

## Importancia de las enfermedades de fin de ciclo: su relación con la ecofisiología y el uso estratégico de fungicidas en el cultivo de soja

Carmona, Marcelo A. Ing. Agr. M Sc. Profesor Asociado Cátedra de Fitopatología.  
Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

Los técnicos y productores están comenzando a resaltar la creciente importancia de las enfermedades de fin de ciclo (**EFC**) como factor limitante de la producción nacional de soja, a pesar de contar con dificultades para su diagnóstico temprano. El actual proceso de reconocimiento de la importancia de estas enfermedades fue facilitado principalmente por la mayor frecuencia de los monitoreos a campo direccionados a detectar a la roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) que permitieron también “descubrir” a las **EFC**. También es necesario destacar como contribución, el efecto percibido en varios lotes de aumentos de producción y de calidad de semilla generados por el uso de fungicidas aplicados para el control de las **EFC** (Molina et al 2004, Gally et al 2004).

Indudablemente las **EFC** poseen características muy particulares que las hacen muy diferentes a otras enfermedades que los productores y técnicos están acostumbrados a manejar en los cultivos extensivos. A modo de ejemplo si se debiera resumir estas características, muchas de las cuales dificultan el diagnóstico y manejo, deberíamos comenzar por la propia definición del nombre común de estas enfermedades. Se entiende por **EFC** a un grupo o complejo de enfermedades cuyos síntomas se manifiestan en estados reproductivos intermedios y avanzados. Si bien los síntomas que causan se tornan más conspicuos en etapas reproductivas intermedias y avanzadas del cultivo, la mayoría de los patógenos que las provocan están presentes en etapas previas, en algunos casos provocando infecciones latentes sin posibilidad de observación directa a campo (asintomáticas) con prolongados periodos de incubación, o formando estructuras reproductivas que contribuyen a aumentar la presión de inóculo en las etapas de mayor susceptibilidad de la planta. Como consecuencia de lo anterior hay un aumento de la severidad hacia el fin de ciclo que incluso se puede confundir con la senescencia natural, pudiendo muchas veces pasar desapercibido, lo que dificulta la toma de decisión. Estas características son de gran importancia debido a que la espera de la visualización de los síntomas y fructificaciones (como puede ser costumbre para otras enfermedades en cultivos como trigo, maíz o cebada) puede llevar a un atraso en la toma de decisión química en relación al período crítico de generación de rendimiento del cultivo de soja y no lograr el impacto deseado. Sin embargo es necesario aclarar que algunas veces pueden observarse señales de *Septoria*, *Colletotrichum* o *Cercospora* más tempranamente. Otra dificultad radica en que las **EFC** constituyen un complejo de enfermedades (a las que también deben incluirse las bacteriosis), y como tal ofrece inherentemente mayores obstáculos para el diagnóstico y cuantificación individual.

En este trabajo se analizarán la importancia de las **EFC**, la relación de su ocurrencia con la ecofisiología del cultivo y su manejo químico.

### Introducción

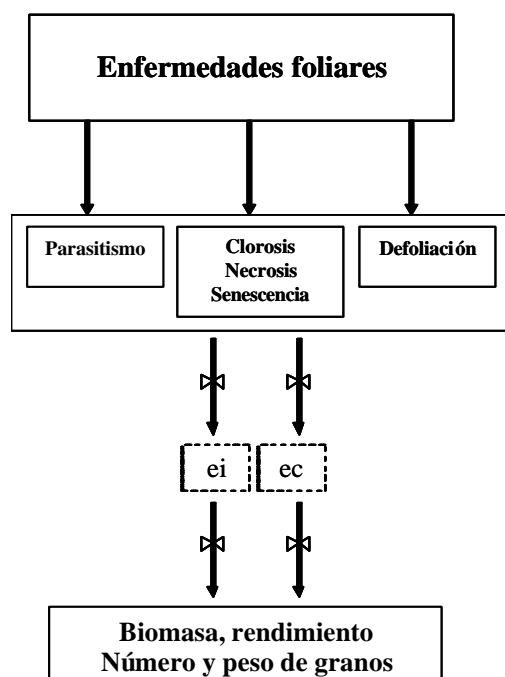
Todos los principales patógenos causantes de las **EFC** son necrotróficos (extraen nutrientes de tejidos muertos). De manera similar a lo que ocurre con la mayoría de los necrotróficos de otros cultivos, los agentes causantes de las **EFC** sobreviven en semillas y rastrojo. El cultivo de soja en el país ha crecido conjuntamente con la superficie bajo siembra directa (**SD**) y monocultivo. Bajo estas condiciones, la combinación indeseable del monocultivo y **SD**, puede generar excelentes condiciones para la multiplicación y supervivencia de los patógenos causantes de las **EFC**. Las principales **EFC** son la mancha marrón (*Septoria glycinis*), tizón de la hoja (*Cercospora kikuchii*), Antracnosis (*Colletotrichum spp*), Tizón de la vaina y tallo (*Phomopsis sojae*), mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*), mancha anillada (*Corynespora cassiicola*) y el tizón y pústula bacterianas. Conceptualmente, daño puede ser definido como

cualquier reducción en cantidad o en calidad de la producción causados por los efectos de un patógeno. El daño promedio causado por las **EFC** es de 8% a 10%, con un máximo de hasta 30% (Wrather et al 2001; Carmona, 2003; Carmona et al 2004).

### **Cómo las enfermedades foliares afectan la generación del rendimiento en el cultivo de soja? Fundamentos ecofisiológicos. (Kantolic y Carmona, 2005)**

De manera general puede decirse que las enfermedades foliares afectan la generación del rendimiento por los siguientes motivos: 1) Los patógenos ejercen su parasitismo aprovechándose de la energía producida por el cultivo. De esta manera los parásitos colonizan, crecen y se reproducen exclusivamente a expensas de la planta, generándoles pérdidas de carbohidratos y nutrientes producidos o de reserva que podrían haber sido destinados hacia destinos reproductivos, 2) La mayoría de las enfermedades foliares producen clorosis, necrosis, afectando la fotosíntesis, disminuyendo la intercepción de radiación y aumentando la reflectancia, y 3) Así también la mayoría de ellas generan senescencia y algunas más graves, una intensa defoliación afectando la intercepción lumínica. Probablemente el principal efecto de las enfermedades foliares es disminuir la eficiencia de intercepción de radiación a través de la reducción del **IAF** (índice de área foliar) y de su duración. Frente a la defoliación, clorosis y senescencia producidos por las enfermedades, las plantas de soja pueden responder con la producción de nuevas hojas, principalmente a través del proceso de ramificación. Sin embargo, a medida que avanzan los estados reproductivos, los mecanismos naturales de tolerancia y resistencia se vuelven menos activos. Coincidentemente, suelen producirse condiciones lluviosas y húmedas, aumentando la manifestación de la enfermedad. Bajo estas condiciones, el efecto compensatorio de la producción de nuevas hojas resulta mínimo o nulo, por lo cual se generan importantes daños y pérdidas. Todos estos efectos generarán una menor supervivencia de flores y por lo tanto una menor cantidad de vainas y granos además de afectar el peso y calidad de los mismos.

### **Diagrama de causas y efectos de las enfermedades foliares sobre el rendimiento de soja (Kantolic y Carmona, 2005)**



(**ei**: eficiencia de intercepción, **ec**: eficiencia de conversión)

### **Manejo de las EFC. Ubicación estratégica del uso de fungicidas y sus efectos sobre los componentes de rendimiento**

Las principales estrategias para el control de las **EFC** incluyen el uso de cultivares tolerantes, tratamiento de semillas, aplicación foliar de fungicidas y el uso de prácticas culturales (rotación de cultivos, fechas de siembra, fertilización). En los casos en que el nivel de resistencia genética no fuera suficiente para evitar pérdidas económicas causadas por las enfermedades, o bien el tratamiento de semillas y las demás prácticas culturales no reduzcan o eliminen el inóculo de los patógenos, el control químico, vía pulverización en los órganos aéreos es una medida de control rápida, a pesar de que aumenta el costo de producción y el riesgo de contaminación ambiental. Esto es lo que sucede con las **EFC** ya que gran parte de la producción sojera se hace bajo monocultivo (o con presencia de rastrojo de soja en superficie), y la mayoría de los cultivares muestran susceptibilidad a las mismas.

El uso de fungicidas constituye una herramienta táctica y estratégica de gran utilidad que debe formar parte de un plan definido del manejo integrado de las enfermedades. Es conveniente recordar que el mayor éxito en control de una enfermedad se logra con aplicación de varias medidas (control cultural, genético, biológico y químico) y no sólo con una de ellas. Es por eso que el uso de fungicidas debería estar enmarcado dentro del manejo integrado.

Un concepto básico es entender que un fungicida no aumenta los rendimientos “per se” sino que, se trata de una herramienta que permitirá que el genotipo exprese su rendimiento eliminando el patógeno y /o el factor “enfermedad”. El momento oportuno de su aplicación es aquel que permita a la planta aprovechar el máximo beneficio del aumento y duración del área fotosintética activa, asegurando una mayor radiación interceptada y utilizada para la mayor producción de biomasa.

Como el período crítico para la generación del rendimiento en el cultivo de soja está relacionado con la fotosíntesis neta del cultivo entre floración y mediados de llenado de granos (**R1-R6**), siendo especialmente importantes los estadios comprendidos entre **R3 y R5**, es necesario tener muy presente para la decisión de aplicar fungicidas en soja, que el número de granos (principal componente del rendimiento), se asocia fuertemente con la duración de ese período crítico y la radiación interceptada por el área foliar sana durante el mismo.

### **Estrategias para el uso de fungicidas para las EFC. Relación con la ecofisiología**

De acuerdo con lo visto ha precedentemente, las **EFC** constituyen y generan stress adelantando la maduración generando clorosis, senescencia anticipada, acortando el período crítico, disminuyendo la radiación interceptada y utilizada, dentro y más allá del período crítico y, consecuentemente, afectando el rendimiento. De esta manera cuando la cantidad de carbohidratos disminuye por este tipo de estrés, aumenta la mortandad de órganos reproductivos y se reduce el número final de vainas y granos. Es por ello que actualmente se recomienda la aplicación de fungicidas entre los estadios **R2-R3** y **R5**, para eliminar el parasitismo y preservar el área verde generadora de la riqueza de hidratos de carbono y aumentar la capacidad de captación de los recursos. De esta forma, el cultivo se mantendrá por más tiempo en niveles superiores al **IAF** crítico maximizando la tasa de crecimiento, lo que generará, en ausencia de otros stress, mayores rendimientos.

La principal dificultad consiste en determinar el mejor momento de la aplicación debido a que, tal como se mencionó anteriormente, la mayoría de estas enfermedades (excepto *Septoria* que puede ocurrir aún en etapas vegetativas) expresan sus síntomas y daño en etapas avanzadas del cultivo incluso cuando fisiológicamente ya ha terminado el período crítico. Por ello es necesario orientar la toma de decisión (aún cuando no haya síntomas visibles) mediante la valoración y puntuación de diversos factores relacionados con la

epidemiología de estas enfermedades y con la generación del rendimiento del cultivo. Los resultados muestran una tendencia considerablemente favorable para su uso, aunque variable de acuerdo a la región considerada y muy dependiente del ambiente particular del año de la aplicación.

### **Cuáles son esos factores que ayudan a tomar la decisión de aplicar fungicidas?**

Seguramente habrá muy buena respuesta si el lote a tratar reúne las siguientes condiciones (por orden de jerarquía): 1) ocurrieron lluvias entre **R1 y R2-R3** normales o por arriba de lo normal según región (para decidir la aplicación en **R 3**) o lluvias en **R3 - R5** (para decidir la aplicación en **R4-5**), 2) monocultivo y siembra directa (inóculo de las **EFC** disponible sobre el rastrojo de soja anterior), 3) presentó síntomas iniciales en estado vegetativo de alguna **EFC** (ej. *Septoria* (manchas marrones en hojas inferiores), Antracnosis (necrosis en nervadura en envés) y/o *Cercospora* (manchas moradas), 4) el cultivo presenta buena a muy buena expectativa de rendimiento, 5) existe deseo o necesidad de mejorar la calidad de semilla o grano a cosechar.

Probablemente las precipitaciones serían las que más ayudarían a definir la respuesta a la aplicación de fungicida. Por eso fungicidas aplicados para el control **EFC** en períodos de seca no incrementan significativamente el rendimiento, ya que estas enfermedades no se desarrollan epidemiológicamente en esas condiciones (la mayoría de los patógenos causantes de las **EFC**, a excepción de *Cercospora*, presentan fructificaciones hidrofílicas (picnidios, acérvulas) que necesitan del agua para la diseminación. Asimismo el mayor número y frecuencia de horas de mojado también explicarían un incremento de la intensidad de todas las **EFC**. Finalmente se debe destacar el hecho de que cada año particular posee una gran variabilidad no solo en cuanto a precipitaciones (distribución, frecuencia) sino también a situaciones culturales propias de cada lote, tales como fecha de siembra, grupo de madurez, etc.

### **Experiencias en el uso de fungicidas en Argentina para el control de las EFC**

Cada vez más son los productores que adoptan la aplicación de fungicidas en sus cultivos. Respecto al aumento de rendimiento, las experiencias muestran aumentos de entre 200 a 800 kg /ha dependiendo del año. El análisis de los ensayos con fungicidas llevados a cabo en el país muestran en general como la aplicación de los mismos dentro del período crítico evitan los daños causados por las **EFC** al compararlos con el testigo sin tratar. El aumento del rendimiento en kg /ha, se ve generalmente expresado y explicado por el aumento del número de vainas y granos por metro cuadrado y otras veces por el aumento del peso de mil granos (Carmona et al 2004, Carmona, 2005).

### **BIBLIOGRAFÍA**

CARMONA, PLOPER, D. L. , GRIJALBA, P. GALLY, M Y BARRETO D. 2003. Enfermedades de fin de ciclo del cultivo de soja, 22 pp.

CARMONA, M. 2003. Daños y pérdidas causadas por enfermedades. Importancia del Manejo Integrado. Ubicación estratégica de fungicidas foliares. Actas Jornadas Técnicas de Manejo Integrado de enfermedades en cultivos extensivos, pp 10- 15, La Rural , Bs. As. 16 y 17 de setiembre de 2003.

CARMONA, M. y GRUPO SOJA FAUBA (BARRETO, D., GRIJALBA, P. GALLY, M Y SUGIA, V.) 2003. Manejo integrado de enfermedades de fin de ciclo. Ubicación estratégica del uso de fungicidas y sus efectos sobre los componentes de rendimiento en soja . Revista CREA N 276, 68-72.

CARMONA, M. ; GALLY, M. , GRIJALBA, P., SUGIA, V. & JAEGGI, E. 2004. Frequency and chemical control of causal pathogens of soybean late season diseases in the Pampeana Region. VII World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and Utilization Conference, III Congresso Mundial de Soja, 29 de febrero al 5 de marzo de 2004 . Foz de Iguazú, Brasil. En Documentos, Abstracts of Contributed Papers and Posters, 159. I

CARMONA, M. 2005. Enfermedades de fin de ciclo y roya asiática de la soja. Un análisis de sus daños y el uso estratégico de funguicidas. Jornada soja 2005 con sustentabilidad ( INTA; CREA; AAPRESID ) Trabajo completo publicado en actas. Córdoba, 4 de agosto de 2005

FEHR, W. R. & C.E. CAVINESS. 1977. Stages of soybean development. Special Report 80. Iowa State University, Ames, Iowa. 11 p.

GALLY, M.; CARMONA, M.; BARRETO, D. & SUGÍA, V.2004. Control of soybean seed-borne pathogens by foliar fungicide applications in Argentina. 27 th ISTA Congress Seed Symposium. Budapest, Hungría, En Actas: 110.

KANTOLIC, A.G. y CARMONA, M.A. 2005. Bases ecofisiológicas de la generación de rendimiento: relación con el efecto de las enfermedades foliares y el uso de funguicidas en el cultivo de soja. En: Manual para ao manejo das doencas da soja Ed. Universidade de Passo Fundo , Brasil. ( en prensa)

MOLINA, J.; CARMONA, M.; BABBITT, S.; GALLY, M; SUGÍA, V. & GRIJALBA, P. 2004 .Effect of foliar fungicides application on soybean seed quality. 27 th ISTA Congress Seed Symposium. Budapest, Hungría, 17 al 19 de mayo de 2004. En Actas: 53.

NUTTER, F. W.; TENG, P.S. & SHOKES, F.M.1991. Disease assessment terms and concepts. Plant Disease, 75:1187-1188.

WRATHER, J.A. ; ANDERSON, T.R. ; ARSYAD, D.M. ; TAN, Y. ; PLOPER, L.D.; PORTA-PUGLIA, A. ; RAM, H.H. ; & YORINORI, J.T. 2001. Soybean disease loss estimates for the top ten soybean-producing countries in 1998. Can. J. Plant Path. 23: 115-121.