

AGROECOSISTEMAS: INTERVENCION HUMANA Y DESARROLLO DE ENFERMEDADES DE PLANTAS

*Ph.D. Jairo Castaño-Zapata**

Los ecosistemas naturales están compuestos de factores abióticos y bióticos. Los factores abióticos están conformados por elementos carentes de vida, los factores bióticos o con vida se clasifican según la función que desempeñan dentro del ecosistema y pueden ser organismos productores, consumidores y regeneradores. Las interrelaciones entre estos componentes se aprecian cuando se analizan los flujos de energía que se llevan a cabo entre los componentes del ecosistema, cadenas de alimento, patrones de diversidad en tiempo y espacio, ciclos de los nutrientes, desarrollo y evolución, y control.

Toda comunidad, pequeña o grande, posee una composición taxonómica definida, una apariencia reconocible, y una organización trófica definida. Las comunidades, o ecosistemas, son las unidades básicas del mundo natural. El concepto de ecosistema es útil para ayudar a entender a la agricultura como un sistema, el lugar natural y función de las enfermedades que atacan a las plantas, la evolución de resistencia en las plantas y patogenicidad en los patógenos, los efectos de los agroecosistemas o ecosistemas desarrollados por el ser humano sobre las relaciones hospedero-parásito, y la función de los humanos como parte de los ecosistemas.

La comprensión del lugar y función de los componentes que integran los ecosistemas se facilita a través del concepto de nivel trófico. De acuerdo a este concepto, cada población en una comunidad desempeña una actividad en el flujo de energía y materiales a través del ecosistema. En otras palabras, diferentes clases de organismos pueden ser separados dentro de niveles tróficos o niveles de alimentación, dependiendo de la fuente de energía y materiales que tales organismos requieren. El grupo básico está conformado por productores (plantas verdes y algunas bacterias autotróficas), los cuales son capaces de proporcionar energía

* Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana. Apartado 93. Tegucigalpa, Honduras.

nueva al ecosistema a través del proceso de la fotosíntesis. Los organismos heterotróficos dependen de esta fuente de energía y se les considera como organismos consumidores, los cuales, pueden ser separados en varios niveles: los consumidores primarios (heterótrofos y herbívoros), que obtienen su alimento directamente de las plantas verdes, entre los cuales se incluyen a los vacunos, insectos, y hongos patogénicos; los consumidores secundarios (hiperparásitos, depredadores, carnívoros), los cuales obtienen su mayor fuente de alimento de los consumidores primarios; y por último, todos los organismos mueren y se constituirán en el substrato para muchas clases de organismos pudridores, los regeneradores, responsables de la transformación de moléculas orgánicas complejas en moléculas simples fácilmente absorbidas por las plantas verdes en el proceso de absorción de nutrientes del suelo. A excepción de los organismos productores, los demás ocupan a menudo más de un nivel trófico. El ser humano es un buen ejemplo, ya que puede ser herbívoro y carnívoro. Los hongos, además de tener la capacidad de ser consumidores primarios y secundarios, pueden ser regeneradores. En relación a los hongos, estos llevan a cabo varias funciones importantes en la transformación de la materia y flujo de energía dentro de los ecosistemas. Tan pronto las plantas verdes y animales, incluyendo a los humanos, mueren por alguna causa, serán descompuestos en moléculas simples reusables por hospedantes de microorganismos, tales como, hongos y bacterias, quienes desempeñan funciones importantes en la transformación del carbono, oxígeno, nitrógeno, y agua. Los hongos y bacterias regeneradoras tienen funciones muy específicas dentro de los ecosistemas. Ellos son los microorganismos comunmente conocidos como saprófitos o saprobios. Pero algunos de estos han desarrollado otros mecanismos y por lo tanto ocupan diferentes niveles tróficos. Incluidos acá están los parásitos de plantas verdes. Los parásitos son consumidores primarios como los herbívoros del reino animal. Hay algunos hongos en el tercer nivel trófico, aquellos que adquieren su nutrición de consumidores primarios. Ejemplos son los hongos entomopatógenos, tales como, *Beauveria bassiana* y *Verticillium lecanii*; animales de varias clases, y hongos que atacan a otros hongos, algunas veces a hongos parasíticos de plantas, tales como, *Penicillium* sp. y *Trichoderma harzianum*.

Un parásito se define como un organismo que adquiere su nutrición de un hospedante vivo. ¿Cómo llegaron los hongos a ser parásitos? La verdadera respuesta se desconoce, pero se asume que durante extensos períodos evolucionarios de tiempo, algunos de los hongos regeneradores desarrollaron la capacidad de utilizar sustancias de plantas vivas como alimento lo cual aumento su capacidad de supervivir. Los hongos parásitos no constituyen un grupo taxonómico especial, más bien, son variaciones de algunas clases de hongos fácilmente reconocibles y mor-

fológicamente iguales a sus parientes saprófitos. En realidad, algunos géneros de hongos poseen ambos miembros: saprófitos y parásitos, tal es el caso de Cephalosporium, Fusarium, Verticillium, y muchos otros. Muchas especies de hongos pueden ocupar más de un nivel trófico a medida que son capaces de cambiar sus hábitos alimenticios.

La mayoría de las interacciones parasíticas deben ser muy antiguas de tal manera que el hospedante y parásito han coevolucionado paralelamente, cada uno afectando la selección del otro, y cada uno respondiendo a cambios genéticos del otro. Si el período de interacción ha sido suficientemente largo para que el hospedante y parásito coevolucionen juntos, cualquier enfermedad es expresada a niveles bajos en su centro de origen, tal como lo ilustra las historias del tizón del castaño Americano causado por Endothia parasitica, la roya del café causada por Hemileia vastatrix, y el tizón tardío de la papa causado por Phytophthora infestans.

Algunas de las epidemias más relevantes en la historia de la agricultura han surgido cuando un patógeno ha sido introducido dentro de una población de plantas con la cual no ha coevolucionado. Las enfermedades mencionadas antes fueron casos típicos de epidemias con efectos devastadores debido a la carencia de coevolución entre hospedantes y patógenos.

Los agroecosistemas o sistemas agrícolas establecidos por el ser humano, son por lo general menos diversos que los ecosistemas naturales que ellos reemplazan. Los agroecosistemas tienen numerosos determinantes: prevalencia de factores climáticos y edáficos, flora y fauna nativa, animales y plantas adaptadas, y los humanos con sus actividades sociales, económicas y culturales. Los agroecosistemas son por lo general menos complejos que los ecosistemas naturales que ellos reemplazan. Esos sistemas son menos diversos en número y clases de especies y por lo tanto tienen menos interacciones entre las poblaciones de especies que los conforman. Las poblaciones más extensas en cantidad son por lo general aquellas manipuladas por el ser humano. Las especies indeseables se tornan en malezas o plagas y por consiguiente son eliminadas o controladas. Los patógenos de plantas también caen dentro de esta categoría.

Los agroecosistemas y las poblaciones de plantas que los componen tienen atributos que con frecuencia aumentan la probabilidad de ataque de enfermedades. Estos atributos son el resultado directo del esfuerzo del ser humano de alterar sistemas naturales para satisfacer algunos de sus propósitos o necesidades personales.

En la agricultura, el desconocimiento del principio de coevolución ha causado problemas severos de enfermedades de plantas y su control. La primera introducción de cultivares resistentes fue hecha asumiendo que un gene o dos impartían resistencia duradera. De esto se aprendió algo acerca de la capacidad de los hongos de adaptarse genéticamente. Es lo contrario de introducir un patógeno en una área nueva. En efecto, ahora introducimos hospedantes resistentes dentro de poblaciones de patógenos potencialmente virulentos, poniendo stresses de supervivencia sobre aquellas poblaciones.

En resumen, los hongos son altamente saprofíticos. Después de extensos períodos de evolución, algunos de ellos se han adaptado y evolucionado dentro de parásitos con varios niveles tróficos. El desarrollo o cambio de saprobo a parásito es un proceso evolucionario que se ha repetido muchas veces en varios hongos. No importa cual es su nivel trófico, los hongos son miembros normales, naturales, funcionales e interdependientes de ecosistemas. Cuando el ser humano ha actuado sobre ellos, ha tenido efectos notorios sobre los sistemas naturales, creando sistemas simplificados (agroecosistemas), manipulando la genética de los hospedantes e inmediatamente después, indirectamente la genética de los parásitos coevolucionantes.

Las epidemias trascendentales han seguido siempre alguna actividad humana identificable. Las epidemias de enfermedades de plantas son en su mayoría inducidas por el ser humano y como tal, este constituye una fuente de desregulación y ese ha sido el caso de epidemias históricas causadas por enfermedades fungosas como la roya fusiforme de los pinos causada por Cronartium fusiforme y el tizón foliar sureño del maíz causado por Helminthosporium maydis.

Varias prácticas de la agricultura moderna han aumentado el potencial de enfermedades destructivas. Dos de esas prácticas son el uso de plantas genéticamente similares en monocultivo continuo y el empleo de plantas susceptibles a patógenos.

El monocultivo continuo de plantas genéticamente similares selecciona eficientemente patógenos que son bien adaptados al genotipo del cultivo. Esta práctica provee al patógeno de un substrato permanente. La agricultura moderna demanda uniformidad. Uniformidad en maduración, respuesta a prácticas culturales, y calidad de consumo, son características deseables dentro de un cultivo para facilitar eficiencia en los tratamientos, cosecha, y mercadeo.

Las prácticas de mejoramiento, incluyendo resistencia a enfermedades, generalmente enfatizan uniformidad genética. Como consecuencia la diversidad genética ha sido reducida drásticamente en la agricultura moderna, lo cual trae consigo el desarrollo de epidemias en poblaciones de cultivos con efectos devastadores. La siembra extensiva de un genotipo de maíz susceptible a la raza T de Helminthosporium maydis fue el factor más importante que provocó la epidemia del tizón foliar suroño del maíz ocurrida en Estados Unidos en 1970.

La agricultura moderna puede permitir a algunos patógenos ser más destructivos de lo que ellos serían en ecosistemas naturales. Los patógenos que eliminan a sus hospedantes en la naturaleza no predominan en la población del patógeno debido a que pierden la ventaja selectiva de un hospedante susceptible. Las plantas susceptibles son reemplazadas por individuos resistentes. En lugares en donde los hospedantes y patógenos han coevolucionado sin la influencia humana, como son las poblaciones naturales, las plantas resistentes predominan en la población del hospedante.

La agricultura moderna previene el dominio natural de un genotipo de planta debido a que usa varias tecnologías que le permite la producción de semilla "sana" en ausencia de patógenos. Asegurando el suministro de plantas susceptibles, la agricultura moderna aumenta el potencial destructivo de algunos patógenos.

La población mundial de seres humanos se aproxima a la enorme cifra de 6000 millones y está proyectada para duplicarse en menos de 50 años. Algunos recursos se encuentran ya escasos. En muchos lugares del mundo el suministro de alimento ha sido inadecuado. De todos los recursos necesarios para apoyar la vida, alimento es el más crítico. A medida que la población humana aumenta, la necesidad por alimento será más aguda. Aunque aún no se dispone de una solución adecuada para la explosión demográfica, un componente de cualquier solución debe incluir un esfuerzo para aumentar el suministro de alimentos. La supresión de enfermedades de plantas y la reducción de pérdidas en el rendimiento debido a enfermedades son factores decisivos para aumentar el suministro de alimentos.

El mejoramiento de plantas de cosecha mediante la producción de variedades de alto rendimiento es una de las formas más adecuadas y económicas para incrementar la producción de alimentos. Los centros internacionales de investigación agrícola, tales como el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT en México, y el Instituto Internacional de Investigación en Arroz, IRRI en las Filipinas, han

contribuido decisivamente en la producción mundial de alimentos mediante la reconocida "revolución verde" del trigo y del arroz. Para lograr rendimientos altos con las variedades semienanas y enanas de alta producción, se tuvieron que mejorar muchas de las prácticas agrícolas. Por ejemplo, se tuvo que aumentar la población de plantas por área, modificar la época de siembra y usar grandes cantidades de fertilizantes, lo mismo que el incremento de la frecuencia de irrigación en los campos de cultivo. Pronto se sembraron áreas extensas con variedades genéticamente uniformes de alto rendimiento y en muchas áreas los patógenos locales o las razas fisiológicas locales de patógenos comunes atacaron a las variedades nuevas provocando epidemias devastadoras. En trigo, se destacan las royas causadas por *Puccinia* sp. y en arroz, las enfermedades bacteriales causadas por *Xanthomonas* sp. y el añublo causado por *Pyricularia oryzae*. Hasta la introducción de las variedades mejoradas de arroz, las enfermedades bacteriales se desconocían o tenían poca importancia cuando se sembraban las variedades locales o tradicionales, pero, debido a la alta fertilización con nitrógeno y a la doble cosecha de grandes extensiones de variedades genéticamente uniformes, tales enfermedades han alcanzado en algunas áreas niveles catastróficos. En algunos países, el añublo del arroz, también ha causado estragos sobre las variedades mejoradas de arroz sometidas a dosis altas de nitrógeno. El caso más reciente tuvo lugar en Corea del Sur en 1978.

Los casos mencionados demuestran claramente que la concentración en extensas áreas de cultivos de la misma variedad y especie, tiene muchos riesgos especiales, en particular la aparición o introducción y rápida diseminación de patógenos destructivos.

Si en el futuro las epidemias van a ser evitadas o reducidas en frecuencia, tasa, o efecto, debemos entender lo que hemos hecho para inducir las. En gran parte, esto significa analizando cómo nuestras actividades de la agricultura moderna departe significativamente de las condiciones de los sistemas naturales en donde enfermedad es parte del sistema.

En el futuro, el manejo de los agroecosistemas deberá simular los sistemas naturales con el fin de manejar a las enfermedades en forma eficiente y económica.

REFERENCIAS SELECTAS

AGRIOS, G.N. 1989. Plant pathology. Academic Press, Inc.

- BROWNING, J.A. 1974. Relevance of knowledge about natural ecosystems to development of pest management programs for agroecosystems. *Proc. Am. Phytopathol. Soc.*
- CASTAÑO, J. 1986. *Principios básicos de fitopatología.* Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
- FRY, W.E. 1982. *Principles of plant disease management.* Academic Press.
- KLINKOWSKI, M. 1970. Catastrophic plant diseases. *Annual Rev. of Phytopath.* APS Press.
- MONTALDO, P. 1982. *Agroecología del trópico americano.* IICA, Costa Rica.
- ODUM, E.P. 1971. *Fundamentals of ecology.* W.B. Saunders, Philadelphia.
- ZADOKS, J.C. and R.D. SCHEIN. 1979. *Epidemiology and plant disease management.* Oxford University Press.