

Porque convivir con el Dengue: control integrado del vector

Coexisting with Dengue: Integrated Vector Control

Edilber Almanza Vasquez¹, Esteban Puello Mendoza², Edilber Almanza Meza³

1 Maestro en Biomatemáticas, Licenciado en Matemáticas, Universidad de Cartagena.

ealmanzav@unicartagena.edu.co

2 Especialista en Administración de Obras Civiles, Ingeniero Civil, Universidad de Cartagena.

epuellom1@unicartagena.edu.co

3 Medico General, Cartagena de Indias, Colombia. edilbertjose@hotmail.com

Recibido: 15 marzo 2013 Aprobado: 01 julio 2013

RESUMEN

Objetivo: Demostrar que el dengue permanecerá por siempre en la población humana y plantear alternativas de cómo controlar el vector, y por tanto, la enfermedad.

Métodos: A través del análisis cualitativo de un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias que incluye el control biológico en la etapa larval, la dinámica de los vectores y la dinámica de la enfermedad hasta un segundo contagio.

Resultados: Manteniendo un manejo adecuado en la relación del vector con personas infectadas con algún serotipo, se puede generar equilibrio estable, evitando que cada brote de la enfermedad sea más virulento. La única forma de prevenir el dengue es el control del contacto de los vectores con las personas.

Conclusión: Si no se mantiene un control adecuado en todas las etapas de desarrollo de los vectores del dengue, nunca se controlará la enfermedad y aparecerá periódicamente, aunque desaparezcan los vectores o la enfermedad por algún tiempo.

Palabras claves: Dengue, Larva, Aedes, Virus del Dengue, Control de Mosquitos (fuente: DeCS, BIREME)

ABSTRACT

Objective: To demonstrate dengue will remain endlessly in humanity and pose alternatives for controlling the vector, thus the disease.

Methods: Through qualitative analysis of a system of ordinary differential equations including biological control in the larval stage, vectors behave and diseases' behavior in a second.

Results: Maintaining an appropriate management of vector nexus with serotype-infected-person, can generate stable equilibrium, avoiding that each outbreak becomes more virulent. The only way to reduce dengue-infection is to prevent the vectors from contacting with people.

Conclusion: If an adequate control at all stages of growth of dengue vectors is not maintained, it will never be possible to control the disease and it will appear regularly, even if vectors or disease disappear for short periods of time.

Keywords: Dengue, larva, Aedes, Dengue Virus, Mosquito Control (source: MeSH, NLM)

En los países de América salvo Chile (protegidos por los andes) y Canadá (protegido por las montañas rocosas), el dengue se presenta como una gran preocupación para los gobiernos y sus habitantes; no solo por los efectos biológicos limitantes de la sintomatología, sino porque las personas que lo padecen deben suspender sus labores diarias no asistiendo a las empresas donde laboran, asistir a los hospitales para recibir los cuidados especiales, efectuar gastos en el proceso de recuperación. Los efectos en la economía de los países son inmensos. Los esclavos en América provenientes de África asociaban esta enfermedad con los espíritus malos de “dinga o dyenga”, homónimo de *ki denga pepo*. La OMS (Organización Mundial de la Salud) considera al dengue, como la segunda infección re-emergente entre las enfermedades tropicales, como una de las principales enfermedades virales transmitidas al hombre por vectores y la incluyó como una enfermedad con alta prioridad en la investigación (1).

El dengue es la quinta en la lista de las enfermedades tropicales desatendidas en las Américas en términos de años de vida ajustados por discapacidad (AVAD). Dado su crecimiento exponencial se ha convertido en un problema de salud pública, se estima que más de 100 millones de personas padecen dengue y miles de casos de dengue severo se pueden presentar cada año, especialmente en los países tropicales donde se favorecen el desarrollo y la proliferación del vector (2). Dado que la transmisión de la enfermedad utiliza un ciclo mosquito-hombre-mosquito, la presencia o ausencia de la enfermedad depende de la coexistencia de: a) los vectores, b) el virus y c) la población susceptible. En tal sentido, la única forma de prevenir el dengue es a través del control de los vectores, debido a que no existen vacunas ni drogas que lo prevengan o lo curen.

El dengue es una enfermedad infecciosa, viral y aguda que afecta al hombre, causa la mayor morbilidad y mortalidad en países de regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, principalmente en zonas urbanas y semiurbanas, producida por cualquiera de los cuatro serotipos del virus del dengue DEN-1, DEN-2, DEN-3 y DEN-4 (3). La clasificación se hace con base a criterios clínicos, biológicos, inmunológicos, moleculares y de acuerdo a la secuencia de ácido nucleico cada serotipo puede ser clasificado en dos o más genotipos. Pertenece a la familia flaviviridae,

constituido por una cadena simple de alrededor de 11 kilo-bases (kb) de ARN de polaridad positiva. Su genoma codifica tres proteínas estructurales la proteína C, que compone la cápside que rodea y protege al ácido nucleico; la M, que forma la membrana viral; y la E, que conforma la envoltura y siete proteínas no estructurales (4). El virus es transmitido a través de la picadura de un mosquito infectado, el *Aedes Albopictus* y el *Aedes Aegypti*, implicado como el principal vector de la enfermedad (5, 6).

Los Síntomas del dengue presentan un amplio espectro clínico, que van desde formas subclínicas y leves (asintomáticas) hasta cuadros con severo compromiso vascular y de los mecanismos de coagulación. Según el grado de gravedad se clasifican como dengue y dengue severo. La infección con un serotipo crea inmunidad de por vida a ese serotipo, pero también crea anticuerpos que incrementan la susceptibilidad de infección por los tres restantes. El dengue severo normalmente sucede cuando la infección con un serotipo es seguido por una segunda infección con otro serotipo. Sin tratamiento, cerca del 5% de los casos severos son fatales, pero con atención adecuada este porcentaje se reduce a menos de 2 %.

Aspectos clínicos. Para la OMS se tiene:

Dengue: Fiebre (39 °C – 40 °C) de 2 a 7 días y dos o más de las siguientes manifestaciones: Cefalea, dolor retro-ocular, mialgias, artralgias, erupción cutánea, manifestaciones hemorrágicas, pero sin compromiso hemodinámico, leucopenia (Menos de 4 000 leucocitos / mm³), Plaquetas menos de 180 000 (B,1).

Dengue severo: Fiebre entre 2 y 7 días acompañados de los síntomas del dengue clásico. Manifestaciones de permeabilidad capilar y trastornos de la coagulación. Hematemesis y trombocitopenia (menores 10 000 plaquetas por mm³). Aumento de la permeabilidad vascular. Derrame pleural, ascitis o hipoproteinemia

Los vectores. Los mosquitos del género *Aedes* (Diptera: Culicidae, Subgénero *Stegomyia*) son considerados los vectores naturales del dengue. *Aedes Aegypti* considerado como el principal vector en el sector urbano y *Aedes Albopictus* implicado como el segundo vector de importancia en las Américas. Los mosquitos *Aedes luteocephalus*, *A. furcifer*, *A. taylori* y *A. vittatus*, han sido descritos como vectores activos en el ciclo selvático en el

oeste del continente Africano (7).

Aedes Aegypti. El mosquito *Aedes Aegypti*, vector de los virus del dengue, fiebre amarilla y oeste del Nilo, entre otros, tiene su origen en el cinturón tropical de África donde generalmente se encuentran las especies del subgénero *Stegomyia*. Se describe que llegó a las Américas en los barriles de agua transportados por los navíos de los colonizadores y exploradores, también se cree que se introdujo en América, como una especie diseminada por el hombre por medio del transporte de sus adultos, huevos, larvas o pupas en barcos, aviones y transportes terrestres. Es una especie silvestre, habitando libre del contacto con el hombre.

Ancestralmente, desde esas áreas, inició una dispersión efectuada por el hombre, que lo ha llevado a constituirse en un mosquito cosmopolita. Su presencia es detectada en la mayor parte de las áreas tropicales o subtropicales, comprendidas entre los 45 ° de latitud norte y los 35 ° de latitud sur, en las zonas isotermales intermedias a los 20 °C(8). De acuerdo a su hábitat son netamente antropófilos, domésticos y su desarrollo se lleva a cabo en criaderos ubicados en el peridomicilio (9, 10). También utilizan aguas limpias ubicadas en objetos o construcciones, como neumáticos, baterías viejas, recipientes de todo tipo, botellas, floreros y piletas, entre otros, para establecer sus criaderos (11), con bajo tenor orgánico y de sales disueltas, mediante la puesta de huevos en la superficie del recipiente a la altura de la interfase agua-aire (12).

Ciclo de vida. Los huevos. Tienen dimensiones menores a 1mm de largo, son ovalados, inicialmente de color blanco, con el desarrollo del embrión se tornan de color negro, eclosionan en óptimas condiciones de temperatura y humedad en un lapso de 2 a 3 días. Los huevos resisten la desecación y temperaturas extremas con sobrevividas de 7 a 12 meses. La mayor parte de cada postura es de eclosión rápida, mientras un porcentaje reducido constituye los llamados huevos resistentes, inactivos o residuales, capaces de durar hasta un año. La hembra puede ovipositar de 100-200 huevos por postura (13, 14).

Las larvas. Inician un ciclo de cuatro estados larvarios, creciendo a lo largo de tres mudas desde un largo de 1 milímetro a los 6 ó 7 milímetros. Poseen caracteres morfológicos típicos, fuertes espículas torácicas laterales queratinizadas, peine de escamas unilineal en octavo segmento y sifón

con forma de oliva corta, que destaca por su color negro se alimentan con el zooplancton y fitoplancton de los recipientes que habitan. Su desarrollo se completa en condiciones favorables de nutrición y con temperaturas de 25 °C a 29 °C, en 5 a 7 días. Son incapaces de resistir temperaturas inferiores a 10 °C, superiores a 44 °C o 46 °C, impidiéndose a menos de 13 °C su pasaje a estadio pupal (15).

La pupa. En esta fase no se alimenta y su función es la metamorfosis de larva a adulto entre temperaturas 28 °C y 32 °C, en 1 a 3 días. Las variaciones extremas de temperatura pueden dilatar este período (16).

El adulto. Es la fase reproductora del *A. Aegypti*. Las hembras hematófagas poseen hábitos de alimentación diurnos, en cercanía a los domicilios humanos, con gran afinidad a la alimentación sobre el hombre. El adulto emergente es un mosquito de color negro, con diseños blanco-plateados formados por escamas claras que se disponen simulando la forma de una "lira", en el dorso del tórax, y mostrando un anillado característico a nivel de tarsos, tibia y fémures de las patas (16). El período de vida del mosquito adulto se ve afectada por las características climáticas, principalmente la humedad y la temperatura, pues condicionan sus actividades de alimentación, reproducción y reposo. A una temperatura inferior a 4°C o superior a los 40 °C generalmente no sobreviven. *A. Aegypti* en condiciones naturales sobrevive en promedio de 15 a 30 días, alimentándose aproximadamente cada tres días. Dichas condicionantes también influyen en su reposo, suele encontrarse cerca de las habitaciones humanas o en la peridomicilio, posado en lugares oscuros y protegidos, relativamente cerca del suelo (14).

Se ha medido la distancia del desplazamiento de vuelo de los mosquitos entre las casas; la hembra de *A. Aegypti* puede volar en un radio promedio de 40 a 60 metros y por alguna razón, los machos se desplazan hasta más de los 80 metros. La distancia se halla influida, entre otras circunstancias, por la cercanía de criaderos preferidos, la accesibilidad para alimentarse y por los lugares de reposo. El viento ocasionalmente los desplaza más lejos y también pueden ser trasladados en vehículos terrestres (ferrocarril, autobuses, llantas usadas), marítimos o aéreos a mayores distancias. Durante la época de lluvias, las densidades se incrementan como consecuencia de la disponibilidad de un número mayor de criaderos (15).

Aedes Albopictus (*Stegomyia Albopictus*). *Aedes*

Albopictus llamado también el mosquito tigre es un mosquito originario de Asia, que ha extendido su área de distribución en todo el mundo en las últimas décadas. Fue descrito por primera vez en La Reunión (isla del suroeste del Océano Índico) en 1913 (17). Mediante el transporte pasivo de larvas, con el desplazamiento de variadas mercaderías (neumáticos, brotes de bambú, etcétera), este culcideo arribó a Texas, Estados Unidos en 1985 en neumáticos usados, provenientes de Asia y meses más tarde se encontraba en Río de Janeiro, Brasil. Siete años después se extendió a los países de Centro y Suramérica como República Dominicana y México. En 1995 fue reportado en Bolivia, Cuba y Honduras.

En 1995 se encontró en Guatemala y en 1996 en El Salvador. En 1997 fue hallado en Islas Caimán, en 1998 en Argentina, en 1999 en Paraguay, en 2002 en Panamá y en 2003 en Uruguay y Nicaragua. En Colombia el primer reporte de esta especie se efectuó en el municipio de Leticia, Amazonas, en 1998 donde no hay presencia de *A. Aegypti* (16).

Los datos sobre la biología de este vector son escasos, con la finalidad de describir el desarrollo inmaduro, la supervivencia, la longevidad, fecundidad y ciclos gonotrófico de *A. Albopictus*, estudios recientes, demostraron que el umbral mínimo de desarrollo de estados inmaduros se encontró a temperaturas de 0,4 °C y su óptimo a 29,7 °C. Los rangos más cortos para el desarrollo de estadios inmaduros se encuentran a 30°C, con una media de 8,8 d. La tasa óptima de crecimiento intrínseco fue observada entre los 25 °C y los 30 °C. El más corto de los ciclos gonotrófico se encontraron a 30 °C (media, 3,5 d) (17).

Es un mosquito de color oscuro, casi negro con unas características bandas blancas tanto en las patas como en abdomen. Mide entre 5 y 10 mm. La hembra es la única hematófaga y pica sólo poco antes de poner los huevos, acto que realiza dos veces al mes durante las estaciones cálidas. Los huevos pasan a mosquitos adultos en menos de 10 días. Pica tanto a seres humanos como a ganado, anfibios, reptiles y aves (18). Esta especie es más tolerante a las bajas temperaturas, los huevos de los mosquitos que viven en zonas templadas se han adaptado con rapidez al frío: resisten temperaturas más bajas que los mosquitos del trópico y sus huevos pueden incluso hibernar para eclosionar la siguiente primavera, con el aumento de la temperatura (19). En general *A. Albopictus* produce una mayor

cantidad de huevecillos que *A. Aegypti*. Las hembras de *A. Aegypti* prefieren ovipositar en recipientes que contengan agua limpia, mientras que las *A. Albopictus* lo hacen en recipientes con agua turbia que contenga cierta cantidad de material orgánico en descomposición (20). *A. Albopictus* mantiene una amplia variedad de criaderos, tanto en recipientes artificiales como naturales; tiene más habilidad de colonizar en criaderos naturales, como huecos de árbol, axilas de las hojas de algunas plantas y huecos de rocas; es común encontrarlo en lugares con vegetación abundante (19). Toda vez que los mosquitos han emergido, se alimentan por primera vez entre las 20 y las 72 horas posteriores. Tales características lo transforman en un vector de más difícil control e improbable eliminación, una vez que éste se radica (20).

Los hábitos alimenticios de las hembras hematófagas de *A. Albopictus* son muy parecidos a *A. Aegypti*, aunque prefieren alimentarse con más frecuencia afuera que adentro de las casas. Sus preferencias pueden variar hacia otras especies de mamíferos; en ocasiones se alimentan de animales de sangre fría, pero lo hacen principalmente de sangre humana (7). Se ha detectado una verdadera "competencia", con *A. Aegypti* por los mismos tipos de criaderos en ambientes urbanos, donde *A. Albopictus* logra desplazar gradualmente a su competidor, con posterioridad a un tiempo de coexistencia (21).

En otros aspectos, su biología y ecología es comparable a la de *A. Aegypti*, siendo muy similares su morfología como larvas, pupas o adultos, diferenciándose por la estructura de las escamas del octavo segmento abdominal y del pecten, así como por sus espículas latero-torácicas cortas y hialinas en estado larvario y por los diseños de escamas plateadas, en cabeza y dorso de tórax pero en vez de un patrón en forma de lira, tiene una sola franja plateada en el dorso para los adultos (22) (Rey J. *El Dengue in: ENY737S. 2007, Electronic Data Information source (EDIS), University of florida*).

1. Porque convivir con el dengue. Modelo matemático

La modelación matemática de las enfermedades transmisibles permite conocer los alcances de las intervenciones que se utilizan en salud pública para su control o eliminación. En el presente estudio se utiliza un modelo matemático para simular tanto la dinámica de la enfermedad como del vector y del control biológico. Es entonces una herramienta

para predecir la propagación del Dengue sin control y simular los alcances del control biológico como intervención en salud pública.

Se utiliza un modelo tipo “presa – depredador con dinámica de la enfermedad” que articula: a) los estados de desarrollo de los vectores: huevo, larva y adulto; b) los serotipos del virus (dos); y c) las capacidades de los depredadores para eliminar el vector.

Supuestos del modelo. Para efectos de la dinámica del modelo se asume:

1. Los cuatro instares larvarios son resumidos en una variable

2. Solo en el estado larvario los vectores son depredado.

3. Los mosquitos inicialmente son sanos y pueden infectarse con un solo serotipo.

4. Una persona no se infecta con dos serotipos del virus al tiempo.

5. Una persona que se infecta con un serotipo, crea inmunidad para el mismo.

6. La persona inmunizada a un serotipo que es infectada con otro serotipo, adquiere el Dengue Severo.

7. Los casos fatales de Dengue, son los de Dengue Severo.

Notaciones:

$H(t) = H$: Cantidad de huevos de los mosquitos

$L(t) = L$: Cantidad de larvas

$A(t) = A$: Cantidad de vectores adultos

$P(t) = P$: Cantidad de depredadores de larvas

$S(t) = S$: Cantidad de personas sanas

$I_{D_1}(t) = I_{D_1}$: Cantidad de personas infectadas con el serotipo D_1

$I_{D_2}(t) = I_{D_2}$: Cantidad de personas infectadas con el serotipo D_2

$I_{D_S}(t) = I_{D_S}$: Cantidad de personas infectadas con dengue severo D_S

Los tamaños poblacionales para $t > 0$, son considerados como variables continuas.

$$X_j = \begin{cases} \frac{dH}{dt} = a_1 A - (a_2 + m_H) H \\ \frac{dL}{dt} = a_2 H - (a_3 + m_L + bP) L \\ \frac{dA}{dt} = a_3 L - m_A A \\ \frac{dP}{dt} = (1 - \xi LP - m_P + \chi L) P \\ \frac{dS}{dt} = (a - m_S - l a_4 I_{D_1} A - l a_5 I_{D_2} A) S \\ \frac{dI_{D_1}}{dt} = (l a_4 AS - r_1 - m_S) I_{D_1} \\ \frac{dI_{D_2}}{dt} = (l a_5 AS - r_2 - m_S) I_{D_2} \\ \frac{dI_{D_S}}{dt} = l (r_1 a_5 + r_2 a_4) A I_{D_1} I_{D_2} - (r_H + m_H) I_{D_S} \end{cases}$$

Donde $1 - \xi LP$ es la tasa de reproducción del depredador con alimento no larvario.

Obsérvese que si $\beta \rightarrow \infty$ o $P \rightarrow \infty$ se tiene que: $\frac{dI_{D_1}}{dt} \rightarrow -\infty$, $\frac{dI_{D_2}}{dt} \rightarrow -\infty$, $\frac{dI_{D_S}}{dt} \rightarrow -\infty$, lo que nos indica que la enfermedad del dengue tiende a desaparecer.

Parámetros del modelo:

α : Tasa de nacimiento de las personas

α_I : Tasa de ovoposición

α_2 : Tasa de transformación de huevos a larvas

α_3 : Tasa de transformación de las larvas a adulto

α_4 : Tasa de contacto de un mosquito hembra con una persona infectada I_{D_1}

α_5 : Tasa de contacto de un mosquito hembra con una persona infectada I_{D_2}

β : Tasa de captura del depredador de larvas

r_1 : Tasa de recuperación de una persona infectada con el serotipo D_1

r_2 : Tasa de recuperación de una persona infectada con el serotipo D_2

μ_H : Tasa de inviabilidad natural de huevos.

μ_L : Tasa de mortalidad natural de la población de las larvas

μ_A : Tasa de mortalidad natural de la población de adultos

μ_P : Tasa de mortalidad natural P

μ_A : Tasa de mortalidad natural de la población de personas

ξ : Tasa de contacto de un mosquito con una persona

ξ : Tasa de incremento de P por depredación de larvas

M_S μ_S : Tasa de mortalidad natural de la población de humanos.

M_{D_S} : Tasa de mortalidad por dengue Severo

$$\text{Para } I_{D_1}^* \leq \frac{(\alpha - \mu_S)(\alpha_2 + \mu_H)\beta\mu_A\mu_A}{(1 - \mu_P)(\alpha_1\alpha_2\alpha_3 - (\alpha_3 + \mu_L + \beta)(\alpha_2 + \mu_H)\mu_A)\xi\lambda\alpha_3\alpha_4},$$

$$\mu_L < \frac{\alpha_1\alpha_2\alpha_3 - \alpha_3(\alpha_2 + \mu_H)\mu_A}{(\alpha_2 + \mu_H)\mu_A},$$

$$S_1^* = \frac{(r_1 + \mu_S)\mu_A}{\lambda\alpha_4\alpha_3L^*} \quad S_2^* = \frac{(r_2 + \mu_S)\mu_A}{\lambda\alpha_5\alpha_3L^*}$$

$$H^* = \frac{(1 - \mu_P)(\alpha_1\alpha_2\alpha_3 - (\alpha_3 + \mu_L + \beta)(\alpha_2 + \mu_H)\mu_A)\xi\alpha_1\alpha_3}{(\alpha_2 + \mu_H)^2\mu_A^2\beta}$$

$$L^* = \frac{(1 - \mu_p)(\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 - (\alpha_3 + \mu_L + \beta)(\alpha_2 + \mu_H)\mu_A)\xi}{(\alpha_2 + \mu_H)\beta\mu_A}$$

$$A^* = \frac{(1 - \mu_p)(\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 - (\alpha_3 + \mu_L + \beta)(\alpha_2 + \mu_H)\mu_A)\xi\alpha_3}{(\alpha_2 + \mu_H)\beta\mu_A^2}$$

$$P^* = \frac{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 - (\alpha_3 + \mu_L)(\alpha_2 + \mu_H)\mu_A}{(\alpha_2 + \mu_H)\beta\mu_A}$$

$$I_{D_2}^* = \frac{(\alpha - \mu_S)\mu_A - \lambda\alpha_3\alpha_4 I_{D_1}^* L^*}{\lambda\alpha_3\alpha_5 L^*} \quad I_{D_S}^* = \frac{\lambda(r_1\alpha_5 + r_2\alpha_4)A I_{D_1}^* I_{D_2}^*}{r_H + \mu_H}$$

Se tiene que:

1. Ausencia de dengue I_{D_1} y de dengue I_{D_2} por tanto de I_{D_S} . Si la tasa de crecimiento intrínseca de la población de humanos es positiva, y si el vector existe, la enfermedad del dengue no se extinguirá. Ya que los puntos de equilibrio $(H^*, L^*, A^*, P^*, S_1^*, 0, 0, 0)$ y $(H^*, L^*, A^*, P^*, S_2^*, 0, 0, 0)$ son inestables.

2. Ausencia del dengue I_{D_1} o de I_{D_2} por tanto de I_{D_S} . Si la tasa de crecimiento intrínseca de la población de humanos es positiva y si solo existe un serotipo de dengue, este presentara brotes periódicos en el tiempo. La matriz Jacobiana del sistema X_φ evaluada en los puntos de equilibrio $(H^*, L^*, A^*, P^*, S_1^*, 0, I_{D_2}^*, 0)$ y $(H^*, L^*, A^*, P^*, S_2^*, I_{D_1}^*, 0, 0)$ tiene valores propios imaginarios puros.

3. Presencia de dengue I_{D_1} y de dengue I_{D_2} , por tanto de I_{D_S} . Si la tasa de crecimiento intrínseca de la población de humanos es positiva y existen dos serotipos de dengue, se presentarán epidemias periódicas. La matriz Jacobiana del sistema X_φ evaluada en el punto de equilibrio $(H^*, L^*, A^*, P^*, S^*, I_{D_1}^*, I_{D_2}^*, I_{D_S}^*)$ tienen valores propios imaginarios puros y los restantes tienen parte real negativa.

4. La enfermedad del dengue no se puede erradicar, aun controlando los vectores en todas sus formas, pero se puede hacer un manejo racional de ella. Se muestra que el punto de equilibrio $(0, 0, 0, P^*, S^*, 0, 0, 0)$ es inestable, aunque se tenga $\mu_L \geq \frac{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 - \alpha_3 (\alpha_2 + \mu_H) \mu_A}{(\alpha_2 + \mu_H) \mu_A}$

DISCUSIÓN

Si no se mantiene un control adecuado en todas las etapas de los vectores del dengue, nunca se controlará la enfermedad y aparecerá periódicamente cada vez más complicado, aunque desaparezcan los vectores por algún tiempo. El dengue no se erradicará si existen vectores infectados, debido a que ellos pueden pasarse el virus transováricamente. La solución para erradicar el dengue es desapareciendo los vectores. La erradicación local de mosquitos es posible con un manejo ecológico, sin embargo, la continuidad espacial promueve la reaparición de brotes.

Manteniendo un manejo adecuado de la relación vector con personas infectadas con algún serotipo, se puede generar equilibrios estables, evitando que cada brote de la enfermedad sea más virulento. Mientras exista algún serotipo de dengue y los vectores, el dengue se presentará periódicamente en la sociedad.

Las conductas humanas crean condiciones ambientales que determinan si una enfermedad progresa o se extingue. El Control vectorial debe ser integral, combinando los distintos tipos de métodos con criterios de racionalidad, seguridad, eficacia, adaptabilidad y aceptabilidad, dirigidos a las etapas del ciclo de vida de los vectores. El control o erradicación de *Ae. Albopictus* es más difícil que el de *A. Aegypti* principalmente porque se encuentra más alejado de las habitaciones de los humanos y existe diversidad de hábitats. Las tres formas principales de control del vector son el control químico, el control biológico y el control ambiental.

Control químico. Se lleva a cabo con el uso principalmente de organofosforados, Dieldrin, Malation y HCH. El control químico no es recomendable aplicarlo seguido debido a que los vectores pueden crear resistencias como sucedió en 1986 donde se reportó que *Ae. Albopictus* resistente a los organofosforados DDT, Dieldrin y HCH en la India, Malasia, Sureste de Asia, las Filipinas y Japón. En Singapur y Vietnam el vector es resistente a los organofosforado. En América datos preliminares en Louisiana mostraron resistencia parcial al Malation y Abate (Temephos).

Contra las larvas: Temephos al 1 % (Abate) seis aplicaciones cada 27 días

Contra los adultos: Rociado espacial. Mosquiteros impregnados. Tratamiento peri focal. Jabones y lociones repelentes. El tratamiento focal, el

tratamiento peri focal y la aplicación espacial. Cuatro aplicaciones seguidas dependiendo del tiempo residual del producto usado.

El control biológico de los vectores con depredadores de larvas nos ofrece la posibilidad de funcionamiento continuo, sin la necesidad de aplicaciones frecuentes como requieren los pesticidas. Esto se logra introduciendo especies de copépodos en criaderos de larvas. Se ha experimentado que las poblaciones de copépodos normalmente matan a más del 99 % de las larvas de *Aedes Aegypti*, y sobreviven en el contenedor mientras éste contenga agua, resisten temperaturas hasta 43 °C. Si hay abundancia de larvas, los copépodos comen solo una parte de cada larva, lo cual le permite a cada copépodo matar entre 30 y 40 larvas cada día, un número muy superior al que realmente comen. Una hembra adulta reproduce entre 250 y 300 hembras adultas en un mes. Las hembras de los copépodos son inseminadas durante su adolescencia y no requieren de más contacto con los machos para seguir produciendo entre 50 y 100 huevos por semana durante el resto de su vida, que dura varios meses. También en el control larvario se usan bacterias (*Bacillus thuringiensis* H14 variedad israeliensis), peces, moluscos. En el control biológico de adultos se utiliza la esterilización, selección de especies de arañas, murciélagos entre otros,

El Control ambiental. El control ambiental sugiere la eliminación o reducción de las fuentes de crías de larvas, para romper el ciclo de vida del mosquito. La educación sanitaria es un factor protector importante para prevenir las enfermedades transmitidas por vectores (E.T.V) y tiene como objetivo lograr que las personas adopten hábitos y prácticas de comportamiento que reduzcan el riesgo de convivir con los vectores, generalmente es un control físico del vector tal como: a) drenaje, relleno o despeje de bordes de criaderos, destrucción de los depósitos inservibles y el uso de mallas protectoras ajustadas, para el control de larvas; b) para el control de adultos se usan mosquiteros, mallas en puertas y ventanas, trampas de luz y otros. c) variar el nivel del agua cada tres días a los depósitos de aguas. d) Cambiar los niveles de PH del agua de los estanques.

Vigilancia del vector. La vigilancia entomológica se emplea para determinar los cambios en la distribución geográfica del vector, para obtener mediciones relativas de la población de vectores a lo largo del tiempo. La vigilancia de la susceptibilidad de la población de vectores a los insecticidas.

La enfermedad del dengue se hace difícil de simular con datos reales, porque en la mayoría de los países, por lo general no se determina que serotipo está actuando en cada caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

1. Guzmán M, et al. El dengue y el dengue hemorrágico: prioridades de investigación. *Rev Panam Salud Publica* 2006; 19(3):204-215.
2. Halstead SB, Pathogenesis of dengue: challenges to molecular biology. *Science* 1988; 239(4839): p. 476-81.
3. Oviedo A., et al. Dengue: diagnóstico diferencial del síndrome febril en el viajero. *Emergencias* 2010; 22:203-205.
4. Caceres O, Detección rápida de los serotipos del virus dengue en el mosquito *Aedes aegypti*. *Rev. perú. med. exp. salud publica* 2003; 20(3):156-158.
5. Shepard DS, et al, Economic Impact of Dengue Illness in the Americas. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* , 2011;84(2):200-207.
6. Potts J, et al. Prediction of Dengue Disease Severity among Pediatric Thai Patients Using Early Clinical Laboratory Indicators. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 2010; 4(8):214-216.
7. Quintero D, Osorio J, and Martínez M., Competencia vectorial: consideraciones entomológicas y su influencia sobre la epidemiología del Dengue. *IATREIA* 2010; 23(2):146 – 156.
8. Fernández P, Martín Y, and Viera I. El vector *AedesAegypti* durante la epidemia de dengue en Ciego de Ávila. *MEDICIEGO* 2010; 16(1):1-7.
9. Olleta JF, Dengue en América Latina y Venezuela. *Med Interna* 2006. 22(4):247-258.
10. Lazcano J, et al. Factores ecológicos asociados con la presencia de larvas de *AedesAegyptien* zonas de alta infestación del municipio Playa, Ciudad de La Habana, Cuba. *Rev Panam Salud Publica* 2006; 19(6):379
11. Trujillo M, et al. Dinámica estacional y temporal de *AedesAegypti*(Diptera: Culicidae) en el municipio Cienfuegos. *Rev Cubana Med Trop* 2010; 62(2): 98-106
12. Obando G, et al. Experiencia de un análisis entomológico de criaderos de *AedesAegyptiy* *Culex quinquefasciatus* en Cali, Colombia. *Rev. Colomb. Entomol* 2007; 33(2):148-156
13. Cabezas C. Dengue en el Perú: aportes para su diagnóstico y control. *Rev. perú. med. exp. salud publica* 2005; 22(3):212-228.
14. Jansen C, Beebe N. The dengue vector *Aedes aegypti*: what comes next. *Microbes and Infection* 2010; 12(4):272-279.
15. Badii M, et al. Ecología e historia del dengue en las Américas. *International J Good Conscience* 2007; 2(2):309 – 333.
16. Cuellar M, et al. Detección de *Aedes Albopicus* (Skuse)(Diptera: Culicidae) en la ciudad de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Biomedica* 2007; 27:273-9.
17. Delatte H, et al. Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity, and gonotrophic cycles of *Aedes Albopicus*, vector of chikungunya and dengue in the Indian Ocean. *Journal of Medical Entomology* 2009; 46(1):33-41.
18. Wallace P, Geoffrey P. Infecciones transmitidas por artrópodos, in *Atlas de medicina tropical y parasitología*, 6 ed, España. Kindle Edition. Elsevier. 2007.
19. Vezzani D, Carbajo A. *Aedes aegypti*, *Aedes Albopicus*, and dengue in Argentina: current knowledge and future directions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 2008. 103(1):66-74
20. Toto J, et al. First report of the oriental mosquito *Aedes Albopicus* on the West African island of Bioko, Equatorial Guinea. *Medical and Veterinary Entomology* 2003; 17(3):343-346.
21. Guzman A, Istúriz R. Update on the global spread of dengue. *International Journal of Antimicrobial Agents* 2010; 3354(1):1-3.
22. Rey J, et al. Habitat segregation of mosquito arbovirus vectors in South Florida. *Journal of Medical Entomology* 2006; 43(6):1134-1141.