se registran 5.360.134 casos de enfermedades transmitidas por vectores, de los cuales 3.079.472 corresponden a malaria, provocando 1891 muertes (Padilla, 2017). En el país, los departamentos más afectados por la malaria son: Chocó, Cauca, Nariño y Valle del Cauca, que agrupan el 82% de todos los notificados (Javier, 2009); particularmente, Nariño aporta el 10% de los casos totales en el país y concretamente en el 2014 el Departamento presenta 5.175 casos de morbilidad, de los cuales el 99% corresponden a la zona del Pacífico Nariñense (Nariño, 2015).

Las regiones con casos de malaria, son precisamente los lugares donde hay presencia de *anopheles*, entonces determinar la especie de mosquito presente en un lugar específico y el comportamiento, es esencial para determinar las estrategias que permitan el control de la malaria. Además, en la Zona del Pacífico Nariñense los desplazamientos humanos y el comercio ha traído consigo el transporte no intencionado de *anopheles* de unas partes a otras (parches). Estos transportes no serían un motivo tan grave de preocupación si no fuera porque los mosquitos que llegan al nuevo hábitat muchas veces encuentran las condiciones propicias para su desarrollo (Tatem A, 2006).

- **Marco de referencia conceptual.**

La teoría necesaria para la comprensión de los modelos matemáticos planteados en éste trabajo está desarrollada en el libro (Perko, 2013), el cual tiene como objetivo principal describir el

comportamiento cualitativo del conjunto de soluciones de un sistema de ecuaciones diferenciales, incluidos los conjuntos invariantes y el comportamiento del flujo dinámico

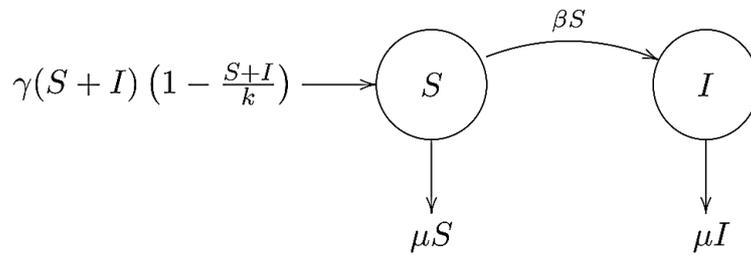
- **Metodología.**

Para determinar el efecto de la inmigración y emigración de mosquitos *anopheles* se propone realizar tres fases

**Fase 1:** Planteamiento del modelo en un parche.

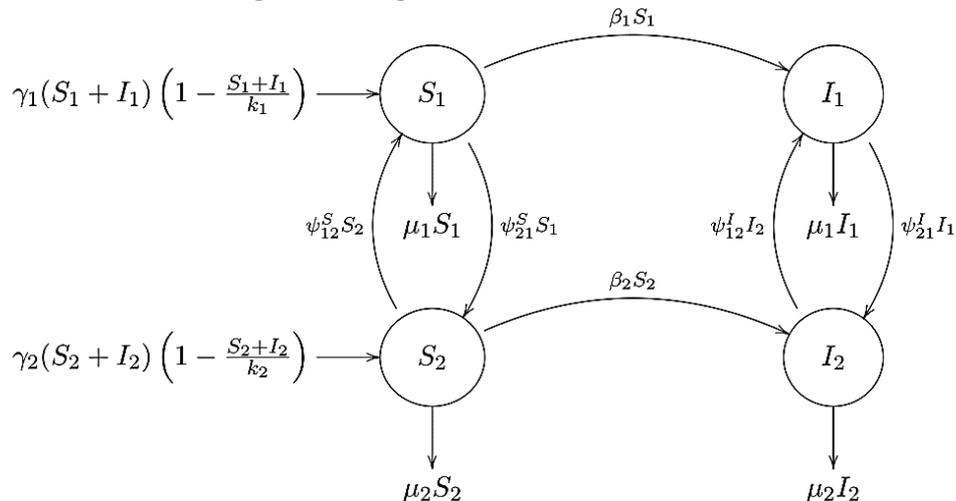
Para la primera fase se considera el ciclo de vida del parásito *plasmodium* con el cual se plantean los siguientes supuestos.

Sean  $S(t)$  y  $I(t)$  el número promedio de mosquitos *Anopheles* susceptibles (no portadores) e infectados (portadores) en un tiempo  $t$  respectivamente, sean además  $\gamma$  la tasa intrínseca de crecimiento,  $\beta$  la tasa de transformación de mosquito no portador a portador,  $\mu$  la tasa de muerte natural y  $k$  la capacidad de carga. La dinámica del crecimiento del mosquito en un parche del relacionando las variables y parámetros anteriormente expuestos, se muestra en el siguiente diagrama de flujo



**Fase 2:** El modelo en dos parches

Se considera la dinámica en dos lugares, teniendo en cuenta la movilidad de los mosquitos entre esos sitios, para lo cual se emplea el subíndice 1 y 2 para diferenciar las variables y parámetros en cada uno de los parches y además se consideran las tasas de movilidad:  $\psi_{12}^S, \psi_{21}^S, \psi_{12}^I$  y  $\psi_{21}^I$ . La dinámica se muestra en el siguiente diagrama.



**Fase 3:** Generalización-El modelo multiparche.

Siguiendo la idea de las fases anteriores el modelo en  $n$  parches está dado por el siguientes sistemas de ecuaciones

$$\frac{dS_i}{dt} = \gamma_i(S_i + I_i) \left(1 - \frac{S_i + I_i}{k_i}\right) - (\beta_i + \mu_i)S_i + \sum_{j=1}^n \psi_{ij}^S S_j$$

$$\frac{dI_i}{dt} = \beta_i S_i - \mu_i I_i + \sum_{j=1}^n \psi_{ij}^I I_j$$

- **Análisis de datos.**

Se realizó el análisis cualitativo de los modelos anteriores en los cuales se determinó la estabilidad asintótica global de las soluciones de equilibrio dependientes de un umbral de crecimiento.

- **Conclusiones.**

Realizando la comparación de los resultados del análisis de cada modelo se determinó que la inmigración y migración influyen en la dinámica del *anopheles*, aumentando los casos de malaria.

Además, el análisis cualitativo de los modelos evidencia que se puede controlar el mosquito cuando se aumenta la tasa de muerte, por lo cual se podría proponer a las entidades de salud que inviertan, por ejemplo, en insecticidas para mejorar la problemática.

### **Bibliografía.**

- Javier, R. (2009). Dinámica probabilista temporal de la epidemia de malaria en Colombia. *Revista Med*, 214-221.
- Nariño, I. D. (2015). Boletín epidemiológico: Situación de las Enfermedades Transmitidas por Vectores ETV en el Departamento de Nariño, año 2014. 1-14.
- Organization, W. H. (2017). *World malaria report 2016*.
- Padilla, J. C. (2017). Epidemiología de las principales enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 1990-2016. *Biomédica*, 27-40.
- Perko, L. (2013). *Differential Equations and Dynamical Systems*. Springer Science & Business Media.
- Tatem A, H. S. (2006). Global traffic and disease vector dispersal. *PNAS*, 6242-6247.