

## ANEXO

### 1. MODELO DE COINFECCIÓN

El modelo de coinfección presentado aquí es de tipo compartimental, sin edad y describe los distintos estados epidemiológicos de la población en el tiempo con relación al dengue y a la COVID-19. Se basa en el modelo de Derouich *et al.*<sup>1</sup> para dengue y en el modelo SEIR<sup>2</sup> para COVID-19, e incluye nacimientos y muertes. Su implementación es determinista. La evolución temporal es de tiempo continuo y está gobernada por un conjunto de ecuaciones diferenciales, que se describen a continuación.

Para el huésped:

$$\begin{aligned} \frac{dN_{SS}}{dt} &= \mu N - \mu N_{SS} - \lambda_D N_{SS} - \lambda_C N_{SS} \\ \frac{dN_{SE}}{dt} &= -\mu N_{SE} + \lambda_C N_{SS} - \lambda_D N_{SE} - \sigma_C N_{SE} \\ \frac{dN_{SI}}{dt} &= -\mu N_{SI} - \lambda_D N_{SI} - \gamma_C N_{SI} + \sigma_C N_{SE} \\ \frac{dN_{SR}}{dt} &= -\mu N_{SR} - \lambda_D N_{SR} + \gamma_C N_{SI} \\ \frac{dN_{IS}}{dt} &= -\mu N_{IS} - \lambda_D N_{IS} - \lambda_C N_{IS} + \lambda_D N_{SS} \\ \frac{dN_{IE}}{dt} &= -\mu N_{IE} + \lambda_C N_{IS} + \lambda_D N_{SE} - \gamma_D N_{IE} - \sigma_C N_{IE} \\ \frac{dN_{II}}{dt} &= -\mu N_{II} + \lambda_D N_{SI} - \gamma_D N_{II} - \gamma_C N_{II} + \sigma_C N_{IE} \\ \frac{dN_{IR}}{dt} &= -\mu N_{IR} + \gamma_C N_{II} - \gamma_D N_{IR} + \lambda_D N_{SR} \\ \frac{dN_{RS}}{dt} &= -\mu N_{RR} + \gamma_D N_{IS} - \gamma_C N_{RS} \\ \frac{dN_{RE}}{dt} &= -\mu N_{RE} + \lambda_C N_{RS} - \sigma_C N_{RE} + \gamma_D N_{IE} \\ \frac{dN_{RI}}{dt} &= -\mu N_{RI} - \gamma_C N_{RI} + \sigma_C N_{RE} + \gamma_D N_{II} \\ \frac{dN_{RR}}{dt} &= -\mu N_{RR} + \gamma_C N_{RI} + \gamma_D N_{IR} \\ \frac{dN_{RR'}}{dt} &= -\mu N_{RR} + \gamma_C N_{RI} + \gamma_D N_{IR} \end{aligned}$$

Para el vector:

$$\begin{aligned} \frac{dV_s}{dt} &= \mu_M V - \mu_M V_s - \lambda_M V_s \\ \frac{dV_I}{dt} &= -\mu_M V_I + \lambda_M V_s \end{aligned}$$

donde:

$\mu$  es la tasa de mortalidad y de natalidad del huésped (consideradas iguales de modo de conservar la población constante).

$1/\sigma_C$  es el tiempo de latencia de COVID-19.

$1/\gamma_C$  y  $1/\gamma_D$  son los períodos infectivos para COVID-19 y dengue, respectivamente.

$\lambda_c = \beta_c(N_{SI} + N_{II} + N_{RI})/N$  es la fuerza de infección para COVID-19, con  $\beta_c = R_0(\mu + \sigma_c)(\mu + \gamma_c)/\sigma_c$ .

$b$  es el número de picaduras por vector por día.

$\rho$  es la probabilidad mutua de transmisión del virus de dengue entre huésped y vector.

$\gamma_D = \rho b V / N$  es la fuerza de infección para dengue.

$\mu_M$  es la tasa de mortalidad y de natalidad del vector (consideradas iguales de modo de conservar la población constante).

$\lambda_M = \rho b (N_{IS} + N_{IE} + N_{II} + N_{IR})/N$  es la fuerza de infección en el vector.

### 2. MODELADO DE LAS MEDIDAS SANITARIAS EN COVID-19

La reducción en la tasa de contagio de COVID-19 debido a la implementación de medidas sanitarias es modelada a partir de una función de contagio  $\beta_c(t)$  de tipo exponencial, propuesta por Cotta *et al.*<sup>3</sup> El valor inicial  $\beta_{Cinicial}$  queda definido por el  $R_0$  de cada escenario considerado para el contagio considerado, y la reducción se implementa hasta llegar a una tasa de contagio final e igual para todos escenarios,  $\beta_{Cfinal}$  (ver detalles en la sección siguiente).

### 3. PARAMETRIZACIÓN

Se utiliza una mortalidad tipo I con expectativa de vida de 75 años, es decir  $1/\mu = 27\,375$  días.

A continuación, se presentan los parámetros utilizados en las simulaciones para dengue, para COVID-19 y para los efectos de las medidas de aislamiento.

#### Dengue

Picaduras por unidad de tiempo:  $b = 0,75$  (escenario de referencia)<sup>1</sup>

$1/\mu_M = 4,0$  días<sup>1</sup>

Duración del período infectivo  $1/\gamma_D = 4,0$  días. El valor considerado corresponde al valor intermedio entre el empleado por Derouich *et al.*<sup>1</sup> y el considerado por la OMS<sup>4</sup>.

Probabilidad de transmisión entre huésped y vector:  $\rho = 0,75$ <sup>1</sup>.

Introducción de dengue en la población mediante  $V_0/V = 1E-7$  mosquitos infectados a  $t = 10$  días

Población de huéspedes inmunes (considerando una región con dengue endémico y que la inmunidad es de por vida): 25%.

### COVID-19

Período de incubación:  $1/\sigma_c = 6,0$  días<sup>5</sup>.

Duración del período infectivo:  $1/\gamma_c = 7,0$  días<sup>6</sup>.

Número reproductivo de COVID-19 de cada escenario:  $R_0 = 2,0 \quad R_0 = 2,5 \quad R_0 = 4,0^5$

Introducción de COVID-19 en la población a  $t = 1$  día, con  $N_0/N = 1E-5$  repartida por igual entre infectados y expuestos.

### 3.1 PARÁMETROS RELACIONADOS CON LAS MEDIDAS DE AISLAMIENTO

Tiempo de inicio de la cuarentena temprana:  $T_1 = 40$  días

Tiempo de inicio de la cuarentena tardía:  $T_1 = 70$  días

Función de contagio:  $\beta_c(t) = \beta_c \exp(C.(t-T_1))^3$ .

$\beta_{c\text{inicial}} = R_{\text{inicial}}(\mu + \sigma_c)(\mu + \gamma_c)/\sigma_c$  con  $R_{\text{inicial}}$  de cada escenario.

$\beta_{c\text{final}} = R_{\text{final}}(\mu + \sigma_c)(\mu + \gamma_c)/\sigma_c$  con  $R_{\text{final}} = 1.5^6$ .

### 3.2 PARÁMETROS MODIFICADOS PARA EL MODELADO DE LA ACCIÓN DE LA CUARENTENA SOBRE LA DINÁMICA DEL DENGUE

Período infectivo de dengue ( $1/\gamma_D$ ) = 6,0 días

Picaduras por vector por día (b) = 1,0

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<sup>1</sup> Derouch M, Boutayeb A, Twizell E. A model of dengue fever. BioMed Eng OnLine. 2003; 2(1): 1-10.

<sup>2</sup> Population Biology of Infectious Diseases, Report of the Dahlem Workshop on Population Biology of Infectious Disease Agents Berlin 1982, March 14 – 19. Editors: Anderson RM, May RM. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1982. ISBN: 978-3-540-11650-9.

<sup>3</sup> Cotta RM, Naveira-Cotta CP, Magal P. Mathematical Parameters of the COVID-19 Epidemic in Brazil and Evaluation of the Impact of Different Public Health Measures. Biology 2020; 9(8), 220,1-26.

<sup>4</sup> Gubler DJ, Suharyono W, Tan R, Abidin M, Sie A. Viraemia in patients with naturally acquired dengue infection. Bulletin of the World Health Organization. 1981;59(4):623-30.

<sup>5</sup> Centros para la Prevención y el Control de Enfermedades. COVID-19 Pandemic Planning Scenarios. [Internet]. 2020 [citado 10 Jul 2020]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/planning-scenarios.html>

<sup>6</sup> Organización Panamericana de la Salud. COVID -19 effective reproductive Number (Rt) analysis (Brasil). [Internet]. 2020 [citado 10 Ago 2020]. Disponible en: <https://ais.paho.org/php/viz/COVID19Rt.asp>



Esta obra está bajo una licencia de *Creative Commons* Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional. Reconocimiento – Permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra. A cambio se debe reconocer y citar al autor original. No comercial – esta obra no puede ser utilizada con finalidades comerciales, a menos que se obtenga el permiso.