CENAIM INFORMA

Boletín Informativo No 126 15 de Abril del 2005

Por Bonny Bayot
Investigador Area Epidemiología

DINAMICA DE LA EPIDEMIA DE WSSV. Parte 1: Análisis a 27 ºC

La dinámica de una enfermedad infecciosa puede ser estudiada mediante modelos matemáticos que describen la variación en tiempo del estado de salud de los individuos en una población (número de individuos susceptibles o no infectados, infectados, enfermos y muertos). Para el caso de la epidemia de la mancha blanca en camarones *Litopenaeus vannamei*, el modelo de Lotz y Soto (2001) es el único existente en la literatura científica considera sólo el número de individuos como variable independiente. Este modelo considera las probabilidades de paso de un estado de salud a otro. Entre estos: la probabilidad de transmision de infección de un animal (β); la probabilidad de enfermedad de un animal infectado (γ); la probabilidad de que un animal enfermo muera o virulencia (α); y la probabilidad de que un cadaver deje de ser infeccioso o sea removido del sistema (δ). El modelo divide a la población inicial N_o en población sobreviviente a cualquier tiempo t más el acumulado de animales muertos hasta el tiempo t:

$$N_o = S_t + I_t + E_t + M_t \qquad (1)$$

Los cambios en tiempo del número de animales en cada una de las categorías son expresados con las siguientes ecuaciones de diferencias:

$$S_t = S_o - S_o\,[1 - (1 - \beta)^{C/a}] \qquad (2)$$

$$I_t = I_o + S_o\,[1 - (1 - \beta)^{C/a}] - E_o\gamma \qquad (3)$$

$$E_t = E_o + I_o\gamma - E_o\alpha \qquad (4)$$

$$M_t = E_o\alpha \qquad (5)$$

$$C_t = C_o + E_o\alpha - C_o\delta \qquad (6)$$

Donde; a = área que recorre un camarón por unidad de tiempo
$(1 - \beta)^{C/a}$ = Probabilidad que un susceptible no adquiera una infección después de la exposición a todos los camarones infecciosos
$1 - (1 - \beta)^{C/a}$ = Probabilidad que un camarón susceptible se infecte después de la exposición a todos los camarones infecciosos
S_o, I_o, E_o y C_o = Susceptibles, infectados, enfermos, cadáveres al tiempo t = 0
S_t, I_t, E_t y C_t = Susceptibles, infectados, enfermos y cadáveres al tiempo t

Las probabilidades β, γ, α, δ son determinadas en experimentos. Así, Soto y Lotz determinaron en sus experimentos de transmisión por ingestión, que las probabilidades de transmisión, patogenecidad, virulencia y remoción eran en promedio igual a 0.5, 0.5, 0.27 y 0.1, respectivamente.

Para estudiar las bondades del modelo de Soto y Lotz, se ingresaron datos de un experimento de desafío de camarones *L. vannamei* infectados por vía oral con papilla contaminada de WSSV y sometidos a diferentes temperaturas del agua (Sonnenholzner *et al.* 2002). En este experimento se registró durante 16 días la infección, estado patológico y supervivencia de juveniles (105 animales por tratamiento, 3 réplicas) *L. vannamei* (1.2 g, en promedio). En el presente estudio solo se utilizaron los datos correspondientes al tratamiento con temperatura de 27ºC. En un siguiente boletín reportará los resultados obtenidos con el tratamiento de 33 ºC.

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO A 27 ºC

En el tratamiento a 27 °C, los animales fueron infectados y mantenidos a esa temperatura hasta el final del experimento. Al día 0, antes de la infección, toda la población inicial de 105 animales era susceptible. Un pequeño porcentaje se infectó el primer día (Fig. 1). Al día 1.5 la mayoría de la población estaba infectada. A partir del día 2 no se encontró ningún camarón susceptible. Al final del experimento (día 16) la mortalidad acumulada promedio fue de 78 animales.

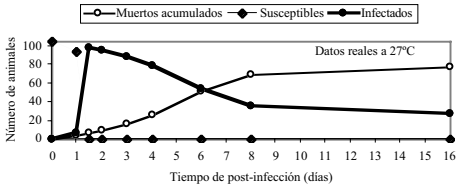

Figura 1. Desarrollo de la epidemia durante 16 días de post-infección en el tratamiento a 27 °C (promedios de 3 réplicas).

RESULTADOS DEL MODELO A 27 ºC

Aplicando el modelo a las condiciones iniciales de ese tratamiento (población = 105 animales, de los cuales, 105 eran susceptibles y 0 infectados, con una biomasa de infección correspondiente a 6 animales), con probabilidades de paso entre estados determinadas experimentalmente por Soto y Lotz (Tabla 1), se observó que el modelo predijo razonablemente los datos reales (Figura 2). Esto puede obedecer a que la temperatura de los experimentos utilizados para desarrollar el modelo fue similar al experimento de Sonnenholzner *et al.* Según el modelo, todos los animales dejan de ser susceptibles, pero lo hacen al primer día de post-infección, mientras que en realidad la infección generalizada ocurrió a los 1.5 días. Según el modelo, las mortalidades empiezan en el día 3 y llega a ser del 100 % a los 16 días (Figura 2), a diferencia de la mortalidad real que se inició al primer día de post-infección y que terminó siendo de 78 animales a los 16 días de post-infección (Figura 1). Por lo que el modelo le confiere a la epidemia un carácter más virulento del que realmente tuvo.

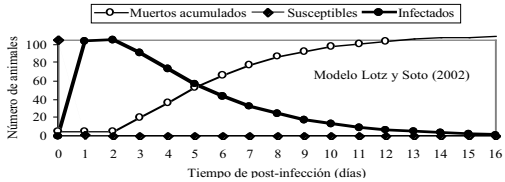

Figura 2. Resultado del modelo epidémico de Soto y Lotz para los datos del tratamiento a 27 °C. Valores iniciales del modelo: cadáveres = 6; población (N) = 105 animales, de los cuales, susceptibles = 105 e infectados = 0; a = 1.

MODIFICACION DE LAS PROBABILIDADES

Con el objeto de obtener simulaciones más acertadas, se modificaron las probabilidades en base al tiempo promedio en que permanecieron en cada uno de los estados durante el experimento (el inverso del tiempo promedio que los animales permanecen en determinado estado es equivalente a las probabilidades de paso de un estado a otro), obteniendo las probabilidades descritas en la tabla 1.

Tabla 1. Principales probabilidades que describen la epidemia de WSSV

Probabilidad	Significado de la probabilidad	Probabilidade modificadas
Transmisión	Paso de susceptible infectado	0.8
Patogenecidad	Paso de infectado a enferm	0.17
Virulencia	Paso de enfermo a muerto	0.12
Remoción	Cadáver deje de ser infecci	0.8

Con las probabilidades modificadas de la dinámica de la epidemia se corrió el modelo epidémico de WSSV y se encontró que al cabo de los 16 días las mortalidades acumulada fue de 74 animales, siendo éste valor más cercano a lo real (Figura 3).

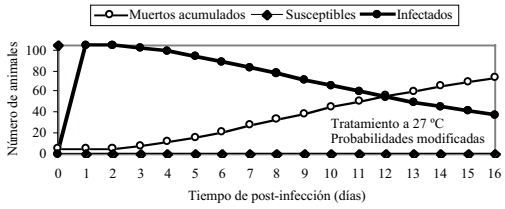

Figura 3. Resultado del modelo epidémico modificado para los datos del tratamiento a 27 °C. Los valores iniciales del modelo son: población (N) = 105 animales; susceptibles = 105, infectados = 0; cadáveres = 6.

Una vez que se cuenta con un modelo que reproduce aceptablemente las condiciones reales, se puede probar teoricamente distintos escenarios sin la inversión de dinero en experimentos y con la ventaja adicional que en el camino se produce un mejoramiento en el entendimiento de la epidemia.

Sonnenholzner S., Rodríguez J., Férez F., Betancourt I., Echeverría F. y Calderón J. (2002) Supervivencia y respuesta inmune de camarones juveniles *L. vannamei* desafiados por vía oral a WSSV a diferentes temperaturas. El Mundo Acuícola 8(1):50–55

Soto M. y Lotz J. (2001) Epidemiological parameters of white spot syndrome virus infections in *Litopenaeus vannamei* and *L. setiferus*. Journal of Invertebrate Pathology 78: 9-15.