

# ***14. Introducción al combate de las enfermedades de las plantas***

---

## ***Combate y manejo de enfermedades***

Las enfermedades causan disminuciones en la productividad de las plantas y en la calidad de las cosechas, por medio de alteraciones en los procesos fisiológicos normales. En el contexto agrícola, estas pérdidas en rendimiento y calidad se traducen a menudo en pérdidas económicas para el agricultor, el cual debe recurrir a diversas estrategias a fin de minimizar dicho perjuicio económico. Las estrategias que se llevan a cabo a fin de evitar que las enfermedades causen daño económico se denominan en su conjunto manejo de enfermedades. Las estrategias están formadas por una serie de prácticas que buscan reducir el nivel de enfermedad o su impacto en el rendimiento o la calidad, denominadas tácticas de combate de enfermedades. Una misma táctica de combate puede ser antieconómica en un contexto pero rentable en otro, y por tanto puede ser adecuada para el manejo de enfermedades en el segundo caso pero no en el primero, aun cuando sea eficaz en ambas situaciones. En una estrategia sostenible de manejo de enfermedades, las diferentes tácticas de combate se aplican en forma integrada, a fin de lograr un equilibrio entre la rentabilidad, la protección del ambiente y la salud del ser humano. En el presente capítulo, se dan las bases epidemiológicas para el combate de enfermedades de plantas y se categorizan las diferentes tácticas de manejo de las mismas. Posteriormente, en los Capítulos 13 a 19 se analizan los principales métodos por medio de los cuales se llevan a cabo dichas tácticas. El Capítulo 20, se analizan los factores económicos del combate de enfermedades, y finalmente en el Capítulo 21, se dan las bases para el desarrollo de estrategias de manejo integrado de enfermedades en las plantas.

## ***Principios epidemiológicos del combate de enfermedades***

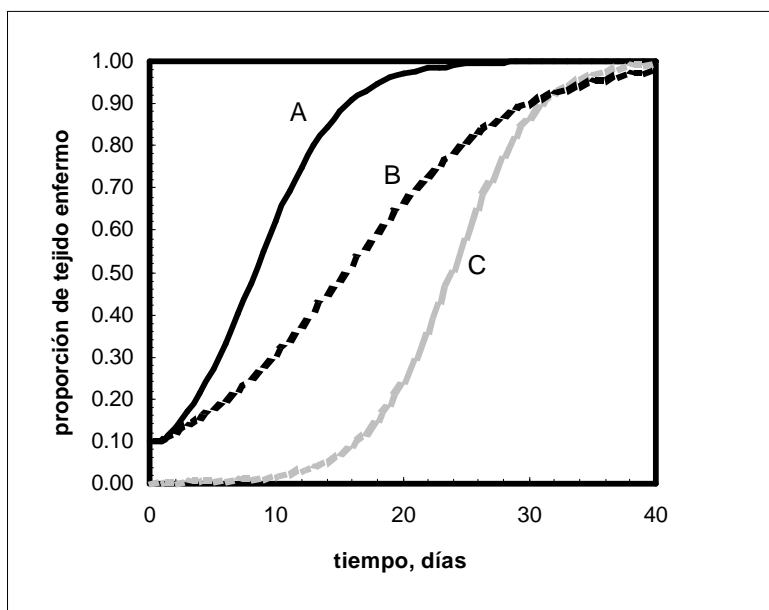
El desarrollo de una epidemia está dado por el nivel de enfermedad inicial, la tasa de infección aparente y el tiempo disponible para que la epidemia progrese. El combate de las enfermedades depende del manejo de estos factores (Figura 14.1).

La enfermedad inicial se puede manejar reduciendo el nivel de inóculo inicial y su eficiencia. El nivel de inóculo inicial se puede reducir alterando los factores ambientales abióticos y bióticos que afectan la supervivencia del patógeno y producción de dicho inóculo. La eficiencia del inóculo inicial puede reducirse mediante prácticas que reduzcan la dispersión del inóculo primario y la infección del hospedante. En enfermedades monocíclicas, el manejo de estos dos factores reduce también la tasa de infección aparente.

En enfermedades policíclicas, la tasa de infección está influida principalmente por el inóculo secundario. El manejo de la tasa de infección requiere entonces disminuir la tasa de producción de inóculo secundario por unidad de tejido enfermo y por unidad de tiempo, la proporción de inóculo

secundario que alcanza un tejido susceptible, y la proporción de éste que, habiendo alcanzado un tejido susceptible, logra infectarlo. Todos estos componentes pueden manejarse de diversas maneras, por ejemplo, promoviendo condiciones ambientales desfavorables a la esporulación, dispersión e infección, sembrando plantas resistentes y mediante prácticas como la aplicación de fungicidas.

El tiempo disponible para que la enfermedad progrese puede manejarse mediante la reducción del período susceptible de la planta (por ejemplo, mediante la nutrición) o evitando que dicho período coincida con condiciones favorables a la producción de inóculo, la diseminación y la infección.



**Figura 14.1.** Desarrollo de una enfermedad hipotética, y efecto de variar la tasa de infección aparente o el nivel de enfermedad inicial. A: Epidemia original. B: tasa de infección aparente reducida a la mitad. C: nivel de enfermedad inicial reducido 100 veces.

## ***Tácticas de combate***

El combate de enfermedades en las plantas involucra el manejo de los diversos componentes que forman el triángulo de enfermedad, a saber el patógeno, el hospedante, el ambiente y sus interacciones (Figura 14.2). Esto se lleva a cabo mediante la aplicación de una o varias de las siguientes tácticas:

**Evitación:** Consiste en evitar que los tejidos susceptibles se encuentren en condiciones favorables al patógeno. El ejemplo más obvio es la siembra en épocas o áreas desfavorables al patógeno. El manejo de la arquitectura de la planta o de la densidad de siembra para modificar el ambiente entraría también en esta categoría.

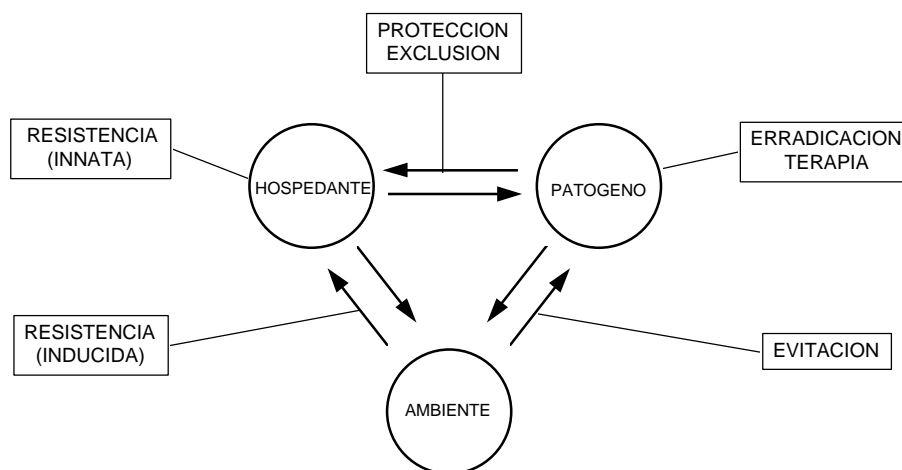
**Exclusión:** Consiste en evitar la entrada del patógeno en un área no invadida. El ejemplo clásico es la cuarentena.

**Erradicación:** Consiste en reducir, eliminar o inactivar el inóculo en su fuente o en eliminar plantas o partes de ellas donde se ha establecido.

Protección: Consiste en interponer una barrera física o química entre el hospedante y el patógeno, que impida la colonización de los tejidos sanos del hospedante. La aplicación de fungicidas de contacto es el caso más común de protección.

Resistencia: Consiste en la reducción del desarrollo de la enfermedad mediante los mecanismos de defensa de la planta misma.

Terapia. Consiste de la eliminación del patógeno dentro del tejido de la planta sin destruir los tejidos de la misma.



**Figura 14.2. Tácticas de manejo de enfermedades en las plantas y su relación con el triángulo de enfermedad.**

## ***Métodos de combate***

Las tácticas de combate de una enfermedad se llevan a cabo mediante una serie de técnicas o métodos de combate, los cuales han sido clasificados tradicionalmente en las siguientes categorías:

Combate por resistencia: uso de plantas resistentes o tolerantes.

Combate químico: aplicación de productos químicos, sintéticos o naturales.

Combate cultural: modificación de las prácticas de cultivo.

Combate físico: mediante tratamientos físicos como frío, calor o radiación.

Combate biológico: uso de organismos, excluyendo la planta hospedante y al hombre.

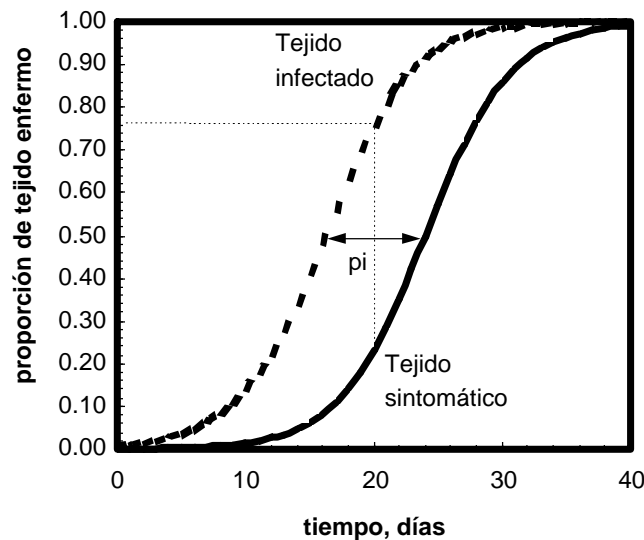
Combate legal. Aplicación de leyes y reglamentos fitosanitarios.

## ***Sistemas de advertencia de enfermedades***

Para lograr un manejo racional de las enfermedades de las plantas, reduciendo los costos para el agricultor y la posibilidad de daños al ambiente, es necesario aplicar las tácticas de combate de acuerdo con el riesgo de que la enfermedad se desarrolle y alcance niveles dañinos. Los sistemas que ayudan a estimar el riesgo de que una enfermedad se desarrolle o se incremente se denominan sistemas de pronóstico o sistemas de advertencia de enfermedades. Estos sistemas se basan en un adecuado conocimiento cuantitativo de los factores que determinan el desarrollo de la enfermedad, lo cual permite predecir el desarrollo futuro de la enfermedad y decidir si se debe aplicar una determinada medida de combate.

Los sistemas de pronóstico se basan en la estimación directa o indirecta del nivel de inóculo primario o secundario, y del potencial de este inóculo para causar infección.

Algunos sistemas de advertencia se basan directamente en el nivel de enfermedad observado en el campo, lo cual entraña un riesgo ya que la cuantificación del tejido visiblemente enfermo (sintomático) no indica el nivel de infección, debido a que una buena parte del tejido infectado podría encontrarse en el período de incubación y no manifestar síntomas (Figura 14.3). Por esta razón, para que un sistema de pronóstico basado en síntomas sea exitoso, la evaluación de la enfermedad debe hacerse en estados muy tempranos de la enfermedad. Un refinamiento de esta metodología es la evaluación de la enfermedad antes de que aparezcan los síntomas. Esto requiere un método de detección muy sensible (por ejemplo, serología o PCR) y un esquema de muestreo confiable. Otro refinamiento es la detección de la radiación infrarroja emitida por el tejido enfermo, la cual se da antes de que aparezcan síntomas detectables por el ojo humano.



**Figura 14.3.** Efecto del período de incubación ( $\pi$ ) en la estimación visual del nivel de infección. En este caso un 20% de enfermedad visible corresponde con casi un 80% de tejido enfermo total (sintomático y asintomático). El período de incubación es de aproximadamente ocho días. En estas condiciones la aplicación de una medida de combate con base en la estimación visual podría resultar demasiado tardía.

Debido al riesgo que entraña el basar el pronóstico en el nivel de enfermedad propiamente dicha, la mayoría de los sistemas tratan de predecir el desarrollo de la enfermedad con base en el

comportamiento de alguno de los componentes del triángulo de enfermedad, bien sea en recuentos directos o indirectos del nivel de inóculo primario (ej. recuento de nematodos o de esclerocios en el suelo), o en la medición de las condiciones ambientales potencialmente favorables al desarrollo de la enfermedad (ej. combinaciones de temperatura y horas de mojadura favorables al establecimiento de períodos de infección) durante la etapa de susceptibilidad del hospedante. Algunos pocos se basan en el recuento directo del inóculo secundario, pero esto es difícil y requiere equipo costoso y personal muy capacitado.

Para que un sistema de pronóstico pueda ser usado en la práctica, debe cumplir una serie de requisitos que lo hagan más deseable que tomar medidas preventivas sin una estimación a priori del riesgo real de que se presente una enfermedad. Primero, debe ser confiable, es decir, que sus predicciones correspondan con la realidad. Segundo, un sistema de pronóstico debe referirse a una enfermedad de importancia económica pero esporádica, para la cual las condiciones favorables no ocurran todo el tiempo, ya que en este caso carece de utilidad, pues siempre habría que combatir la enfermedad. Un tercer aspecto importante para la utilidad de uno de estos sistemas es que se disponga de una herramienta adecuada de combate, eficaz después de que la enfermedad ha sido pronosticada. Por ejemplo, si las poblaciones de nematodos fitoparásitos de un cultivo son de tal magnitud que si se siembra una variedad susceptible, ésta podría sufrir un daño económico, el agricultor tiene la opción de sembrar una variedad resistente o aplicar un nematicida antes de sembrar. En cuarto lugar, el sistema de pronóstico debe ser rentable. Si el costo de aplicar el pronóstico es mayor que el beneficio económico de hacerlo, el agricultor no lo va a utilizar. Una quinta consideración es que el uso del pronóstico no entre en conflicto con el combate de otras enfermedades y plagas. Por ejemplo, si se está en una época favorable a una enfermedad y el agricultor debe hacer una aplicación de un insecticida para una plaga, él encontrará preferible añadir el fungicida adecuado para el combate de la enfermedad en la misma aplicación, en lugar de hacer una aplicación para la plaga ahora y la aplicación contra la enfermedad cuando el pronóstico lo indique. Por último, debe ser oportuno y permitir que las medidas de combate puedan ser aplicadas a tiempo. Por ejemplo, si luego de que ocurran las condiciones favorables para la infección, las condiciones ambientales permanezcan lluviosas, no sería posible aplicar a tiempo el fungicida adecuado.

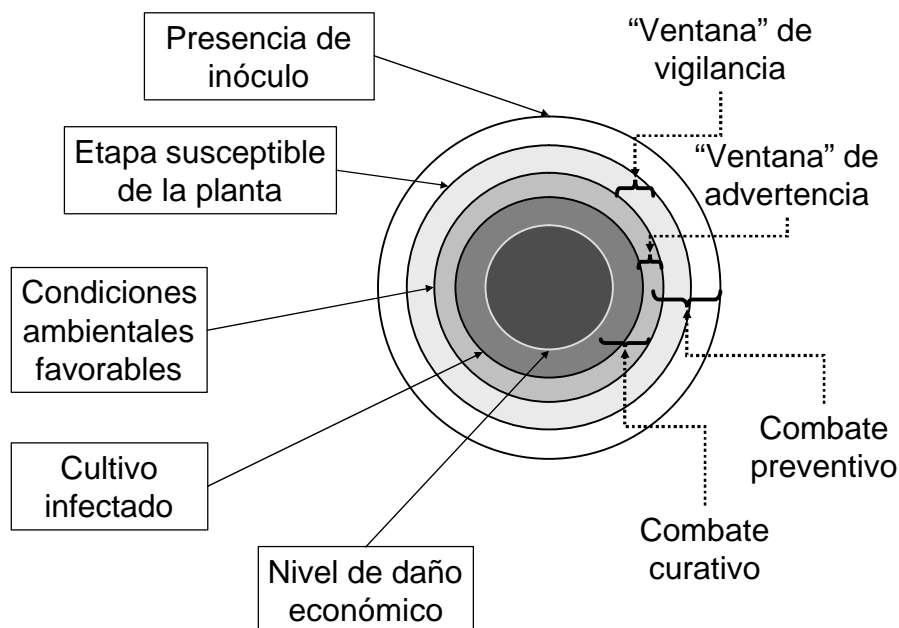
Idealmente, una vez que se tiene una idea del nivel de enfermedad que se podría llegar a producir de no tomarse medidas de combate, debería sopesarse el nivel de pérdida esperado con el costo del combate, a fin de conocer la rentabilidad de dicha práctica antes de aplicarla.

La Figura 14.4 muestra los diferentes niveles de riesgo que deben considerarse en la decisión de adoptar medidas de combate de una enfermedad<sup>1</sup>. En dicha figura, los círculos representan las condiciones favorables al desarrollo de la enfermedad, las cuales se vuelven más favorables a medida que se avanza hacia el centro del círculo. Primero se establece una “ventana de vigilancia” cuando coincide presencia de inóculo del patógeno con la etapa susceptible del hospedante. Si las condiciones ambientales son favorables al desarrollo de la enfermedad, se establece una “ventana de advertencia”, en la cual ya existe el riesgo de que la enfermedad se establezca en el cultivo y eventualmente alcance niveles en que las pérdidas superen el costo del combate, es decir que alcance el nivel de daño económico. Antes de que el daño económico ocurra deben establecerse las medidas de combate. Este puede ser preventivo (profiláctico), es decir aplicando medidas que eviten la infección, o curativo (terapéutico), aplicando medidas cuando ya se ha dado la infección. Debido a que la “ventana de advertencia” puede ser muy angosta, dependiendo de las características epidemiológicas de la enfermedad puede ser necesario iniciar el combate curativo desde ese momento

---

<sup>1</sup> Nótese que estos niveles coinciden con los ya estudiados componentes del “triángulo de enfermedad” (Capítulo 12).

(enfermedad destructiva, de desarrollo rápido en un cultivo muy rentable), o bien continuar con medidas preventivas (enfermedad poco destructiva, de desarrollo lento en un cultivo poco rentable). Estos conceptos se ampliarán en los capítulos subsiguientes.



**Figura 14.4. Elementos que deben considerarse en la decisión de combatir una enfermedad. Ver explicación en el texto.**

## ***Bibliografía***

- Agrios, G.N. 1996. Fitopatología. 2a. Ed. México, Limusa. 838 p.
- Arauz, L.F. 1993. Nuevas tendencias en el combate de enfermedades de las plantas. Memorias IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica, Octubre 1993. s.p.
- Berger, R.D. 1979. Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. Annual Review of Phytopathology 15:165-183.
- Campbell, C.L. y Madden, L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. New York, NY, EEUU, Wiley. 532 p.
- Estados Unidos, National Academy of Sciences. 1988. Desarrollo y Control de las Enfermedades de las Plantas. México, Limusa. 223 p.
- Fry, W.E. 1982. Principles of Plant Disease Management. Orlando, FL, EEUU., Academic Press. 378 p.
- González, L.C. 1975. Introducción a la Fitopatología. San José, Costa Rica, IICA. 148 p.
- Skylakakis G. 1983. Theory and strategy of chemical control. Annual Review of Phytopathology 21: 117-124.
- Shtienberg, D. 2000. Modelling: the basis for rational plant disease management. Crop Protection 19:747-752.

Van der Plank, J.E. 1963. Plant Diseases, Epidemics and Control. New York, NY, EEUU, Academic Press. 349 p.

Zadoks, J.C. y Schein, R.D. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. New York, NY, EEUU, Academic Press. 426 p.