

Conferencia Magistral: Conceptos básicos de fitoepidemiología

Keynote Speech: Basic Concepts on Plant Diseases Epidemiology

PALABRAS CLAVE: epidemiología, modelo logístico, tasa de desarrollo, epidemia policíclica.

JAIRO CASTAÑO ZAPATA

Profesor Distinguido.
Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Universidad de Caldas
jairo.castano_z@ucaldas.edu.co

Resumen

Fitoepidemiología es el estudio de los factores que afectan la tasa de incremento (r) de una enfermedad en poblaciones de plantas a través del tiempo. En este sentido esta ciencia permite a partir de modelos aritméticos realizar simplificaciones de la realidad y conocer el efecto del crecimiento de los patógenos al interior de los cultivos. El modelo logístico es quizás el más empleado por su ajuste a las epidemias policíclicas, a partir de él se describe una curva en forma de S, sigmoide, o curva alrededor del punto de inflexión. Los componentes principales de la ecuación son la constante r , que corresponde a la tasa de infección aparente y el factor $1/1 - X$, denominado factor de corrección, es el que causa que la tasa de crecimiento se acerque a 0 cuando al patógeno se le agota el tiempo o “le escasea el alimento”. El valor r es extremadamente útil para establecer una comparación rápida de diferentes epidemias causadas por el mismo patógeno. La modelación a partir de estas herramientas y el análisis de las curvas de progreso es lo primero que se debe hacer para describir una epidemia; para lo cual, lo más simple es graficar la cantidad de enfermedad contra tiempo sobre una escala aritmética. Esta se grafica a partir de $\ln 1/1 - X$ o $\ln X/ 1 - X$ contra tiempo,

para epidemias monocíclicas y policíclicas, respectivamente, con el fin de describir el comportamiento de la epidemia y poder tomar acertadamente prácticas para el manejo y control.

Enfermedad

Existe una serie de definiciones propuestas para expresar el concepto de enfermedad. Es difícil encontrar dos definiciones idénticas sobre el concepto de enfermedad, sin embargo, en general, los investigadores están de acuerdo en el sentido de que una enfermedad supone un proceso fisiológico.

Una de las definiciones más completas de enfermedad es aquella que la define como una interacción dinámica entre un patógeno, un hospedante y el medio ambiente, el cual ocasiona cambios anormales de tipo fisiológico y morfológico en los hospedantes. Por lo tanto, enfermedad no es una propiedad del hospedante, sino más bien un producto de la interacción del hospedante y el patógeno bajo un ambiente dado.

Estimación de enfermedad

Las estimaciones de enfermedad pueden ser cuantitativas, cualitativas o una combinación de estas dos. La cantidad de enfermedad presente puede ser referida como incidencia o severidad. Incidencia se refiere al número de unidades de las plantas que están enfermas visiblemente, usualmente relativo al número total de unidades estimadas. Si se considera a la planta como una unidad de medida, entonces, la incidencia de una enfermedad es la proporción o porcentaje de plantas con síntomas de la enfermedad evaluada.

Por su parte, la severidad de una enfermedad se refiere al área de tejido de la planta que se encuentra enferma. Esta puede ser estimada (o medida) y expresada bien sea como área total (o proporción) o porcentaje de tejido de la planta con síntomas de determinada enfermedad. Una estimación o medida de severidad de enfermedad es con frecuencia un proceso más difícil y más dispendioso en términos de tiempo. Sin embargo, esta puede ser una medida

más importante y útil para la investigación de muchos patosistemas que relacionan el manejo de una enfermedad, la dinámica poblacional y la estimación de pérdidas en rendimiento.

Usos del interés simple e interés compuesto continuo, como bases de estudios epidemiológicos

Con interés simple, el interés ganado por capital invertido permanece constante. Interés no gana interés. El interés compuesto continuo gana interés tan pronto es agregado al capital. Si 100 pesos producen 10 pesos en interés, o N interés, entonces 200 pesos invertidos en la misma forma producen 20 pesos o $2N$ interés. En cualquier inversión el interés que se gana es proporcional al capital inicial.

Imagine un hongo liberando esporas, las cuales se diseminan y germinan en tejidos de plantas en el mismo campo, produciendo de esta manera lesiones nuevas. Si el hongo de 100 lesiones madres inicia N lesiones hijas, y el hongo de 200 lesiones madres en el mismo campo y al mismo tiempo inicia $2N$ lesiones hijas, el hongo se incrementa en la misma forma como lo hace el dinero con interés; y se puede aplicar al incremento del hongo la misma aritmética aplicada al incremento de dinero puesto a interés.

Tasas de desarrollo logarítmica y aparente

Aplicando la ecuación logística, se obtienen la tasa logarítmica y la tasa de infección aparente. La primera, sirve para estimar la velocidad a la que se desarrollan las “epidemias monocíclicas” que se asemejan al interés simple, como son aquellas cuyos agentes causantes viven en el suelo y causan marchitamientos vasculares.

La segunda tasa se emplea para determinar la velocidad a la que se desarrollan las “epidemias policíclicas” que se asemejan al interés compuesto continuo, como son aquellas cuyos patógenos son diseminados principalmente por el viento y que causan enfermedades en los tejidos aéreos de las plantas.

En años recientes, la fitoepidemiología ha llegado a tener un significado amplio dentro de la fitopatología. El término se ha definido como: “el estudio de los factores ambientales que influyen la cantidad y distribución de enfermedad en poblaciones y el de las tasas de cambio en la cantidad de enfermedad en tiempo y en espacio, o en ambos” (Castaño-Zapata, 2002, p. 43). En general, fitoepidemiología es el estudio de los factores que afectan la tasa de incremento (r) de una enfermedad en poblaciones de plantas a través del tiempo.

Hasta hace pocos años las epidemias se definían en términos del triángulo de la enfermedad, es decir, el hospedante, el patógeno y el medio ambiente. El hospedante debe ser susceptible, el patógeno virulento y el medio ambiente favorable. Ninguno de estos componentes es independiente. Sin embargo, para entender una epidemia bien se debe agregar un cuarto elemento al triángulo: tiempo; lo anterior con el fin de conformar una pirámide, cono o tetraedro de la enfermedad. Los tres primeros factores deben estar no solo en su óptimo, sino que deben permanecer así por un periodo continuo, de lo contrario, la epidemia no tendrá éxito.

Crecimiento logístico

La ecuación logística describe una curva en forma de S, sigmoidea, y es simétrica alrededor del punto de inflexión. A este punto, alcanzado cuando $X = 0,50$, el tiempo se denomina tiempo medio, $T_{0,50}$. En el modelo la constante r es la tasa de infección aparente y también se le conoce como tasa de infección logística, la cual mide la velocidad del proceso epidémico. El factor $1/1 - X$, denominado factor de corrección, es el que causa que la tasa de crecimiento se acerque a 0 cuando al patógeno se le agota el tiempo o se le escasea el alimento.

La función $\ln X/1 - X$, se denomina *logit* de X, escrita *logit* (X) o *logit* X. La curva sigmoidea del progreso de una epidemia se puede transformar mediante regresión en una línea recta. La regresión de *logit* X

sobre tiempo t se denomina línea logit. El coeficiente de regresión, la tangente de la pendiente, es justo la tasa de infección logística r , la cual proporciona un valor promedio de r sobre todos los puntos a través del tiempo.

El valor r es extremadamente útil para establecer una comparación rápida de diferentes epidemias causadas por el mismo patógeno. Por ejemplo, proporcionar una estimación cuantitativa de los efectos de varios tratamientos o diferencias en resistencia genética. Este es un buen instrumento en estudios de epidemiología comparativa.

Una epidemia es un incremento de enfermedad con el tiempo. La curva del progreso de una enfermedad con el tiempo es probablemente lo primero que se debe hacer para describir una epidemia. Lo más simple es graficar la cantidad de enfermedad contra tiempo sobre una escala aritmética, la cual da curvas en forma de S. Se grafica $\ln 1/1 - X$ o $\ln X/1 - X$ contra tiempo, para epidemias monocíclicas y policíclicas, respectivamente.

Ejemplo de la planificación de estrategias de manejo de enfermedades

- Cultivo: Rosa
- Ciclo: 77 días
- Enfermedad: Mildiú veloso
- Patógeno: *Peronospora sparsa*
- Umbral económico: 5 %
- Inóculo inicial (X_0): 0,03
 - a. Si se aplica un producto sistémico altamente eficiente como metalaxil, que reduce la tasa de desarrollo del Mildiú veloso a $r = 0,04$, ¿sería posible bajar la severidad al umbral de daño económico?

$$X = X_0 e^{rt}$$

$$X = (0,03) e^{0,04 \times 77} = 0,6528 = 65\%$$
 - b. Supongamos que eliminando tejidos enfermos se puede reducir X_0 a la mitad. Combinando la aplicación del fungicida con la erradicación de tejidos enfermos,

¿sería posible bajar la severidad del Mildiú veloso al umbral de daño económico?

$$X = X_0 e^{rt}$$

$$X = (0,03 \times 0,5) e^{0,04 \times 77} = 0,3264 = 32 \%$$

- c. Supongamos que el manejo del medio ambiente, por ejemplo, densidad de siembra, reduce r a 0,02; combinando esta con fungicidas y destrucción de tejidos enfermos, ¿sería posible bajar la severidad del Mildiú veloso al umbral de daño económico?

$$X = X_0 e^{rt}$$

$$X = 0,015 e^{0,02 \times 77} = 0,06996 = 7 \%$$

- d. Supongamos que mediante mejoramiento genético se reduce el ciclo del cultivo a

63 días, $t = 63$; combinando este con fungicidas, reducción de inóculo y densidad de siembra, ¿sería posible bajar la severidad del Mildiú veloso al umbral de daño económico?

$$X = X_0 e^{rt}$$

$$X = 0,015 e^{0,02 \times 63} = 0,0528 = 5 \%$$

En conclusión, el manejo de enfermedades, por lo general, comprende el empleo de varias tácticas en diferentes épocas para la obtención de diferentes efectos: Control Integrado. No se trata de erradicar las enfermedades pero si regular sus efectos e incidencia, teniendo en consideración el teorema de la equivalencia y el modelo logístico de Van der Plank.

Referencias bibliográficas

- Castaño-Zapata, J. (2002). *Principios básicos de fitoepidemiología*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- Van Der Plank, J. E. (1963). *Plant diseases: Epidemics and control*. New York, NY, USA: Academic Press, New York.