



Dr. Miguel Ángel Lavilla

Mis primeros pasos en la Fitopatología
Clásica y moderna en la Argentina.
Tomo II

Prólogo

El contenido de ésta presentación, como continuidad del tomo anterior, se encuentra enfocado en las principales enfermedades de los cuatro cultivos más importantes de nuestro país y la región. Un patosistema es un sistema ecológico formado por un hospedante, un patógeno y el ambiente que los rodea. En este sistema, el patógeno causa una enfermedad al hospedante, y ambos organismos interactúan de manera dinámica con el entorno.

Los procesos involucrados en que una pulverización alcance la enfermedad a tratar o blanco de aspersión son: el proceso de formación de gotas, deriva de gotas hacia otros sitios, la capacidad de esas gotas para depositarse sobre el blanco alcanzado, y cobertura medida como número de impactos por centímetro cuadrado y la dosis de principio activo que se deposita sobre el blanco en cuestión.

Las toxinas fúngicas (micotoxinas) son sustancias producidas por varios centenares de especies de hongos que pueden crecer sobre los alimentos en determinadas condiciones de humedad y temperatura.

Aunque son numerosos los patógenos (hongos, bacterias y virus) que afectan a las semillas de soja en el mundo, en Argentina nos referimos generalmente a los hongos como los principales causantes del deterioro de la calidad de la semilla.

El propósito que persigue el autor de esta obra es aportar a la formación de un profesional agrónomo que sea capaz de aplicar las mejores estrategias para evitar las pérdidas de cultivos por parte de las enfermedades.

Indice

PATOSISTEMA	6
IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES EN EL AGROECOSISTEMA	6
EL PATOSISTEMA DE LAS ROYAS	6
ESTRATEGIAS DE SUPERVIVENCIA DE LOS PRINCIPALES AGENTES CAUSALES DE ENFERMEDAD	7
CONTROL DE ENFERMEDADES	8
MANEJO DE ENFERMEDADES	8
MANEJO CULTURAL DE ENFERMEDADES	8
PRACTICAS CULTURALES: SU EFECTO SOBRE EL DESARROLLO DE LAS ENFERMEDADES	9
NIVEL DE DAÑO ECONÓMICO	15
FUNGICIDAS	19
MICOTOXINAS	28
TRABAJO PRÁCTICO N° 1: METODOLOGÍAS DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS	33
BIOCONCENTRACIÓN, BIOACUMULACIÓN Y BIOMAGNIFICACIÓN	36
EIQ	36
GUS	37
RESISTENCIA	37
PATOLOGÍA DE SEMILLAS DE SOJA	39
MANEJO DE LAS ENFERMEDADES DE LA SEMILLA.	56
METODOLOGÍAS DE LABORATORIO PARA DIAGNÓSTICO DE PATÓGENOS DE SEMILLA Y DE SUELO	56
MÉTODO EN TIERRA PARA DETECTAR EL EFECTO DE LOS PATÓGENOS DE SUELO EN LA EMERGENCIA Y LA GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS DE SOJA	60
PATOLOGÍA DE SUELO	60
TRABAJO PRÁCTICO N° 2: PATOLOGÍA EN SEMILLAS DE LOS CULTIVOS DE GRANO.	62
PRINCIPALES ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS TRIGO, MAÍZ, SOJA Y GIRASOL	68
ENFERMEDADES DE SOJA	68
Hongos que afectan las semillas de soja	69
Los patógenos del suelo	71

Mancha marrón en soja	72
Mancha ojo de rana	73
Tizón foliar por Cercospora (síndrome purpúreo en soja)	75
Roya asiática.....	76
Tizón bacteriano.....	77
Síndrome de muerte repentina.....	78
Cancro en soja	79
Podredumbre carbonosa	81
Podredumbre húmeda del tallo.....	82
Podredumbre de raíz y tallo.....	84
ENFERMEDADES DE CULTIVO DE MAIZ.....	86
Patógenos del suelo	87
Los patógenos del suelo que afectan al maíz.....	87
Patógenos de semilla	88
Roya común.....	89
Tizón común	90
Tizón por Bipolaris.....	91
Mancha foliar por Cercospora o Mancha gris de la hoja	93
Enfermedades bacterianas.....	94
Mal de Rio IV virus (MRC).....	95
Achaparramiento	97
Carbón común	98
Carbón de la panoja	99
Enfermedades de raíz y tallo.....	101
ENFERMEDADES DE CULTIVO DE TRIGO	106
Patología de semillas.....	107
Patología de suelo en trigo.....	108
Roya anaranjada.....	110
Roya del tallo.....	111
Roya amarilla.....	112
Mancha amarilla.....	113
Septoriosis.....	114
Fusariosis.....	115

Carbón volador.....	117
Carbón cubierto	118
Estría bacteriana.....	119
Virus del mosaico estriado del trigo (WSMV)	120
ENFERMEDADES DE CULTIVO DE GIRASOL	122
Mildiu	122
Podredumbre húmeda de tallo y raíz.....	124
Verticilosis	125
Cancro del tallo	126
Roya negra.....	127
Podredumbre húmeda de capítulo	128
Roya blanca	129
Alternaria.....	130
Septoriosis.....	131
TRABAJO PRÁCTICO DE GABINETE, LABORATORIO Y CAMPO N° 8. HERBARIO DIGITAL Y EN PAPEL DE PLANTAS ENFERMAS.....	133

PATOSISTEMA

Un patosistema es un sistema ecológico formado por un hospedante, un patógeno y el ambiente que los rodea. En este sistema, el patógeno causa una enfermedad al hospedante, y ambos organismos interactúan de manera dinámica con el entorno.

A partir del proceso de evolución surgieron tres tipos de organismos vivos:

- 1) Los productores, capaces de convertir energía solar en energía bioquímica, como las plantas con clorofila.
- 2) Los reductores, capaces de descomponer las estructuras químicas de los organismos muertos y proveer de nutrientes a los nuevos productores, como las bacterias y hongos.
- 3) Los consumidores, que se nutren a partir de otros organismos vivos como animales carnívoros, herbívoros, y parásitos tales como hongos, bacterias, etc.

La interacción de los factores bióticos y abióticos en un área geográfica definida.

Agroecosistema: el subsistema caracterizado por uniformidad genética en grandes extensiones, condiciones de microambiente diferentes a la de los sistemas naturales, y baja estabilidad.

Patosistema natural: El hospedante, el parásito y el ambiente interactúan de modo tal que el sistema se comporta como autónomo, estable. No participa el hombre.

Patosistema cultural: Es inestable. El hospedante no es una planta salvaje sino un cultivar genéticamente uniforme, sembrado en alta densidad, y el ambiente está modificado por el hospedante y las prácticas de cultivo.

IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES EN EL AGROECOSISTEMA

El potencial de la producción agrícola es el resultado de la interacción de una serie de factores bióticos y abióticos que incluyen a las enfermedades de las plantas como una de las más importantes limitantes del rendimiento y calidad de los cultivos.

EL PATOSISTEMA DE LAS ROYAS

Las royas son un grupo de hongos parásitos obligados que infectan una amplia variedad de plantas, desde cultivos agrícolas hasta plantas ornamentales. Estos hongos producen esporas de colores brillantes, que le dan el nombre a la enfermedad.

Componentes del patosistema de royas:

Hospedante: La planta que es infectada por el hongo.

Patógeno: El hongo de la roya.

Ambiente: Las condiciones climáticas, el suelo y otros factores ambientales que influyen en la interacción entre el hospedante y el patógeno.

Ciclo de vida de la roya:

El ciclo de vida de las royas es complejo y puede variar según la especie. Generalmente, involucra la producción de diferentes tipos de esporas que se dispersan por el viento o el agua para infectar nuevas plantas.

Impacto de las royas:

Las royas pueden causar pérdidas significativas en la producción agrícola al reducir el rendimiento y la calidad de los cultivos. Además, pueden debilitar las plantas y hacerlas más susceptibles a otras enfermedades y plagas.

Manejo del patosistema de royas:

El manejo del patosistema de royas implica una combinación de estrategias, como:

Resistencia genética: utilizar variedades de plantas resistentes a las royas.

Prácticas culturales: rotación de cultivos, eliminación de residuos de cosecha y manejo adecuado del riego.

Control biológico: utilizar organismos benéficos para controlar el hongo de la roya.

Control químico: aplicar fungicidas cuando sea necesario.

Investigación en patosistemas de royas:

La investigación en patosistemas de royas se enfoca en comprender mejor la interacción entre el hospedante, el patógeno y el ambiente, con el objetivo de desarrollar estrategias de manejo más eficaces y sostenibles.

ESTRATEGIAS DE SUPERVIVENCIA DE LOS PRINCIPALES AGENTES CAUSALES DE ENFERMEDAD

El conocimiento del ciclo de vida del patógeno y sus formas de supervivencia son de fundamental importancia, ya que cualquier alteración que podamos provocar sobre el mismo puede inhibirlo o restarle eficiencia y por lo tanto favorecer el manejo de las enfermedades que ellos ocasionan.

Algunos hongos denominados habitantes del suelo (ej. *Fusarium spp.*) permanecen en los residuos de cultivos durante muchos años, sobreviviendo en el suelo aun cuando no se siembren cultivos susceptibles.

En cambio, otros definidos como patógenos invasores de suelo (ej. *Colletotrichum spp.*) no sobreviven un período de más de dos años sin un hospedante susceptible.

También es importante considerar que existen patógenos que pueden sobrevivir sobre residuos de cultivos no susceptibles utilizándolos simplemente como sustrato (ej: *Macrophomina*).

Una de las formas de sobrevivencia más comunes de los hongos de suelo son los esclerocios (tejido vegetativo compactado en estado latente). Estas estructuras tienen la capacidad de regenerar micelio (cuerpo vegetativo del hongo) que puede infectar por contacto las raíces y base del tallo (*Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*) o producir estructuras reproductivas que liberan esporas que infectan la parte aérea de las plantas (*Sclerotinia sclerotiorum*).

La ocurrencia de una u otra forma depende de las condiciones ambientales presentes en el momento de reactivación de los esclerocios.

Las formas de propagación que producen los patógenos determinan la posibilidad de su difusión a lotes más o menos distantes a su lugar de origen.

Así por ejemplo las royas producen esporas capaces de infectar cultivos a grandes distancias, mientras que los hongos de suelo, generalmente, no lo hacen.

De este modo, estos últimos pueden ser manejados más eficientemente por medios culturales en lotes determinados ya que su presencia no está influenciada mayormente por fuentes de inóculo provenientes de lotes vecinos.

CONTROL DE ENFERMEDADES

Involucra la aplicación de medidas tendientes a erradicar al organismo causal de una enfermedad, siendo por lo tanto solo aplicable a un número limitado de situaciones.

MANEJO DE ENFERMEDADES

Implica un proceso continuo de eventos consistente en la selección y uso de técnicas orientadas a reducir las enfermedades a un nivel tolerable. Pretende minimizar la enfermedad. Trata de regular a los organismos fitopatógenos y no de erradicarlos. El concepto de manejo está ligado al de umbral de daño económico. Se ha basado, durante las últimas décadas y especialmente en el primer mundo, en el uso de fungicidas.

Últimamente se ha incorporado el manejo cultural, por razones económicas y ambientales y también el control biológico. El control biológico es un método que utiliza organismos vivos para controlar o eliminar a otros organismos. Es una alternativa natural a los productos químicos.

MANEJO CULTURAL DE ENFERMEDADES

Se basa en el conocimiento y uso del manejo de cultivos para minimizar el daño de las enfermedades. A través de la caracterización del efecto de las diferentes formas de manejo

sobre la ocurrencia de las enfermedades se pueden desarrollar estrategias de manejo cultural. El empleo de ciertas prácticas culturales no solo permite reducir la predisposición de los cultivos a agentes fitopatógenos sino también eficientizar el espectro de resistencia disponible y minimizar el uso de agroquímicos. En EEUU se ha desarrollado un programa de manejo integrado del "tizón de las hortalizas", causado por *Sclerotium rolfsii*, un hongo de suelo que afecta, entre otros, al tomate, poroto, zanahoria, papa, y cebolla. En nuestro país, si bien se mencionan prácticas culturales para el manejo de algunas enfermedades, no se conocen programas de "manejo integrado" de enfermedades en cultivos extensivos. El manejo cultural de enfermedades tiene la ventaja de ser altamente eficiente, compatible con los sistemas de producciones predominantes, de bajo costo para el productor y no contaminantes.

PRACTICAS CULTURALES: SU EFECTO SOBRE EL DESARROLLO DE LAS ENFERMEDADES

El manejo de enfermedades se logra, reduciendo o demorando la enfermedad al comienzo de la estación del cultivo o reduciendo la velocidad de desarrollo de la enfermedad durante el período de crecimiento del cultivo. Las prácticas culturales contribuyen al manejo de enfermedades, bloqueando el ciclo de vida de los patógenos en uno o varios estadios y afectando su sobrevivencia, previniendo la introducción de inóculo y eliminando hospedantes susceptibles a determinados patógenos. La rotación de cultivos y los sistemas de labranza pueden influir sobre la cantidad de inóculo primario proveniente de años anteriores y sobre la velocidad de incremento del inóculo; mientras que algunos factores nutricionales influyen sobre aspectos como duración del período de susceptibilidad y período latente. Las prácticas culturales con potencial para el manejo de las enfermedades están estrechamente relacionadas con el medio de dispersión del inóculo, por ej. viento, lluvia, vectores, partículas de suelo, etc. Las prácticas culturales factibles de emplear en un programa de manejo de enfermedades son:

- labranzas
- rotación y secuencia de cultivos
- control de malezas
- elección de fecha de siembra
- profundidad de siembra
- elección de cultivares
- regulación de pH del suelo
- densidad de siembra

- riego
- fertilidad

El efecto predisponente o limitante de cada una de estas prácticas varía de acuerdo al tipo de patógeno y cultivo considerado.

1. Labranzas

La reducción de inóculo con labranzas se basa en su inactivación por incorporación a capas profundas del suelo, o exposición al calor y sequía en la superficie del suelo. La labranza del suelo ha cambiado en los últimos años, donde la labranza convencional que incorporaba rastrojos a 15-20cm de profundidad va siendo sustituida por la labranza conservacionista, con rastrojos en superficie. La incorporación de nuevas técnicas de labranza conservacionista implica un manejo de cultivo diferente y por lo tanto un cambio en el manejo de las enfermedades al modificarse el agroecosistema (labranza mínima, cero y reducida). El efecto de este tipo de labranzas es variable pudiendo incrementar, disminuir, o no tener ningún efecto sobre las enfermedades de las plantas. Los restos de cultivo pueden permitir la sobrevivencia de los patógenos durante períodos adversos, pero también pueden favorecer las condiciones para la actividad de otros organismos que actúan en el control biológico de los mismos. Por ejemplo, en la actualidad, *Septoria glycines* queda de manera residual en los rastrojos, causando la mancha marrón en soja. El efecto del manejo cultural sobre las enfermedades a corto plazo puede ser diferente que a largo plazo.

Modos en que las labranzas conservacionistas pueden afectar a las enfermedades:

- Los residuos proveen de un excelente hábitat para la sobrevivencia, crecimiento y multiplicación de los patógenos de suelo y foliares.
- La asociación patógeno-residuos puede ser afectada por factores nutricionales y biológicos.
- Los residuos pueden alterar componentes físicos y químicos del suelo que benefician o perjudican al hospedante y/o al patógeno.

2. Rotación y secuencia de cultivos

El monocultivo de especies susceptibles puede incrementar la población de patógenos de suelo. Bajo el punto de vista de enfermedades se considera monocultivo a la siembra en un mismo lote de la misma especie o especies relacionadas incluidas en el mismo rango de hospedantes de patógenos, en forma sucesiva durante varios años. La rotación de cultivos es el método más antiguo para favorecer el control biológico y es aún hoy el medio no químico más efectivo para limitar las poblaciones de patógenos en el suelo. Su eficacia depende de la secuencia de cultivos y de la duración del período entre cultivos. La rotación

de cultivos implica siembras repetidas del mismo cultivo a intervalos periódicos. No se deben hacer cultivos susceptibles a un patógeno. Por lo menos, hay que dejar 3 años al patógeno sin su hospedante. Razones para la aceptación de esta práctica.

Agronómicas:

- Mejorar el uso de nutrientes.
- Lograr efectos deseables sobre la textura del suelo, alternando cultivos con desarrollo profundo de raíces con cultivos con desarrollo superficial de raíces.
- Economizar el uso del agua.

Control de malezas:

- Alternancia de cultivos que favorecen diferente tipo de malezas.

Patógenos de suelo:

- La no inclusión de hospedantes susceptibles favorece la disminución de determinados patógenos de suelo.

3. Control de malezas

Las malezas constituyen uno de los medios más importantes de difusión y sobrevivencia de patógenos, por lo tanto, el manejo de malezas es parte integral del manejo de enfermedades. Los patógenos que sobreviven o se difunden a través de las malezas son capaces de infectar un amplio rango de hospedantes. Las malezas cumplen un papel de importancia en la sobrevivencia de patógenos obligados. Así, por ejemplo, numerosos virus de importancia agronómica (mal de rio IV virus, MRV) pueden ser transmitidos a través de insectos, desde las malezas a las especies cultivadas. Un ejemplo, bastante frecuente de interacción insecto-maleza-hospedante, es el de varias especies de áfidos y chicharritas, con el sorgo de Alepo y maíz. El incremento de las labranzas reducidas requiere altos niveles de herbicidas para el control de malezas razón por la cual es necesario conocer la posible interacción entre herbicidas y patógeno. Los herbicidas pueden afectar a los patógenos directamente, a las plantas hospedantes, o a la restante microflora del suelo, ya sea estimulándolos o inhibiéndolos en su crecimiento o susceptibilidad. Por ejemplo, la *Rhizoctonia solani* se reduce por acción del pendimetalin.

4. Elección fecha de siembra

La decisión de la fecha de siembra de un cultivo por parte de los productores agropecuarios está basada, entre otros factores, en la posibilidad de escapar a condiciones climáticas

adversas, ya sea durante la siembra, crecimiento del cultivo o cosecha. La fecha de siembra puede afectar la posterior incidencia de las enfermedades, por lo tanto, una elección adecuada de la misma puede ayudar al escape a determinadas enfermedades. La elección de la fecha de siembra está también relacionada directamente al tipo de cultivar a sembrar por lo que el efecto de escape se da por la combinación de ambos.

En soja y otras leguminosas las siembras tempranas, en suelos fríos y húmedos, predisponen al ataque de hongos de suelo causales del "*damping off*", reduciendo el número de plantas y afectando la distribución uniforme de las mismas en el lote, obligando en muchos casos a la resiembra de lotes. Por ejemplo, la soja de 1º se siembra en octubre/noviembre y la soja de 2º en diciembre/enero; el patógeno X se activa en febrero/marzo; por lo que, si siembro antes, el patógeno no afecta al cultivo. A esto se le denomina escape. El tratamiento de semillas con fungicidas reduce la incidencia de enfermedades transmitidas por las semillas o el suelo. La combinación de dichos tratamientos y prácticas culturales es una herramienta eficaz para el manejo de este tipo de enfermedades.

5. Profundidad de siembra

La mayor profundidad de siembra aumenta la superficie de tejidos susceptibles (entrenudos basales) y favorece alteraciones fisiológicas o físicas que hacen más susceptibles a los mismos a las infecciones de hongos de suelo. Ej. Variando la profundidad de siembra en trigo, de 4 a 2 cm, se redujo la incidencia de podredumbre de raíces en trigo causada por *Bipolaris sorokiniana* y *Fusarium spp.*

La combinación de siembras profundas y condiciones climáticas adversas agravan los problemas sanitarios, causados por los hongos de suelo, provocando efectos negativos sobre el número de plantas y distribución de las mismas en el cultivo.

6. Elección de cultivares

El tipo de cultivar y la fecha de siembra, pueden influir sobre la incidencia de determinadas enfermedades, como en el caso de patógenos que requieren determinados microambientes que se pueden ver favorecidos por el uso de determinados cultivares.

7. Regulación de pH del suelo

Los rangos límites de pH de suelo a los cuales la mayoría de los cultivos pueden crecer son más amplios que los que favorecen a los patógenos, por lo cual la regulación del mismo

puede eventualmente utilizarse para manejar enfermedades, así, por ejemplo, la elevación de pH puede reducir enfermedades producidas por los géneros *Fusarium* y *Verticillium*.

En la manipulación del pH de los suelos debe ser considerada su interacción con el tipo de suelo (arenoso, arcilloso, etc.).

8. Densidad de siembra

Al igual que en la elección de fecha de siembra, la densidad de siembra de un cultivo está determinada primariamente por factores agroeconómicos y su regulación para el eventual manejo de enfermedades es secundario.

El efecto de la densidad de plantas sobre las enfermedades está determinado por el microambiente que se crea bajo la cubierta del cultivo, ya sea en la canopia foliar favoreciendo patógenos foliares o en las raíces favoreciendo patógenos de suelo.

Se estudió el efecto de la densidad de plantas de maíz sobre la incidencia de la podredumbre basal (*Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme* y *Sclerotium bataticola*), concluyendo que la incidencia (número de plantas enfermas) de la enfermedad se incrementa con una mayor densidad de plantas.

9. Riego

El potencial agua del suelo tiene importante efecto sobre la composición microbiana y actividad del suelo y sobre las relaciones entre los patógenos de suelo y sus antagonistas y competidores. Las bacterias son relativamente inactivas a potencial de agua cercano al punto de marchitez de las plantas, mientras que algunos hongos importantes son más virulentos, especialmente especies de *Fusarium* y *Macrophomina phaseolina*. Esto explica la alta incidencia de los mismos en suelos secos.

El agua es en algunos casos un medio de difusión para estados móviles de patógenos, ej. larvas de nematodos, y zoosporas de los hongos *Pythium spp.* Y *Phytophthora spp.*, por lo que un bajo potencial de agua puede reducir la difusión de los mismos.

El agua de riego y drenaje puede ayudar en muchos casos a la difusión de bacterias, nematodos y hongos de suelo, desde las plantas enfermas hacia las sanas.

El efecto del riego sobre la incidencia de las enfermedades varía de acuerdo a las características climáticas del área y al tipo de riego empleado, donde en casos extremos en zonas donde se produce abundante rocío sobre las plantas y se emplea riego por aspersión los patógenos foliares se ven favorecidos.

La humedad del suelo influye negativamente sobre la viabilidad de los esclerocios de *Macrophomina phaseolina*, de tal modo que un aumento en la capacidad de campo de 60 a 90% puede reducir la población de esclerocios hasta en un 96 a 99%.

10. Fertilidad

Las enfermedades limitan la eficiencia del uso de fertilizantes al reducir el rendimiento y la calidad de los cultivos. Aunque la resistencia a enfermedades es genéticamente controlada está conectada a procesos fisiológicos y bioquímicos y su interrelación con el estado nutricional de la planta o del patógeno. El equilibrio de nutrientes puede ser tan importante como el nivel de cualquier nutriente específico. Así, por ejemplo, el efecto del potasio sobre las enfermedades puede estar afectado por la interacción con pH y otros nutrientes del suelo. El efecto de los nutrientes sobre los hospedantes y patógenos es variable. En relación a los patógenos, los nutrientes afectan: la velocidad de penetración, colonización, y reproducción de los patógenos. La velocidad de crecimiento y la de sus competidores del suelo. Y la viabilidad de algunos de ellos, por efecto directo de algunos fertilizantes tóxicos, como la urea.

El efecto de las formas de nitrógeno es más importante que la cantidad de nitrógeno disponible. La disminución de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) de 40-80 a 10-20 reduce la viabilidad de los microesclerocios de *Macrophomina phaseolina* en el suelo. Asimismo, la fuente de carbono puede afectar la viabilidad de algunos patógenos, siendo la sacarosa más inhibitoria que otras fuentes como celulosa o glucosa.

Los nutrientes en la planta y el suelo pueden estar relacionados a determinadas enfermedades, como la infección de vainas y semillas de soja por *Phomopsis*, y con la podredumbre de raíces de trigo.

Relación nutriente/enfermedad. Ejemplos:

Marchitamiento causado por *Verticillium*

La fertilidad del suelo lo afecta de dos modos: reduciendo la densidad del inóculo. Los propágulos de *Verticillium* son estimulados para germinar por los exudados del hospedante, que a su vez está relacionado a la nutrición del mismo. Además, los fertilizantes pueden afectar directamente la viabilidad de alguna estructura del patógeno. Alterando la expresión de la resistencia genética. Aunque hay controversias se ha demostrado en diferentes investigaciones el efecto de algunos nutrientes (N, P, K) sobre la expresión de la resistencia genética a algunas enfermedades.

Pietin en trigo causado por *Gaeumannomyces graminis*

Se incrementa con: nitrato de potasio, exceso de fósforo, carbonato de calcio, carbonato de magnesio, sulfato de magnesio, molibdeno. Se reduce con: cloruro de potasio, suficiencia de fósforo, azufre, cloruro de magnesio, cloruro de calcio, Mn, Fe y Zn.

NIVEL DE DAÑO ECONÓMICO

El nivel de daño económico (NDE) es un indicador que se utiliza en el manejo integrado de plagas (MIP) para determinar cuándo intervenir para controlar una plaga. Se calcula a partir de la relación entre el daño y el rendimiento del cultivo. Es una herramienta importante para el MIP porque indica el momento oportuno para tomar medidas de prevención.

Cómo se calcula el NDE (Figura 1)

Se calcula a partir de la relación entre el daño y el rendimiento del cultivo.

Se determina cuando el costo del control es igual a las pérdidas por la plaga.

Nivel de daño económico (NDE)

$$\text{NDE} = \frac{\text{Costo del control (\$)}}{\text{Precio de la tn del cultivo (\$) * Cd (\%)/100 * Ec (\%)/100}$$

Figura 1: fórmula de nivel de daño económico (NDE). Cd: coeficiente de daño; Ec: eficiencia de control.

Cómo se relaciona con el umbral de acción (UA)

El UA es un límite que indica cuándo intervenir para evitar que la plaga alcance el NDE.

El UA se basa en la idea de que el beneficio de la acción debe ser mayor que el costo de aplicación.

Actualmente, se utilizan a nivel mundial grandes cantidades de fungicidas con el propósito de eliminar las plagas y enfermedades que atacan a los cultivos, logrando con ello garantizar una mayor productividad del campo y obtener mejores beneficios económicos, ya que las pérdidas que ocasionan las plagas pueden llegar hasta un 40% de la producción total. Se le ha dado mucha importancia al uso de fungicidas para proteger la producción

agrícola y mejorar la calidad de las cosechas, no obstante, la aplicación de técnicas operativas equivocadas tales como: recolectar los frutos recién fumigados, uso de fungicidas de manera inadecuada o usar fungicidas cuyo uso esté prohibido por producir daños a la salud humana y al ambiente; lo cual trae como consecuencia que los residuos de ellos se acumulen tanto en los alimentos como en el agua a unos niveles superiores de los límites permitidos (0,5 mg/L en la Unión Europea y 0,2 mg/L en Venezuela), convirtiéndose en un problema de salud pública por la contaminación debido al uso cotidiano de los mismos.

Los ecosistemas naturales son complejos y están relacionados entre sí, por lo que cualquier daño que se produzca en algunos de los organismos de un ecosistema va a tener repercusiones en toda la cadena ecológica. Por ejemplo, si un fungicida afecta a cierto tipo de plantas que sirven de alimentos a determinados insectos, al desaparecer este tipo de vegetación dichos insectos tienen que desplazarse a otros medios en busca de su alimento preferido y a su vez estos insectos en la cadena del ecosistema pueden ser la fuente de alimentación de algunas especies específicas de aves en una fase de su desarrollo, y cuando son adultas se alimentan de otra serie de insectos que pueden ser plagas, si los insectos que mencioné primero desaparecen del medio ambiente, traerá como consecuencia también la desaparición de las aves y por lo tanto las plagas aumentarán debido a la disminución o desaparición de los depredadores. Esto refleja la interconexión y cómo opera la cadena ecológica, demostrando los posibles y complejos efectos de los fungicidas en el medio ambiente.

Los fungicidas se consideran compuestos microcontaminantes orgánicos que tienen efectos ecológicos, y de acuerdo al tipo de fungicida será el daño o repercusión en los organismos vivos. El elemento natural que se contamina más fácilmente es el agua, ya que al arrastrar los fungicidas y verter estos compuestos en las vertientes de agua, mar, ríos, pozos, daña la pureza del agua haciéndola tóxica.

La premisa básica del "Manejo Integrado de Plagas" es que ninguna técnica de control de plagas usada en forma individual será exitosa. Los objetivos principales del programa "Manejo Integrado de Plagas" son: disminuir los daños posibles que los plaguicidas puedan producir tanto al ser humano como a los animales. Reducción de los efectos contaminantes al ambiente. Reducir los costos de producción. Mantener las plagas (insectos - hongos) en niveles fácilmente controlables.

El manejo integrado de plagas (MIP) y el control integrado de plagas (CIP) son estrategias para controlar plagas que utilizan diversos métodos. La principal diferencia es que el MIP es un sistema proactivo, mientras que el control de plagas tradicional es reactivo.

Manejo integrado de plagas (MIP)

- Es un sistema proactivo que se adelanta a la incidencia de las plagas.
- Combina múltiples estrategias para gestionar las poblaciones de plagas.
- Prioriza la salud del medio ambiente y la salud humana.
- Reduce el riesgo de la salud humana y el medio ambiente.

- Reduce el costo de los productores.

Control integrado de plagas (CIP)

- Es un enfoque equilibrado y sostenible que busca minimizar el uso de pesticidas químicos.
- Promueve métodos preventivos, culturales y biológicos.

El MIP utiliza una gran variedad de métodos complementarios, como físicos, mecánicos, químicos, biológicos, genéticos, legales y culturales. Los componentes principales del MIP son:

- **Monitoreo:** Se realiza para registrar los datos de un lote de cultivo y determinar la cantidad de plantas a monitorear.
- **Nivel de daño económico (NDE):** Es una herramienta que ayuda a evaluar si es necesario intervenir para controlar las plagas.
- **Umbral de acción (UDA):** Es la densidad de plagas a partir de la cual se debe intervenir para evitar que se alcance el NDE.
- **Controles mecánicos:** Son medidas que se pueden tomar para controlar las plagas.
- **Controles biológicos:** Son medidas que se pueden tomar para controlar las plagas.
- **Controles químicos:** Son medidas que se pueden tomar para controlar las plagas.

Un ejemplo del MIP es la siembra de cultivares cortos y la fecha de siembra temprana para reducir los problemas de *Sclerotinia sclerotiorum* en soja. Otro caso, sería la utilización de cultivos de cobertura para reducir los niveles de *Septoria glycines* en soja.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) se perfila como una estrategia sostenible para el futuro, ya que reduce el uso de pesticidas y protege el medio ambiente y la salud humana.

En el futuro, el MIP podría:

- Mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola.
- Proteger la biodiversidad de los ecosistemas
- Promover la salud y seguridad alimentaria
- Reducir los residuos de fungicidas
- Prevenir la resistencia a los productos químicos.

El MIP se basa en la ecología y en el concepto de ecosistema. Utiliza técnicas culturales, biológicas, químicas y físicas para fomentar cultivos sanos.

Algunos de los beneficios del MIP son:

- Reducción del riesgo para la salud de las personas.
- Reducción del costo de los productores.
- Minimización de la contaminación del agua y del aire.
- Eliminación de la contaminación de la tierra

FUNGICIDAS

Los fungicidas son productos químicos que se usan para prevenir, controlar o eliminar hongos que afectan a las plantas. Se utilizan para proteger los cultivos y garantizar la calidad de los alimentos. Los fungicidas pueden actuar de dos formas: interfiriendo con los procesos biológicos de los hongos y fortaleciendo la resistencia de la planta.

Los fungicidas se pueden aplicar en forma de polvo, gránulos, gas o líquido. Se pueden aplicar en las semillas, bulbos, raíces, en el suelo, en el follaje y en los productos cosechados.

Los fungicidas pueden clasificarse según cómo interactúan con la planta y el patógeno. Esta clasificación incluye fungicidas de contacto, translaminares y sistémicos.

Fungicidas de Contacto

Modo de Acción: actúan sobre la superficie de la planta, formando una barrera protectora que impide la penetración y el desarrollo del hongo. No se mueven a través de los tejidos de la planta.

Ventajas:

- Acción rápida y eficaz en la prevención de infecciones.
- Amplio espectro de actividad, controlando diversas enfermedades.
- Baja toxicidad comparada con los fungicidas sistémicos.

Desventajas:

- Efectividad limitada a la superficie tratada, sin protección interna.
- Susceptibilidad a ser lavados por la lluvia, reduciendo su eficacia.
- Necesidad de aplicaciones frecuentes para mantener la protección.

Fungicidas Translaminares

Modo de Acción: penetran la cutícula de la hoja y se redistribuyen dentro del tejido foliar. Proporcionan protección tanto en la superficie de la hoja como en su interior.

Ventajas:

- Proporcionan una protección duradera incluso después de la lluvia.
- Algunos tienen efectos tanto preventivos como curativos.
- Amplio espectro de control.

Desventajas:

- Generalmente son más costosos que los fungicidas de contacto.
- Pueden fomentar el desarrollo de resistencia en patógenos.
- Potencial mayor impacto ambiental comparado con los fungicidas de contacto.

Fungicidas Sistémicos

Modo de Acción: Son absorbidos por la planta y se distribuyen a través de los tejidos vasculares, proporcionando protección a partes no tratadas directamente y eliminando infecciones establecidas.

Ventajas:

- Protección integral del cultivo, alcanzando áreas no tratadas.
- Eficaces tanto en la prevención como en el tratamiento de infecciones.
- Mayor durabilidad de la protección.

Desventajas:

- Mayor costo en comparación con otros fungicidas.
- Riesgo significativo de desarrollo de resistencia si no se usan adecuadamente.
- Posibles efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana.

Según su Movilidad en la Planta

La movilidad de los fungicidas dentro de la planta es crucial para determinar su eficacia y aplicación. Se clasifican en función de cómo se mueven después de ser absorbidos.

Movilidad Local:

Características: estos fungicidas se mueven a corta distancia desde el punto de aplicación. Son absorbidos por las células cercanas, pero no se translocan ampliamente.

Aplicaciones: Útiles para el control localizado de infecciones en puntos específicos de la planta.

Movilidad Acropétala:

Características: los fungicidas se mueven desde el punto de aplicación hacia las partes superiores de la planta (hojas jóvenes y brotes) a través del xilema.

Aplicaciones: proporcionan protección al nuevo crecimiento y son efectivos para prevenir la propagación ascendente de enfermedades. Ejemplo: fungicidas triazoles como el tebuconazol.

Movilidad Basipétala:

Características: Estos fungicidas se mueven desde las partes superiores (hojas, brotes, flores, frutos) hacia abajo hasta las raíces a través del floema.

Aplicaciones: Menos comunes y generalmente menos eficaces en proteger el nuevo crecimiento. Útiles en situaciones específicas donde es crucial proteger las raíces y la base de la planta. Por ejemplo, el furonto.

Modos de Acción de los Fungicidas

Los modos de acción de los fungicidas describen cómo estos productos interfieren con procesos celulares específicos en los hongos patógenos. Comprender estos modos de acción es esencial para un manejo efectivo y para evitar el desarrollo de resistencias.

Inhibición de la Respiración:

Descripción: Interfieren con la cadena de transporte de electrones en las mitocondrias del hongo, bloqueando la producción de energía.

Ejemplo: estrobilurinas como azoxistrobina, que detienen la transferencia de electrones entre los citocromos b y c.

Aplicaciones: Efectivos contra una variedad de enfermedades, pero su uso repetido puede llevar al desarrollo de resistencias.

Interferencia en la Biosíntesis de Esteroles:

Descripción: inhiben la biosíntesis de esteroides, componentes cruciales de las membranas celulares del hongo.

Ejemplo: triazoles como el propiconazol.

Aplicaciones: proporcionan un control efectivo de enfermedades foliares y de la raíz.

Inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas:

Descripción: bloquean la síntesis de ADN, ARN y proteínas, interrumpiendo el crecimiento y la reproducción del hongo.

Ejemplo: anilino-pirimidinas como el ciprodinil.

Aplicaciones: utilizados en el manejo integrado de plagas para prevenir el desarrollo de resistencias.

Alteración de la integridad de la membrana celular

Descripción: comprometen la integridad de la membrana celular del hongo, causando la pérdida de contenido celular y la muerte del patógeno.

Ejemplo: fungicidas como el fludioxonil.

Aplicaciones: eficaces contra una amplia gama de patógenos y usados como parte de programas de manejo de resistencia.

Inducción de defensas en la planta huésped

Descripción: estimulan las defensas naturales de la planta, aumentando su resistencia a las infecciones fúngicas.

Ejemplo: Benzo-tiadiazol (BTH).

Aplicaciones: útiles en estrategias de manejo integrado para reducir la dependencia de fungicidas químicos.

Los fungicidas foliares se aplican en las hojas y otras partes aéreas de las plantas para prevenir, detener o eliminar el crecimiento de hongos patógenos. Para aplicar fungicidas foliares en los cultivos, se puede usar un pulverizador. La ubicación estratégica de los fungicidas depende del tipo de cultivo y de la etapa de crecimiento en la que se encuentre. Por ejemplo, en el caso de la soja, se recomienda aplicar fungicidas en los estadios reproductivos del cultivo, cuando el surco ya cerró. En este caso, las pulverizaciones deben alcanzar la parte inferior del tercio medio de la planta. Los fungicidas son compuestos químicos que actúan interfiriendo con los procesos biológicos de los hongos, ya sea de forma directa o al fortalecer la resistencia de la planta. La deriva de fungicidas es el desplazamiento de pesticidas fuera del área objetivo a través del aire. Puede ocurrir en forma de niebla, vapor o partículas.

Los factores que condicionan la deriva de fungicidas son:

Condiciones atmosféricas: la temperatura, la humedad, la velocidad del viento y la inversión térmica

Equipo pulverizador: el tamaño de la gota formada

Características del blanco: el tamaño, la superficie y la ubicación

Formulación del fitosanitario: los coadyuvantes presentes

Existen diferentes tipos de deriva, entre ellos:

Deriva de vapor: se produce cuando el fungicida se volatiliza, es decir, cambia de estado de líquido a gas.

Deriva de partículas: se produce cuando las partículas pulverizadas se mueven durante o después de la aplicación.

Deriva primaria: se produce en el momento de la pulverización.

Deriva secundaria: se produce en las horas siguientes a la aplicación.

Deriva terciaria: se produce semanas, meses o años después de la aplicación.

La deriva de fungicidas puede afectar a la fauna, la flora y los cursos de agua.

Para entender cómo se comportan los fungicidas en el ambiente se necesita conocer cierta información sobre las propiedades físico-químicas de la molécula y su mecanismo de transporte; así como las características medio ambientales y la geografía del lugar en el que se lo encuentra. La molécula de fungicida no permanece intacta por tiempo indefinido en el medio ambiente; ya que con el tiempo sufre una degradación influenciada por microorganismos, actividad química, pH, clima, y contenido de materia orgánica del suelo, entre otros. Los lugares en que puede estar presente el fungicida son: materiales o sustancias de desecho, agua subterránea o superficial, aire, suelo, subsuelo, sedimento y biota. La forma en que se mueven los fungicidas en el medio ambiente es desde la fuente emisora del plaguicida hasta los puntos donde existe exposición para el ser humano o biota. La aplicación de un fungicida involucra los movimientos de gases, líquidos y partículas sólidas dentro de un medio determinado y a través de las interfaces entre el aire, el agua, sedimento, suelo, plantas y animales.

Difusión: el movimiento de moléculas debido a un gradiente de concentración; trae como consecuencia el flujo de materiales desde las zonas más concentradas a las menos concentradas.

Lixiviación: es el parámetro más importante de evaluación del movimiento de una sustancia en el suelo. Está ligado a la dinámica del agua, a la estructura del suelo y a factores propios del fungicida. Los compuestos aplicados al suelo tienden a desplazarse con el agua y lixiviar a través del perfil; alcanzando las capas más profundas y el acuífero, que en consecuencia resulta contaminado.

Evaporación: la tasa de pérdida de un fungicida por volatilización depende de su presión de vapor, de la temperatura, de su volatilidad intrínseca y de la velocidad de difusión hacia la superficie de evaporación.

Las propiedades físico-químicas de los fungicidas son características que influyen en su comportamiento en el medio ambiente. Algunas de estas propiedades son:

Volatilidad: la tendencia de un fungicida a pasar a la fase gaseosa.

Presión de vapor: la medida de la volatilidad de un fungicida en estado puro.

Constante de la Ley de Henry: la tendencia de un fungicida a volatilizarse del agua o suelo húmedo.

Persistencia: la capacidad del fungicida para retener sus características en el medio ambiente.

Vida media: el tiempo que tarda la mitad del fungicida en descomponerse.

Solubilidad en agua: la máxima concentración de fungicida que se puede disolver en un litro de agua.

Coeficiente de Adsorción de carbono orgánico (Koc): la tendencia de un fungicida a ser retenido por los suelos o sedimentos.

Calidad de aplicación de fungicidas

Los procesos involucrados en que una pulverización alcance la enfermedad a tratar o blanco de aspersión son: el proceso de formación de gotas, deriva de gotas hacia otros sitios, la capacidad de esas gotas para depositarse sobre el blanco alcanzado, y cobertura medida como número de impactos por centímetro cuadrado y la dosis de principio activo que se deposita sobre el blanco en cuestión. Para evaluar la eficiencia de un tratamiento fitosanitario, el uso de tarjetas sensibles es un recurso que actualmente, por disponibilidad y costos, resulta cómodo y adecuado.

Las gotas pequeñas mejoran la cobertura ofreciendo la ventaja de una mejor penetración del cultivo, especialmente la posibilidad de alcanzar la cara inferior de las hojas, tallos, etc. Su principal desventaja es que por su menor peso están más expuestas a ser transportadas por el viento (deriva) y por su elevada superficie expuesta en relación al volumen, a sufrir una intensa evaporación antes de depositarse. La relación entre el tamaño y cobertura de gotas guarda la siguiente relación: al reducir el tamaño a la mitad, el número de gotas se multiplica por 8. Así, de una gota de 400 μ se obtienen 8 de 200 μ ; de una de 300, se obtienen 216 de 50 μ . Se entiende ahora el compromiso entre el tamaño de la gota, la cobertura y la persistencia de la misma. Para obtener una cobertura de 30 gotas/cm² lo puedo hacer con un volumen de 5,3lt/ha asperjando gotas de 150 μ , o con 42,4lt/ha utilizando un tamaño de gota de 300 μ .

La práctica indica que, trabajando con agua como dispersante, gotas menores de 150 μ están muy expuestas a la evaporación y deriva, y que aquellas mayores de 350 μ no proveen una adecuada cobertura y caen generalmente al suelo arrastrando con ella al agroquímico. Se considera que un adecuado balance se obtiene utilizando gotas entre 200-250 μ de diámetro.

Un tamaño único de gotas es sólo un concepto idealizado, ya que de hecho en una aspersión se producen gotas de distinto tamaño sin solución de continuidad. Para precisar este concepto, conviene referirse al diámetro volumétrico medio (DVM), como aquel tamaño de gota que divide la aspersión en dos volúmenes iguales. Otro valor de referencia es el diámetro numérico medio (DNM), que representa el diámetro a partir del cual se dividen dos volúmenes distintos pero que contienen un mismo número de gotas.

Las pastillas de cono hueco constan de dos elementos: un núcleo de turbulencia y un disco difusor. El primero, por su diseño imprime al flujo un movimiento de rotación y una salida por uno o más orificios regulando el tamaño de las gotas. El disco difusor, ubicado luego del núcleo, consta de un solo orificio, y es el responsable de la regulación del caudal.

Se conoce por deriva a aquella parte de la aspersión que no alcanza el blanco objeto del tratamiento. Se dividen en exo y endoderiva. La primera corresponde a aquella parte del pulverizado que cae fuera del área a tratar; la segunda, a aquella parte que cae dentro del área, pero no sobre blanco. Dentro de los factores de deriva podemos agrupar a aquellos que corresponden a las características de la aspersión; al equipo y técnicas de aplicación; a las condiciones de tiempo atmosférico; y a los equipos y accesorios específicos.

Las características de la aspersión afectan la deriva a través del tamaño de gotas; a menor tamaño la velocidad de caída es menor, mayor la evaporación por mayor superficie expuesta en relación al volumen transportado que reduce progresivamente el tamaño de la gota durante su caída. El mayor tiempo que permanece suspendida, mayor las probabilidades de ser transportada por el viento. A igualdad de humedad relativa ambiente y temperatura, 50% de HR y 30°C, por ejemplo, una gota de 200 μ demora 42" en reducirse a la mitad, mientras que una de 100 μ tarda solo 14" en evaporarse completamente. En términos prácticos, las condiciones de deriva se incrementan para tamaños de gotas menores a 150 μ si se usa agua como diluyente.

Las condiciones de tiempo atmosférico que afectan la deriva son, el viento, la humedad y temperatura ambiente, y las condiciones de estabilidad atmosféricas. Existe una reglamentación que prohíbe la aplicación de fungicidas con vientos superiores a 15Km/hs, condición que debe respetarse escrupulosamente cuando en el sentido del viento se encuentran cultivos sensibles a herbicidas. Una manera de contrarrestar sus efectos es incrementando el tamaño de la gota.

A mayor humedad ambiente se reducen los efectos por evaporación provocados por las altas temperaturas. Como límite de seguridad puede establecerse el no efectuar tratamientos con fungicidas líquidos a más de 25°C de temperatura y humedad relativa inferior a 60%.

Los límites críticos que afectan la deriva pueden establecerse como sigue: temperatura ambiente no mayor a 25°C, humedad relativa superior al 60%, velocidad del viento no superior a 10Km/hs, altura de vuelo entre 1,5 y 2 mts, y gotas menores a 100 μ que no superen el 5% del volumen total.

Existen aspersores electrostáticos, que producen gotas de tamaño uniforme y con carga eléctrica positiva. Estas gotas son atraídas por las cargas de signo opuesto de las estructuras vegetales reduciendo la endoderiva.

La aplicación ha sido eficiente cuando se ha logrado que una cantidad de principio activo se haya depositado sobre el blanco con una cobertura (N° de gota por cm²) y uniformidad (CV%) acorde al tipo de producto empleado. Es condición, además, la persistencia del producto en una forma absorbible sobre la superficie del blanco.

Los fungicidas de contacto requieren una cobertura mínima de 50 gotas/cm². Los productos sistémicos se traslocan dentro del organismo resultando suficiente que solo una parte del mismo reciba el fungicida; en cambio, cuando la acción principal es de contacto, se requiere

una cobertura muy superior, especialmente con fungicidas donde su acción es preventiva de una infección en toda la extensión de la canopia.

Para asegurar la persistencia del asperjado, se utilizan aditivos genéricamente llamados surfactantes, los tensoactivos y los aceites. Los primeros mejoran la adherencia, los últimos reducen la evaporación e incrementan la absorción de los fungicidas. Estos aditivos deben utilizarse bajo recomendación específica de producto, dosis y condición ambiental.

Para evaluaciones objetivas de la calidad de aplicación, se utilizan tarjetas sensibles de 7cm de largo por 2cm de ancho distribuida en número variable, entre 8 y 10, en distintos lugares del lote y lejos de las cabeceras. Existen tarjetas sensibles al agua, y de color amarillo, que se tiñen de azul; y otras de color gris, utilizadas para aspersiones con disolventes oleosos, que se tiñen de negro al depositarse la aspersión.

Las tarjetas pueden disponerse sobre las hojas superiores y adherirse con clips con la condición que mantengan una posición horizontal. El uso de soportes especialmente diseñados resulta muy ventajoso. Las tarjetas deben colocarse inmediatamente antes de la aplicación y retirarse una vez secas para su evaluación. El número de tarjetas suficiente es aquel que permite cuantificar los resultados en distintos trayectos del equipo aspersor y calcular una estadística compatible de promedio y variación espacial.

El volumen de aplicación es muy importante para calcular la cantidad correcta de líquido fungicida a aplicar por hectárea.

Ecuación para el cálculo del volumen de aplicación en Lt.Ha⁻¹

$$V(\text{Lt.Ha}^{-1}) = \frac{q(\text{lt.min}^{-1}) \cdot 600}{v(\text{km h}^{-1}) \cdot \text{DEP (m)}}$$

Donde V representa el volumen que eroga un EPT (equipo de pulverización terrestre) en litros (Lt) por hectáreas (Ha), q es el caudal que una pastilla libera en Lt por minuto (min), 600 es un valor de conversión (min*km*m*h⁻¹*Ha⁻¹), v: es velocidad con la que trabaja el equipo en kilómetros (km) por hora (h) y DEP: es el distanciamiento entre picos expresado en metros (m).

El mínimo volumen por hectárea tratada podría adoptarse en la condición de mínima deriva (baja temperatura, alta humedad relativa, poco viento y tamaño de gota uniforme). Los resultados de control mejoran notablemente cuando luego de los tratamientos químicos, el follaje permanece humedecido por un prolongado período de tiempo.

El máximo volumen se reserva como variable de ajuste cuando por razones de deriva incontrolada no puede obtenerse la cobertura requerida. En estos casos es necesario

considerar que se resiente notablemente la capacidad de trabajo, cuando se utilizan aviones, por un menor tiempo efectivo de aplicación.

MICOTOXINAS

Las toxinas fúngicas (micotoxinas) son sustancias producidas por varios centenares de especies de hongos que pueden crecer sobre los alimentos en determinadas condiciones de humedad y temperatura. Las micotoxinas representan un riesgo serio para la salud humana y animal.

Las micotoxinas son compuestos químicos producidos de forma natural (no antropogénicos) en el metabolismo secundario de algunos géneros de hongos. Las más importantes son las toxinas producidas por hongos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. Al tratarse de metabolitos secundarios, su velocidad de producción depende de la temperatura. En general, la producción es máxima entre los 24°C y los 28°C, que corresponden a temperaturas ambiente tropicales. En refrigeración (como sucedería en el caso de los mohos que proliferaran, por ejemplo, sobre queso), no solamente el crecimiento fúngico sería menor, sino también la producción proporcional de micotoxinas.

Existe una variedad muy amplia de micotoxinas que puede afectar a la salud humana y al ganado, dependiendo del hongo que las produce, y cuya presencia depende de muchos factores como el tipo de alimento, la humedad y la temperatura. Es por ello que hay micotoxinas que se forman principalmente en el campo (durante el cultivo), otras durante la cosecha y otras durante el almacenamiento (o en varias etapas a la vez). Una vez presentes en el alimento, ya no se puede descontaminar, resistiendo los procesos de secado, molienda y procesado. Además, debido a su estabilidad térmica, no suelen desaparecer mediante el cocinado.

Estas micotoxinas entran en la cadena alimentaria normalmente a través de cultivos contaminados, principalmente cereales, que son destinados a alimentos.

Existe una variedad muy amplia de micotoxinas que puede afectar a la salud humana y a los animales, destacando las siguientes:

Aflatoxinas (*Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*)

Aflatoxina B1

Aflatoxina B2

Aflatoxina G1

Aflatoxina G2

Aflatoxina M1

Aflatoxina M2

Toxinas de fusarium (Género *Fusarium*. *Fusarium graminearum*)

Zearalenona y sus metabolitos

Deoxinivalenol

Nivalenol

Toxinas T-2 y HT-2

Fumonisina 1 y Fumonisina 2

Ocratoxina A (*Aspergillus ochraceus* y *Penicillium verrucosum*)

Patulina (*Penicillium*, *Aspergillus* y *Byssosclamyces*)

Citrinina

Alcaloides ergóticos (alcaloides del cornezuelo del centeno-*Claviceps purpurea*)

Toxinas de *Alternaria*

Efectos de las micotoxinas en el cuerpo humano

La presencia de micotoxinas en los alimentos y piensos puede afectar a la salud humana y animal ya que pueden causar diversos efectos adversos como la inducción del cáncer y mutagenicidad, así como problemas en el metabolismo de los estrógenos, gastrointestinales o en el riñón. Algunas micotoxinas son también inmunodepresoras, reduciendo la resistencia a enfermedades infecciosas. Hay micotoxinas que producen estos efectos toxicológicos por exposición a las mismas a largo plazo y otras que presentan, además, efectos agudos (principalmente gastrointestinales), como el deoxinivalenol.

Para la mayoría de las micotoxinas, el CONSEJO ASESOR DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ALIMENTOS (CONASE), estableció en 2021 valores de referencia toxicológicos. Se incorporó al Código Alimentario Argentino el Artículo 156 quinto el cual establece límites para las micotoxinas.

Tabla 1

Analito	Nivel máximo (NM) (ug/kg)	Parte del Producto básico / Parte del Producto que se aplica el nivel máximo (NM)	Plan de Muestreo
Alimentos a base de cereales para lactantes y niños pequeños ^(*) (##)			
Aflatoxina B ₁	0,1	Todo el producto ^(#)	Según Reglamento (CE) No 401/2006, UE
Zearalenona ^(A)	20		
Fumonisinás ^(A)	200		
Alimentos sólidos a base de manzana destinados a lactantes y niños pequeños ^(*)			
Patulina	10	Todo el producto ^(#)	Según Reglamento (CE) No 401/2006, UE
Preparados para lactantes (leche maternizada o leche modificada) ^(##)			
Aflatoxina M ₁	0,025	Todo el producto ^(#)	Según Reglamento (CE) No 401/2006, UE
Cereales para desayuno			
Deoxinivalenol	500	Todo el producto	Según Reglamento (CE) No 401/2006, UE
Zearalenona ^(A)	50	Todo el producto	Según Reglamento (CE) No 401/2006, UE

^(A) Alimentos elaborados a base de maíz.

^(*) Por niños pequeños se entienden los niños de más de doce meses y hasta tres años de edad (Codex Stan 73-1981 Última Enmienda 2017).

^(#) El contenido máximo hace referencia a los productos listos para el consumo (comercializados como tales o reconstituidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante).

^(##) También aplica a Alimentos para Propósitos Médicos Específicos dirigidos a lactantes o niños pequeños.

Alimentos que contribuyen a la exposición a micotoxinas

Las micotoxinas aparecen a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde los cultivos en el campo hasta los alimentos procesados, pasando por el alimento para ganado y alimentos crudos o sin procesar.

Algunos alimentos sin procesar susceptibles de la contaminación por micotoxinas y que contribuyen a la exposición a micotoxinas son: los cereales, las semillas oleaginosas, frutas, verduras, frutos secos, frutas desecadas, granos de café, semillas de cacao y especias.

En cuanto a los alimentos procesados, debido a que no se destruyen durante esta etapa, son importantes fuentes de exposición a micotoxinas los productos a base de cereales (pan, pasta, cereales de desayuno, etc.), las bebidas (vino, café, cacao, cerveza, zumos), los alimentos de origen animal (leche, queso) y los alimentos infantiles.

Manejo de las enfermedades por micotoxinas

El adecuado manejo de los rastrojos, fuente primaria de los hongos, es una de las acciones preventivas para el logro de la reducción de la contaminación. En la práctica, la rotación de cultivos tiene el mismo objetivo. Los estudios de incidencia llevados a cabo en distintos sustratos, en diversos países, muestran que ciertos cultivos son más susceptibles al ataque y colonización de determinados hongos toxicogénicos. A pesar de que este conocimiento no es completo, se sabe que el maíz, maní y algodón son muy susceptibles a la contaminación por *Aspergillus flavus*, en contraposición a la soja, trigo y sorgo. Los híbridos y variedades de un mismo cultivo pueden presentar diferencias genéticas de resistencia a la contaminación por micotoxinas y/o infestación por hongos toxicogénicos. Ciertas variedades de maní poseen una mayor resistencia a la colonización, a través de la cáscara, por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*. El mercado internacional podría disponer, en un tiempo no lejano, de variedades de maní y algodón más resistentes a la contaminación por *Aspergillus flavus*.

En la última década, se ha observado en Argentina un incremento de la enfermedad tizón de la espiga de trigo, principalmente en el área central-norte, lo cual ha sido atribuido a diferentes causas: aumento del uso de prácticas culturales conservacionistas con avance de la siembra directa, el tipo de rotación de los cultivos, siembra de maíz previo al trigo y la difusión de germoplasma susceptible, existiendo evidencias del rol de los tricotecenos, principalmente deoxinivalenol (DON), como factores de virulencia para el tizón de la espiga. Las condiciones meteorológicas durante la contaminación en el campo representan uno de los factores ambientales determinantes, se conoce, por ejemplo, la influencia negativa que el estrés hídrico y térmico ejercen sobre la resistencia del maní y el maíz a la contaminación por *Aspergillus flavus*. Las características particulares del suelo, la utilización de fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, riego, etc., afectan la interrelación entre el hongo, el huésped y el medio ambiente.

Sin embargo, muchos de estos factores se desconocen, por lo que pueden llevarse a cabo prácticas con el objetivo de disminuir la infección por un determinado grupo de hongos toxicogénicos y favorecer la infección de otro grupo de hongos productores de micotoxinas. Un ejemplo de ello es la práctica del riego para disminuir la contaminación por *Aspergillus flavus*, que si se torna excesiva puede crear la humedad necesaria para facilitar la contaminación por DON. Consideraciones post-cosecha: el manejo de los granos desde la cosecha hasta el consumo, incluye operaciones de limpieza, secado, almacenamiento y transporte. Las demoras en la cosecha incrementan la probabilidad de la contaminación en el campo. Las principales variables que inciden en esta etapa son: plagas, atmósfera, cantidad de conidias, tiempo, temperatura y humedad (estrictamente, actividad de agua).

Se deben eliminar los materiales extraños y granos partidos o atacados por plagas, previamente a cada operación, para disminuir la concentración de conidias y separar las fracciones más susceptibles a la colonización. El tiempo juega un papel preponderante, ya que, a menor tiempo de almacenamiento, es menor la probabilidad de contaminación, pero este factor se rige por razones de mercado o estratégicas, por lo que no es posible utilizar esta variable para preservar la calidad de materias primas, alimentos para consumo humano y alimento para ganado.

En los países desarrollados, la temperatura y la actividad de agua son los factores utilizados con mayor frecuencia para prevenir la contaminación. En estos países la infraestructura existente permite mantener bajas temperaturas y un nivel de actividad de agua que impide la colonización de los hongos toxicogénicos, durante el almacenamiento. Otros países, con menor infraestructura y personal capacitado, utilizan sólo el secado para reducir la actividad acuosa. El secado no debe demorarse para impedir la infección, ya que existen hongos como el *Aspergillus flavus* que pueden en menos de 24 horas desarrollarse en abundancia. Pero, un secado inadecuado puede producir, entre otros deterioros, fisuras que serán la vía de entrada principal para la colonización fúngica durante el almacenamiento.

La resistencia genética a patógenos que generan micotoxinas son importantes para disminuir el desarrollo de enfermedades.

TRABAJO PRÁCTICO N° 1: METODOLOGÍAS DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS.

Objetivo: Analizar y entender el porqué del correcto uso y aplicación de fungicidas.

Metodología:

Para la evaluación de pulverizaciones terrestres en la aplicación de fungicidas en donde se analiza la penetración de gotas en el follaje de la soja bajo las condiciones particulares se debe considerar:

1. Para un Control Eficiente se considera el momento de aplicación, producto y sistema de pulverización. El momento de aplicación se determina mediante los monitoreos y la decisión puede ser antes de o durante la aparición de los primeros síntomas (Ivancovich y Ploper).
2. Fijar el blanco u objetivo a tratar, Dónde debe llegar la gota, por ejemplo, en el caso de la roya de la soja las gotas deben llegar *Phakopsora pachyrhizi* al tercio inferior de la planta, al envés de las hojas y también lograr una buena distribución en estratos medios y superiores. Para ello hay que determinar el tipo de pastilla a utilizar, el volumen por hectárea a aplicar y la evaluación con tarjetas hidrosensibles al momento de realizar la aplicación (Ivancovich y Ploper).

En el caso de aplicaciones aéreas con moderada incidencia de enfermedades de fin de ciclo en soja (EFC [=30%]) y potencial de rinde medianamente alto (3750 kg ha⁻¹), la aplicación de fungicidas con avión es técnica y económicamente conveniente, bajo buenas condiciones (HR cercana al 50%). El uso del sistema de atomizadores rotativos tuvo una notable capacidad de penetración del asperjado, del orden del 30%, con 15 gotas promedio en la posición más baja de la canopia con un volumen de 15 l ha⁻¹, utilizando tensoactivo (Adaptado de Leiva *et al.*, 2005).

Sin embargo, nada de lo que se ha dicho anteriormente tiene sentido si un técnico no sabe regular un equipo pulverizador y determinar el caudal de campo que eroga el mismo, el cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = q \cdot 600 \cdot D^{-1} \cdot V^{-1}$$

Dónde:

- Q = Caudal de campo (l ha⁻¹)
- q = Caudal de un pico (l min⁻¹)

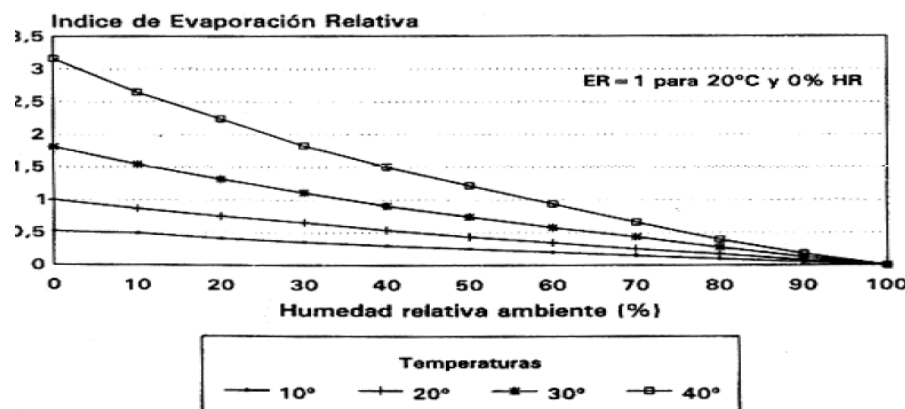
- D = Distancia entre picos (m)
- V = Velocidad de avance (km h^{-1})
- 600 = Cte. para adecuar unidades ($\text{min km m h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$)

Ejercicio: Un productor le pide que realice una aplicación terrestre para controlar químicamente mancha marrón causada por *Septoria glycines* en 30 has de soja sembradas el 20 de noviembre a 46 cm de distanciamiento entre surco y su estado fenológico al momento de la aplicación (15 de enero) es R3 (Fehr y Caviness, 1971) y una altura de 75 cm. Usted tiene un equipo AGROS 2500 con un botallón de 27 m de ancho y los picos a 35 cm y en promedio aplica con una velocidad igual a 12 km ha^{-1} y eroga un volumen de 150 l ha^{-1} . Las condiciones ambientales al momento de aplicar son: T° : 23, HR %: 60 y velocidad del viento: 10 km h^{-1} , dirección norte.

- ¿Cuánto tiempo tarda en realizar el labor considerando que el equipo presenta un tanque de 2500 l y tarda 20 minutos en cada recarga del equipo?
- Cuál sería el tipo de pastilla a utilizar y qué diámetro volumétrico medio (DVM) utilizaría para poder controlar eficazmente esta enfermedad si los síntomas están presentes desde el tercio inferior al medio de la planta de soja con una severidad promedio de 10 %.
- Explique cómo realizaría la prueba de compatibilidad (premezclado) para: $0,5 \text{ l ha}^{-1}$ de tebuconazole y 0,5 % v v-1 de aceite metilado de soja.
- Analice e interprete el gráfico que se encuentra a continuación de Ciba y Geigy. Fundamente su respuesta con una situación práctica y real que pudiera ocurrir en un día destinada a una aplicación de fitosanitarios con un equipo terrestre. Considere un DVM de 300μ .

EVAPORACION DE LA GOTA

Ciba-Geigy. 1981



- Si en la etiqueta del fungicida aparecen las dos imágenes ¿qué medidas de seguridad debería tomar el operario?



BIOCONCENTRACIÓN, BIOACUMULACIÓN Y BIOMAGNIFICACIÓN

La bioconcentración, la bioacumulación y la biomagnificación son procesos que implican la acumulación de sustancias en los organismos.

Bioconcentración

Es la acumulación de una sustancia contaminante en un organismo desde el ambiente, como el agua.

La concentración de la sustancia en el organismo puede ser perjudicial.

Bioacumulación

Es la acumulación de una sustancia contaminante en un organismo desde todas las fuentes ambientales, como el agua, el aire, los alimentos, los sedimentos, los suelos y las partículas finas.

Los organismos que acumulan sustancias se llaman bioacumuladores.

Biomagnificación

Es el aumento de la concentración de una sustancia contaminante en los organismos a lo largo de la cadena alimentaria

También se conoce como bioamplificación o magnificación biológica

La biomagnificación se produce cuando la sustancia contaminante se acumula en los alimentos y pasa de un nivel trófico a otro

El índice de impacto ambiental (EIQ) y el índice GUS (puntuación de ubicuidad en aguas subterráneas) son herramientas que se utilizan para evaluar el impacto que tienen los plaguicidas en el medio ambiente.

El EIQ es un coeficiente numérico que se calcula a partir de la toxicidad, la vida media en el suelo, el potencial de lixiviación y otros factores. El GUS es un índice que se utiliza para estimar el riesgo de que un plaguicida se filtre hacia el agua subterránea. Gustafson en 1989 calculó un indicador de contaminación potencial basados en la vida media (persistencia del plaguicida) y la adsorción y solubilidad del producto (movilidad).

EIQ

El EIQ es un modelo desarrollado por la Universidad de Cornell.

Se calcula a partir de la dosis y el porcentaje de ingrediente activo.

Permite comparar el impacto ambiental de diferentes estrategias de manejo.

Tiene en cuenta el riesgo para el aplicador, el consumidor y el ambiente.

GUS

El GUS se utiliza para estimar el riesgo de lixiviación de un plaguicida hacia el agua subterránea.

Se calcula a partir de la vida media del plaguicida y su índice de adsorción en la materia orgánica.

Los valores de GUS mayores a 2.8 es lixiviable, entre 2.8 y 1.8 intermedio y menores a 1.8 es no lixiviable.

RESISTENCIA

La resistencia a los fungicidas es un rasgo genético que se desarrolla cuando una pequeña parte de una población de plagas sobrevive a la aplicación de un fungicida. Los individuos que sobreviven transmiten sus genes de resistencia a la siguiente generación. La resistencia a los fungicidas puede desarrollarse de varias formas, como:

Resistencia metabólica

Los insectos resistentes pueden descomponer o detoxificar la toxina del fungicida más rápido que los susceptibles.

Resistencia en el sitio de acción

El insecticida no puede unirse al blanco en el insecto, lo que reduce o elimina su efecto.

Resistencia a la penetración

Los insectos resistentes absorben el insecticida más lentamente debido a una cutícula externa que dificulta su penetración.

Resistencia debida al comportamiento

Los insectos resistentes pueden detectar el peligro y evadir la acción del fungicida.

La genética de la resistencia a los cultivos es el mecanismo que permite a las plantas detener el crecimiento de los patógenos. Esto se logra a través de la incorporación de genes de resistencia en los cultivos.

La resistencia genética puede ser específica o general. La resistencia específica es efectiva contra ciertas razas de un patógeno, mientras que la resistencia general es efectiva contra todas las razas.

Los genes de resistencia pueden ser mono o poligénicos. La resistencia mono es específica a razas fisiológicas, mientras que la resistencia poligénica es estable.

El control genético de enfermedades en plantas es una de las formas más eficientes de controlarlas. Para incorporar la resistencia genética en un cultivo, se debe tener en cuenta el tipo de planta y el tipo de resistencia que se quiere incorporar.

Un ejemplo de control genético de enfermedades en plantas es la resistencia a la roya del tallo en trigo.

La resistencia horizontal y vertical son dos tipos de resistencia que tienen las plantas para limitar el desarrollo de enfermedades. La resistencia horizontal es general, mientras que la vertical es específica.

Resistencia horizontal

- Es incompleta, cuantitativa o poligénica
- Es controlada por varios genes
- Ofrece un nivel general de resistencia contra una variedad de patógenos
- Es más duradera que la resistencia vertical
- También se conoce como resistencia parcial, de genes menores, cuantitativa o duradera

Resistencia vertical

- Es completa, cualitativa o monogénica
- Es controlada por uno o pocos genes
- Causa resistencia específica a ciertas razas de un patógeno
- También se conoce como resistencia monogénica, resistencia de genes mayores, resistencia cualitativa

La resistencia de una planta puede ser una mezcla de ambos tipos en proporciones variables.

PATOLOGÍA DE SEMILLAS DE SOJA

Importancia de la calidad de semilla en la implantación del cultivo.

Para el logro de buenos rendimientos en el cultivo de soja es importante el uso de semilla de buena calidad y una correcta implantación entre otros factores. La calidad de la semilla de soja está determinada por varios índices, como poder germinativo, vigor y sanidad.

Calidad sanitaria de la semilla de soja.

Aunque son numerosos los patógenos (hongos, bacterias y virus) que afectan a las semillas de soja en el mundo, en Argentina nos referimos generalmente a los hongos como los principales causantes del deterioro de la calidad de la semilla. El uso de semillas de alto poder germinativo, vigor y sanidad favorece la obtención de plantas sanas, uniformes y de mayor desarrollo, asimismo evita la introducción de inóculo de patógenos a lotes donde no se hallen presentes.

Es importante mencionar que algunos patógenos pueden ser portados por las semillas en bajos porcentajes, pero con importantes implicancias desde el punto de vista epifitiológico. Tal es el caso del cancro del tallo causado por *Phomopsis phaseoli* var. *meridionalis* y la mancha ojo de rana causada por *Cercospora sojina* ó *Passalora sojina*. La infección de la semilla puede originarse desde la floración hasta la madurez del cultivo, aunque los síntomas se observan durante los últimos estados reproductivos. Los daños son mayores cuando más temprano ocurra la infección. Las infecciones pueden ser sistémicas, o sea a partir de la misma planta, o secundarias cuando provienen de otras plantas del mismo lote o lotes cercanos.

Las condiciones ambientales, especialmente temperatura y humedad, durante el período de floración a madurez de cultivo conjuntamente con el inóculo proveniente de los rastrojos o introducido por semillas infectadas y con las características genéticas de la variedad son las que determinan los niveles de infección de las semillas con patógenos.

Numerosas enfermedades de soja son transmitidas por semilla, causando algunos patógenos severas reducciones en germinación y/o vigor. De éstos, los más importantes son las especies incluidas en el complejo *Diaporthe/Phomopsis*. La presencia de enfermedades causadas por hongos que afectan la calidad de la semilla, produciendo daños directos (pérdidas de rendimiento, disminución de la calidad comercial del grano) e indirectos (disminución de la calidad de la semilla para la siembra).

Principales patógenos de las semillas de soja

Tizón del tallo y de la vaina

Agente causal: *Phomopsis* spp.

Cancro del tallo

Agente causal: *Diaporthe sp.*

Mancha púrpura de la semilla

Agente causal: *Cercospora kikuchii*

Mancha ojo de rana

Agente causal: *Cercospora sojina*

Mildiu

Agente Causal: *Peronospora manshurica*

Antracnosis

Agente causal: *Colletotrichum truncatum*

Deterioro por cosecha demorada

Agentes causales: *Fusarium spp.*

Alternaria spp.

Deterioro en almacenaje

Agente causales: *Penicillium spp.*

Aspergillus spp.

Mosaico

Agente causal: *Soybean mosaic virus*

Bacteriosis

Agentes causales: *Bacillus subtilis*,

Xanthomonas axonopodis pv. *glycines*,

Pseudomonas syringae pv. *glycinea*,

Pseudomonas syringae pv. *tabaco*.

Principales hongos de suelo

Tizón por *Rhizoctonia*

Agente causal: *Rhizoctonia solani*

Tizón del tallo y de la vaina

Agente causal: *Phomopsis spp.*

Es considerada la enfermedad más importante de semillas de soja, debido a su directa correlación con la disminución del poder germinativo de las mismas. La infección ocurre a través del hilio o de heridas en la testa. Los patógenos colonizan inicialmente el episperma, lo que produce rajaduras y achatamiento de la semilla. Luego se coloniza el embrión (cotiledones y plúmula). La testa permite mantener la calidad de la semilla, por lo tanto, cualquier daño a la misma deja desprotegida a la semilla.

Sintomatología

Madurez anticipada de las plantas y decoloración de tallos y vainas. Las semillas provenientes de vainas enfermas son más pequeñas, deformes, y con rajaduras (figura 2).



Figura 2: síntomas y signos de tizón de la vaina en soja.

Signos

Sobre los tejidos senescentes de tallos y vainas se forman estructuras (picnidios) de color pardo oscuro distribuidas en forma de hileras. En condiciones de alta humedad las semillas se cubren externamente de una coloración blanquecina (micelio del hongo) (figura 3).



Figura 3: signos de picnidios en semilla de soja.

Condiciones predisponentes

La enfermedad se ve favorecida por temperaturas medias diarias de aproximadamente 21°C, y abundantes lluvias durante los estados fenológicos que van de floración a madurez de cultivo, especialmente en los períodos de madurez fisiológica.

Manejo de la enfermedad

Monitoreo

Rotación de cultivos

Semillas tratadas

Fungicidas.

Cancro del tallo

Agente causal: *Diaporthe spp.*

Sintomatología

Clorosis y necrosis internerval, a partir de los estados reproductivos tempranos.

Formación de canchros o áreas deprimidas (figura 4), de tonalidades claras en el centro y de bordes pronunciados pardo-rojizos, localizados en la zona de inserción del pecíolo y extendiéndose unos centímetros sobre el tallo, en forma de parches.

Signos

Fructificaciones (picnidios) de color pardo claro, distribuidas en forma irregular sobre los canchros, que lo diferencian del "tizón del tallo y de la vaina" que se caracteriza por producir picnidios más oscuros distribuidos en hileras sobre grandes áreas del tallo y vainas (figura 5).



Figura 4: síntoma de cancro en planta de soja.



Figura 5: signo de *Diaporthe spp.*

Condiciones predisponentes

Temperaturas medias diarias de aproximadamente 21°C, y abundantes lluvias durante los estados vegetativos tempranos del cultivo de la soja.

Restos de cultivos afectados, que permanecen en el lote, o son transportados a otros sitios a través de las maquinarias agrícolas o como reservas forrajeras.

Uso de semillas infectadas, que, si bien no sobrepasan niveles del 2% y no producen infección sistémica, introducen al patógeno a lotes libres del mismo.

Manejo de la enfermedad

Rotación de cultivos

Uso de fungicidas

Selección de variedades resistentes

Mancha púrpura (síndrome purpureo en soja)

Agente causal: *Cercospora kikuchii*

Sintomatología

En la planta: Las hojas superiores presentan coloraciones púrpura-rojizas en el haz de las mismas, y lesiones angulares o irregulares que a menudo coalescen formando áreas necróticas, en ambas caras de las hojas (figura 6). También se observan coloraciones púrpura-rojizas en los tallos y necrosis en las nervaduras y en los pecíolos, que permanecen adheridos al tallo durante un tiempo inusualmente prolongado. Las lesiones más severas pueden afectar las vainas y semillas.



Figura 6: sintomatología de síndrome purpureo en soja.

En la semilla: Manchas de color púrpura, claro a oscuro, en forma de puntuaciones o cubriendo totalmente a la semilla (figura 7).



Figura 7: sintomatología en semilla del síndrome purpureo en soja.

En coincidencia con estas manchas suelen aparecer estrías transversales. Semillas asintomáticas pueden ser portadoras del patógeno.

Condiciones predisponentes

Temperaturas de 25 a 30°C, alta humedad relativa y mojado foliar.

Manejo de la enfermedad

Uso de semillas libres del patógeno.

Aplicación de fungicidas curasemillas y foliares.

Mancha Ojo de Rana

Agente causal: *Cercospora sojina*

Sintomatología

En la planta: Los síntomas típicos de esta enfermedad, que dan nombre a la misma, son lesiones circulares a angulares, con centro claro y borde oscuro, marrón rojizo (figura 8). Sobre las mismas se producen los conidios libres de color marrón oscuro. La ausencia de un halo amarillento alrededor de las manchas es característica de esta enfermedad. También infecta tallos, vainas y semillas.



Figura 8: sintomatología de mancha ojo de rana en soja.

En la semilla: Manchas desde color púrpura oscuro a pardo, en forma de puntuaciones o cubriendo totalmente a la semilla.

En coincidencia con estas manchas suelen aparecer estrías transversales. Semillas asintomáticas pueden ser portadoras del patógeno.

Condiciones predisponentes

El hongo sobrevive en los restos del cultivo afectado y en forma de micelio sobre las semillas infectadas. Alta temperatura y humedad conducen a la formación de conidios. Estos son transportados por el aire y por el salpicado de las gotas de lluvia a corta distancia. Bajo condiciones favorables se pueden producir varias infecciones secundarias durante el ciclo del cultivo.

Manejo de la enfermedad

Resistencia varietal.

Uso de semillas libres del patógeno.

Aplicación de fungicidas curasemillas y foliares.

Es importante considerar que *Cercospora sojina* es un patógeno altamente variable y se pueden diferenciar razas fisiológicas, razón por la cual, variedades resistentes a algunas razas podrían ser afectadas por otras, de este modo se vería comprometida la resistencia varietal.

Mildiu

Agente causal: *Peronospora manshurica*

Síntomas y signos

La semilla infestada muestra una costra, formada por micelio y oosporas del hongo, que la recubre parcial o totalmente.

La semilla infestada puede dar origen a plántulas con infección sistémica, que muestran síntomas a partir de las dos semanas de emergidas (figura 9).



Figura 9: síntoma y signo de mildiu en soja.

Condiciones predisponentes

La enfermedad se ve favorecida por alta humedad y temperaturas de 20 a 22°C.

Manejo de la enfermedad

Utilizar variedades de soja resistentes

Tratar las semillas con fungicidas
Rotar la soja con un cultivo que no sea arveja durante al menos un año
Enterrar los residuos infestados
Evitar el estancamiento del agua
Destruir las plantas espontáneas
Aplicar inductores de resistencia como las sales de fosfito

Antracnosis

Agente causal: *Colletotrichum truncatum*

Síntomas y signos

Semillas de menor tamaño, con manchas difusas de color pardo, y cubiertas con abundantes estructuras con aspecto de pequeñas espinas de color negro denominadas acérvulas (figura 10).

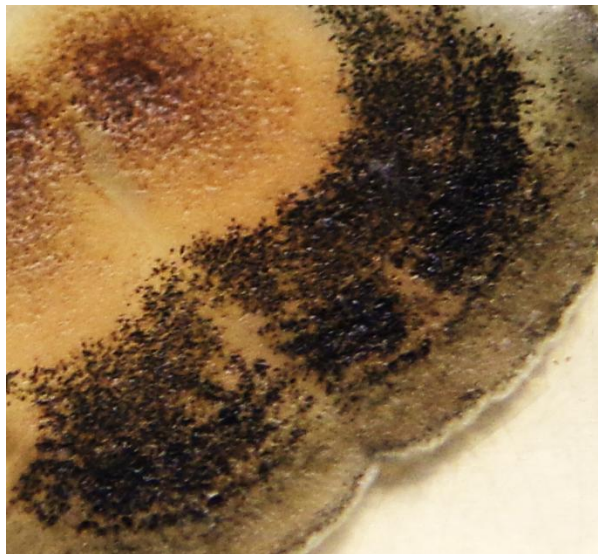


Figura 10: síntomas y signos de antracnosis en soja.

Condiciones predisponentes

Temperaturas superiores a 25°C
Humedad excesiva en las hojas, tallos y frutos
Lluvias abundantes a la madurez del cultivo
Suelos húmedos
Clima cálido y húmedo

Manejo de la enfermedad

Fungicidas

Rotación de cultivos

Medidas preventivas.

Deterioro de la semilla a campo por cosecha demorada

Cuando la cosecha de la soja se demora por condiciones climáticas adversas se produce deterioro de la calidad de la semilla, ocasionado generalmente por hongos de los géneros *Alternaria* y *Fusarium*.

Agente causal: *Alternaria spp.*

Síntomas y signos

Semillas más pequeñas y deformadas, que bajo condiciones de elevada humedad ambiental se pudren y cubren de una masa algodonosa (micelio) de color pardo-verdoso oscuro (figura 11).

Agente causal: *Fusarium spp.*

Síntomas y signos

Los síntomas son similares a los ocasionados por el género *Alternaria*, pero las semillas se cubren de una abundante masa algodonosa (micelio) de color blanco o rojizo (figura 11).



Figura 11: signos de *Alternaria* y *Fusarium*

Condiciones predisponentes (*Alternaria* – *Fusarium*)

Lluvias entre la madurez fisiológica y la cosecha
Daños por insectos, especialmente las chinches
Senescencia prematura de las semillas
Alta humedad relativa

Manejo de la enfermedad

Tratar las semillas con fungicidas
Planificar fecha de siembra

Deterioro en almacenaje

El proceso de infección ocurre durante el almacenaje de los granos en condiciones de elevada temperatura y humedad. Producen deterioro de la calidad de los granos. Sin embargo, también, bajo ciertas circunstancias, estos patógenos pueden infectar a la semilla en el estado de llenado de los granos a campo.

Agentes causales: *Penicillium spp* (figura 12); *Aspergillus spp*.



Figura 12: signos de *Penicillium*

Condiciones predisponentes

Humedad alta

Temperaturas elevadas

Presencia de impurezas e insectos.

Manejo de la enfermedad

Almacenar en un lugar fresco y seco

Proteger de la humedad y la temperatura

Limpiar y desechar los granos que no estén enteros

Almacenar en bolsas de papel con una humedad relativa del 40 al 60%

Almacenar en silos celda o silos bolsa

Refrigerar por medios artificiales como freezers y otros recipientes

Mosaico

Agente causal: *Soybean Mosaic Virus* (SMV)

Síntomas

La expresión de los síntomas está relacionada con el grado de susceptibilidad del cultivar a la enfermedad, las condiciones climáticas, y la raza del virus. Las hojas se tornan rugosas y con manchas amarillas, que contrastan con el color verde de los tejidos normales, formando el típico mosaico. En las semillas se observa un corrimiento del hilio (figura 13).



Figura 13: síntomas de SMV en semillas de soja.

Condiciones predisponentes

Los síntomas foliares tienden a moderarse a 24-25°C y enmascararse a temperaturas superiores a 30°C.

Manejo de la enfermedad

Siembra de cultivares tolerantes.

Bacteriosis

Podredumbre de la semilla por *Bacillus* causado por *Bacillus subtilis*.

Pústula bacteriana causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*.

Tizón bacteriano causado por *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*.

Quemazón causada por *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*.

Síntomas y signos

Las semillas no germinan, de aspecto brillante, aparición de secreciones, corrugaciones, olores nauseabundos (figura 14).



Figura 14: síntomas y signos de *Bacillus subtilis*.

Condiciones predisponentes:

Abundantes precipitaciones, viento y elevadas temperaturas que produzcan rupturas en vainas y en las semillas, durante el llenado de grano, favorecen la entrada del complejo bacteriano a las semillas.

Manejo de la enfermedad

Usar semillas libres de patógenos

Plantar variedades resistentes a la bacteriosis

Rotar los cultivos con cultivos que no sean huéspedes

Evitar dañar las plantas, especialmente cuando el follaje está húmedo

Tizón por *Rhizoctonia*

Agente causal: *Rhizoctonia solani*

Síntomas

Muerte de plántulas en pre y postemergencia, con formación de canchales de color pardo-violáceo a nivel del hipocótilo y posterior estrangulamiento del mismo. Aunque con menor frecuencia, puede observarse hasta la madurez del cultivo (figura 15).



Figura 15: plántula de soja afectada por *Rhizoctonia solani*

Condiciones predisponentes

La muerte de plántulas en los primeros estadios del cultivo está asociada a condiciones ambientales adversas a la germinación de las semillas, generalmente baja temperatura y estrés por exceso o deficiencia de agua. Estas condiciones climáticas se presentan, frecuentemente, en las fechas de siembra tempranas.

Manejo de la enfermedad

Planificar las fechas de siembra considerando lo siguiente: Evitar la siembra temprana con baja temperatura de suelo.

Escapar en los primeros estadios fisiológicos a las condiciones ambientales predisponentes ya mencionadas.

Tratamiento de las semillas con fungicidas.

MANEJO DE LAS ENFERMEDADES DE LA SEMILLA.

Durante la última década, y debido al monocultivo de soja se han incrementado notoriamente los patógenos de suelo que afectan la emergencia a campo.

Principales estrategias y herramientas para el manejo de las enfermedades de semilla.

-Uso de fungicidas curasemillas. Durante las décadas del 80 y 90 los principales problemas de emergencia eran causados por hongos de semillas que se controlan con fungicidas tales como el Thiram o Carbendazim. Durante las dos últimas décadas el incremento de los hongos de suelo implica el uso de otro tipo de fungicidas, más eficientes para su control, tales como Maxim.

-Uso de fungicidas de aplicación foliar. La mayoría de las aplicaciones foliares de fungicidas se realizan para el manejo de las enfermedades de fin de ciclo. Sin embargo, tanto los semilleros como los productores que guardan su propia semilla aplican esos fungicidas para mejorar la calidad de los granos cosechados.

METODOLOGÍAS DE LABORATORIO PARA DIAGNÓSTICO DE PATÓGENOS DE SEMILLA Y DE SUELO

Métodos de detección de patógenos en semillas de soja

Previo al análisis sanitario de las muestras de semillas se debe observar si los síntomas y signos que se presentan corresponden a una causa abiótica (fisiogénica) o biótica (hongos, bacterias o virus). Dentro de causas abióticas se pueden presentar:

-Daños ambientales, por ejemplo, altas temperaturas (arrebataamiento de las semillas), por bajas temperaturas (decoloración de semillas).

-Daños durante la cosecha, por ejemplo, cuando la misma se realiza con muy baja humedad ambiental.

Tamaño de la muestra a analizar

Se utilizan 400 semillas divididas en cuatro grupos de 100 para tener las repeticiones requeridas para el cálculo estadístico.

Métodos

1. Directo:

1.1. Seco

1.2. Washing test

2. De incubación:

2.1. Blotter test

2.2. Prueba en Agar Papa Dextrosa

2.3. Análisis serológicos

1. Directo

1.1. Método en Seco

Permite detectar anomalías físicas. Ejemplos: Semillas deformadas, más pequeñas, manchadas, etc.

Permite detectar presencia de estructuras vegetativas (micelio, esclerocios) y/o reproductivas de patógenos (picnidios, acérvulas).

2.2. Washing test (Prueba de lavado)

El remojo de las semillas permite la difusión de estructuras fúngicas y su posterior visualización bajo microscopio óptico. Por ejemplo: esporas de royas, mildius, etc.

Observación de resultados

- Visual directa

- Bajo lupa

- Bajo microscopio óptico

Por ejemplo: recuento de semillas deformadas, decoloradas, manchadas.

Los resultados son de utilidad cuando las semillas presentan altos niveles de infección, y no se pueden tomar como índices de sanidad. Ventajas: método rápido y económico (pocos materiales). Desventajas: no detecta algunos patógenos (no producen signos).

2. De incubación

2.1. Blotter test (Prueba en Papel).

Materiales:

- Bandejas con tapa

- Papel

- Pinzas
- Desinfectantes (hipoclorito de sodio)
- Estufas de incubación con luz NUV, cercana al ultravioleta (para favorecer formación de signos, esporas, estructuras vegetativas, estructuras reproductivas, etc.)

Metodología

Si las semillas no están completamente limpias es conveniente someterlas a una breve desinfección con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos.

Se utilizan bandejas (tipo comida) con tapas. En la base se coloca algodón o papel de filtro (o de cocina). Se humedecen con agua destilada estéril hasta saturación y posteriormente se siembran las semillas sobre las mismas en forma equidistante.

Se incuban en estufas a 24°C y alternancia de 12 horas de luz (NUV o fluorescente) y 12 horas de oscuridad, durante 5-7 días, manteniendo los tubos a una distancia de 40 cm de las bandejas.

Finalmente se registran los resultados.

Resultados

-Aunque no es una prueba de germinación (no se considera porcentaje de semillas germinadas) es recomendable registrar anomalías observadas en las raíces, hipocótilos, etc.

-Tomar nota de la presencia de hongos contaminantes (por ejemplo, *Rhizopus* spp., *Alternaria* spp.)

-Registrar el porcentaje de patógenos presentes en la muestra.

2.2. Prueba en Agar Papa Dextrosa (APD).

Materiales

- Cámara de flujo laminar (o un sitio aséptico)
- Mechero a alcohol
- Cajas de Petri (de plástico descartable o de vidrios reciclables)
- Hipoclorito de sodio (para desinfección de semillas)
- Medios de cultivo (para el desarrollo de micelio y/o estructuras reproductivas)
- Pinzas
- Estufas de cultivo (para incubación)

- Lupa
- Microscopio óptico

Preparación de medio de cultivo

Se puede comprar el medio de cultivo ya preparado.

Se puede preparar en laboratorio, de la siguiente manera:

Agar papa dextrosa:

- Agar-agar 17 g.
- Dextrosa 20 g.
- Papas peladas 200 g
- Agua destilada 1.000 ml

Se hierva durante una hora los 200 gramos de papa, cortadas en pequeños cubos, en 500 ml de agua destilada, luego se filtra. Posteriormente se disuelve el agar en 400 ml de agua destilada, a baño "de María", disolviendo la dextrosa en 100 ml de agua. Finalmente se mezcla todo.

Metodología

Se desinfectan las semillas con hipoclorito de sodio al 2% durante dos minutos, se enjuaga con agua estéril y se siembran 10 de ellas por cada caja de Petri con el medio de cultivo, en forma equidistante. Se incuban en estufas a 24°C y alternancia de 12 horas de luz (NUV o fluorescente) y 12 horas de oscuridad, o directamente en oscuridad, durante 5-7 días, manteniendo los tubos a una distancia de 40 cm de las bandejas.

Finalmente se registran los resultados

Expresados en porcentaje de patógenos presentes en la muestra, registrando si existen más de un género o especie de hongo sobre una semilla y también si existen contaminantes sobre las mismas.

2.3 Análisis serológicos (festucosis, mosaico de la soja).

En la década de 1980, comenzaron a utilizarse técnicas basadas en caracteres serológicos disponible en patología de plantas y en semillas. Las pruebas serológicas (ELISA, ISEM, inmunoblot, etc.) resultaron muy eficientes para la detección de virus, bacterias y hongos en presencia de niveles muy bajos de inóculo, en muestras de 5000 a 10000 semillas.

El método de inmunoblot ha sido incluido en las hojas de trabajo de ISTA para la detección de *Neotyphodium coenophialum* (actualmente renombrado como *Epichloë coenophiala*) causante de la "festucosis" en festuca alta y raigrás perenne.

MÉTODO EN TIERRA PARA DETECTAR EL EFECTO DE LOS PATÓGENOS DE SUELO EN LA EMERGENCIA Y LA GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS DE SOJA

Se colocan 200 semillas en bandejas con tierra agregando agua suficiente para la germinación, inicialmente, y si es necesario durante todo el período de incubación donde se mantienen durante 10 días a 20°C. Se trabaja con menor temperatura de la habitual (20°C) imitando condiciones de siembras tempranas (Octubre, Noviembre) que son las que favorecen la infección por hongos de suelo. Finalmente se hace el recuento de plantas, registrando plantas anormales (emergidas) y normales (germinación).

Ventajas del método: Permite brindar al productor información sobre la emergencia y germinación a campo de las semillas que va a sembrar y en el lote donde la va a sembrar, donde la emergencia podría ser afectada por patógenos de suelo, aunque se siembren semillas de buen poder germinativo.

PATOLOGÍA DE SUELO

Las patologías del suelo son enfermedades que afectan a los cultivos y son causadas por microorganismos, como hongos, bacterias, virus y nematodos.

Principales fitopatógenos

Phytophthora: Oomiceto que se desarrolla en los tejidos de la planta después de la infección.

Rhizoctonia: Hongo que se transmite por las semillas y el suelo, y se alimenta de materia orgánica muerta.

Fusarium: Hongo que sobrevive en el agua y suelo, alimentándose de materiales en descomposición.

Pythium: Oomiceto que puede permanecer activo durante muchos años en el sustrato del suelo.

Los factores que influyen en la salud del suelo son la abundante luz solar, temperaturas medias, humedad del aprox. 60%, pH alcalino del suelo y una buena proporción de nutrientes. Además de los factores antes mencionados, hay que tener en cuenta un buen manejo de los suelos agrícolas. Para lo cual se aconseja, usar criterios de sostenibilidad, utilizar técnicas de cultivo adecuadas, utilizar productos fitosanitarios adecuados y detectar tempranamente los microorganismos en el suelo.

Los antagonistas

Los patógenos de suelo comparten el ambiente con otros organismos y compiten con ellos por recursos. Muchos microorganismos del suelo son antagonistas de los patógenos de

manera directa, compitiendo por el sitio, o de manera indirecta, generando sustancias tóxicas. Cuando un suelo tiene una alta proporción de microflora antagonista se le denomina suelo supresor.

Control biológico de los fitopatógenos

El control de los fitopatógenos se puede lograr biológicamente mediante organismos biocontroladores antagónicos. El género *Trichoderma* es la alternativa de control biológico más importante en lo que se refiere a enfermedades del suelo. *Trichoderma* tiene la capacidad de tomar los nutrientes de los hongos patógenos, compitiendo con ellos o degradándolos. También se alimenta de la materia orgánica ayudando a su descomposición y transformación. Tiene diversas ventajas, entre las cuales se destaca su rápido crecimiento y desarrollo, alta tolerancia a condiciones ambientales extremas y la capacidad de sobrevivir en medios con altos contenidos de fertilizantes químicos.

Se ha demostrado que el género *Trichoderma* actúa contra un amplio rango de hongos fitopatógenos. Se ha usado contra pudriciones causadas por *Fusarium*, *Rhizoctonia* o *Pythium*. Los microorganismos de *Trichoderma* son una alternativa sana, limpia y sostenible para combatir plagas y enfermedades de las plantas, estos son otros de sus beneficios:

Posee un amplio rango de acción.

No genera resistencia como sucede cuando se utilizan agroquímicos.

Estimula el crecimiento de los cultivos.

Favorece la proliferación de organismos benéficos en el suelo, como otros hongos antagónicos.

Previene enfermedades dando protección a la raíz o al follaje de las plantas.

Ayuda a descomponer la materia orgánica, haciendo que los nutrientes estén disponibles para la planta, por lo tanto, tiene un efecto indirecto en la nutrición del cultivo.

Preserva el ambiente al disminuir el uso de fungicidas.

TRABAJO PRÁCTICO N° 2: PATOLOGÍA EN SEMILLAS DE LOS CULTIVOS DE GRANO.

Objetivos:

1. Determinación del correcto muestreo, manipuleo y análisis sanitario de una muestra de semilla destinada a la identificación de los patógenos presentes en la misma.
2. Discutir el momento óptimo del uso de curasemillas.

Metodología

Ejercicio 1: Análisis sanitario de semillas. Con el material provisto en el trabajo práctico realice los siguientes análisis de semilla para identificar y cuantificar patógenos.

Muestreo.

Previo al muestreo se debe identificar cada uno de las muestras que lleguen al laboratorio (si proviene de camión, acoplado, silo, o cualquier otra característica que identifique la muestra). Los datos que debe adjuntar a cada muestra: nombre y apellido del remitente, dirección donde realizó el muestreo, especie que muestreó, fecha del muestreo, tipo de análisis que se le realizará a la muestra

En el Laboratorio para la toma de muestra se debe utilizar un homogeneizador / reductor de muestras y realizar los siguientes pasos con cada muestra extraída:

1. Pasar la muestra por el homogeneizador, dos veces como mínimo.
2. Reducir la muestra ya homogeneizada a 400 semillas (Reglas ISTA).
3. Acondicionar (rotular, embolsar, almacenar, etc) la muestra hasta su uso.

Ensayo sanitario de semillas.

El objetivo de este ensayo es determinar el estado sanitario de una muestra de semillas y en consecuencia el del lote, con el fin de obtener una información que pueda ser utilizada para comparar el valor de los diferentes lotes de semillas.

Los ensayos sanitarios de semillas son importantes por tres razones:

- Un inóculo transmitido por las semillas puede favorecer el desarrollo progresivo de una enfermedad en los cultivos y reducir el valor comercial de la cosecha.

- Pueden introducirse enfermedades en nuevas regiones debido a lotes de semillas infectadas, siendo a veces necesario un control de cuarentena y una certificación.

- Los ensayos sanitarios de las semillas permiten valorar las plántulas y conocer las causas de baja germinación o deficiente desarrollo en campo y constituyen un complemento de los ensayos de germinación.

El método empleado dependerá del agente patógeno, la especie de semillas y de la finalidad del ensayo. La elección del método y la evaluación de los resultados requieren el conocimiento y experiencia en los métodos utilizados. Trabajar durante algún tiempo con un patólogo especializado en el empleo de un método es la mejor forma de conseguir uniformidad en los ensayos sobre este tema tan complejo.

El desarrollo abundante de hongos en las pruebas puede ser una indicación de que la semilla no es de buena calidad debido a una cosecha, acondicionamiento o almacenamiento realizados en condiciones desfavorables, o a su envejecimiento. En algunos casos puede ser conveniente realizar un pre-tratamiento de desinfección.

En un ensayo, la muestra de trabajo puede examinarse sin incubación, o con incubación. También puede observarse el desarrollo de las plantas para detectar síntomas de enfermedad que no podrían manifestarse sobre las semillas.

Los resultados se expresarán en porcentaje de semillas infectadas o como número de organismos en el peso de la muestra examinada

En los capítulos anexos del Manual de Reglas Internacionales, figuran directivas específicas para la aplicación de determinados métodos. Algunos figuraban como métodos experimentales en ediciones anteriores, y van incorporándose, cuando se consideran seguros, a la lista sustentada por ISTA. Es responsabilidad del laboratorio que usa el método, consultar el listado.

Métodos de detección de patógenos en semillas de soja

Previo al análisis sanitario de las muestras de semillas se debe observar si los síntomas y signos que se presentan corresponden a una causa abiótica (fisiogénica) o biótica (hongos, bacterias o virus).

Dentro de causas abióticas se pueden presentar:

- Daños ambientales, por ejemplo, altas temperaturas (arrebatación de las semillas), por bajas temperaturas (decoloración de semillas).

- Daños durante la cosecha, por ejemplo, cuando la misma se realiza con muy baja humedad ambiental.

Tamaño de la muestra a analizar: Se utilizan 400 semillas divididas en cuatro grupos de 100 para tener las repeticiones requeridas para el cálculo estadístico.

Métodos de detección

- Directo (Seco y húmedo)

- De incubación:

 - blotter test (Prueba en Papel)

 - prueba en agar papa glucosado (APG)

- Análisis serológicos (festucosis, mosaico de la soja)

Directo

Método Seco

- Permite detectar anomalías físicas.

Ejemplos: Semillas deformadas, más pequeñas, manchadas, etc.

- Permite detectar presencia de estructuras vegetativas (micelio, esclerocios) y/o reproductivas de patógenos (picnidios, acérvulas).

Método Húmedo

El remojo de las semillas permite la difusión de estructuras fúngicas y su posterior visualización bajo microscopio óptico.

Por ejemplo: esporas de royas, mildius, etc.

Observación de resultados

- Visual directa

- Bajo lupa

- Bajo microscopio óptico

Por ejemplo: recuento de semillas deformadas, decoloradas, manchadas. Los resultados son de utilidad cuando las semillas presentan altos niveles de infección, y no se pueden tomar como índices de sanidad

Ventajas: Método rápido y económico (pocos materiales)

Desventajas: No detecta algunos patógenos (no producen signos).

Método de prueba en papel (blotter test)

Materiales:

- Bandejas con tapa
- Papel
- Pinzas
- Desinfectantes (hipoclorito de sodio)
- Estufas de incubación con luz NUV, cercana al ultravioleta (para favorecer formación de signos, esporas, estructuras vegetativas, estructuras reproductivas, etc.)

Metodología:

Si las semillas no están completamente limpias es conveniente someterlas a una breve desinfección con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos.

Se utilizan bandejas (tipo comida) con tapas. En la base se coloca algodón o papel de filtro (o de cocina). Se humedecen con agua destilada estéril hasta saturación y posteriormente se siembran las semillas sobre las mismas en forma equidistante.

Se incuban en estufas a 24°C y alternancia de 12 horas de luz (NUV o fluorescente) y 12 horas de oscuridad, durante 5-7 días, manteniendo los tubos a una distancia de 40 cm de las bandejas. Finalmente se registran los resultados.

Resultados:

-Aunque no es una prueba de germinación (no se considera porcentaje de semillas germinadas) es recomendable registrar anomalías observadas en las raíces, hipocotiles, etc.

-Tomar nota de la presencia de hongos contaminantes (por ejemplo, *Rhizopus spp.*, *Alternaria spp.*)

-Registrar el porcentaje de patógenos presentes en la muestra.

Prueba en agar

Materiales

- Cámara de flujo laminar (o un sitio aséptico)
- Mechero a alcohol
- Cajas de Petri (de plástico descartables o de vidrios reciclables)
- Hipoclorito de sodio (para desinfección de semillas)
- Medios de cultivo (para el desarrollo de micelio y/o estructuras reproductivas)
- Pinzas
- Estufas de cultivo (para incubación)
- Lupa
- Microscopio

Preparación de medio de cultivo

-Se puede comprar el medio de cultivo ya preparado.

-Se puede preparar en laboratorio, de la siguiente manera:

Agar papa dextrosado:

-Agar-agar 17 g.

-Dextrosa 20 g.

-Papas peladas 200 g

-Agua destilada 1.000 ml

Se hierva durante una hora los 200 gramos de papa, cortadas en pequeños cubos, en 500 ml de agua destilada, luego se filtra. Posteriormente se disuelve el agar en 400 ml de agua destilada, a baño "de María", disolviendo la dextrosa en 100 ml de agua. Finalmente se mezcla todo.

Metodología:

Se desinfectan las semillas con hipoclorito de sodio al 2% durante dos minutos, se enjuaga con agua estéril y se siembran 10 de ellas por cada caja de Petri con el medio de cultivo, en forma equidistante.

Se incuban en estufas a 24°C y alternancia de 12 horas de luz (NUV o fluorescente) y 12 horas de oscuridad, o directamente en oscuridad, durante 5-7 días, manteniendo los tubos a una distancia de 40 cm de las bandejas.

Finalmente se registran los resultados.

Los resultados son expresados en porcentaje de patógenos presentes en la muestra, registrando si existen más de un género o especie de hongo sobre una semilla y también si existen contaminantes sobre las mismas.

Método en tierra para detectar efecto de patógenos de suelo en la emergencia y germinación de semillas de soja.

Se colocan 200 semillas en bandejas con tierra agregando agua suficiente para la germinación, inicialmente, y si es necesario durante todo el período de incubación donde se mantienen durante 10 días a 20°C. Se trabaja con menor temperatura de la habitual (25°C) imitando condiciones de siembras tempranas (Octubre, Noviembre) que son las que favorecen la infección por hongos de suelo.

Finalmente se hace el recuento de plantas, registrando plantas anormales (emergidas) y normales (germinación).

Ventajas del método: Permite brindar al productor información sobre la emergencia y germinación a campo de las semillas que va a sembrar y en el lote donde la va a sembrar, donde la emergencia podría ser afectada por patógenos de suelo, aunque se siembren semillas de buen poder germinativo.

Ejercicio 2: Analice y razone los casos que se presenta a continuación:

Caso 1. En los partidos de Junín y Pergamino la presencia de patógenos de suelo (*Rhizoctonia sp.*, *Fusarium spp.*, *Phytophthora sp.* y *Pythium sp.*), afectan considerablemente el stand de plantas m^2 y por ende el rendimiento (kg ha^{-1}) del cultivo de soja. Un productor le consulta a usted cómo podría evitar esta merma de rendimiento si piensa sembrar el cultivo de soja a principios de octubre porque el suelo se encuentra en capacidad de campo.

Caso2. En el establecimiento “ECANA” de la ciudad de Pergamino se necesita realizar un ensayo de fertilización fosforada en soja y evaluar rendimiento (kg ha^{-1}), para ello el investigador necesita tener parcelas lo más homogéneas posibles, es decir, un stand de planta ideal (35 pl m^{-2}) y debe sembrarlo la primer quincena de noviembre (fecha de siembra óptima para la zona). Pero el investigado descubre que en las semillas que le han mandado para realizar el ensayo presentan un 50 % *Phomopsis sojae* luego de un análisis en medio de cultivo agarizado ¿Qué medida/s debería tomar el investigador para poder lograr un correcto stand de plantas?

Caso 3. Un productor pretende en esta campaña 2015/16 realizar una siembra de soja de segunda (antecesor trigo) en la primera quincena de diciembre. Por cuestiones económicas el productor utilizará su propia semilla (cultivar SRM 3410). Siendo usted su asesor qué medidas de manejo debería tomar para lograr un correcto stand de plantas m^2 . Si la semillas presentan diversos patógenos como *Phomopsis sojae*, *Cercospora kikuchii*, etc. Cuál sería la estrategia agronómica más certera para evitar que estos patógenos afecten el stand de plantas m^2 en soja.

PRINCIPALES ENFERMEDADES DE LOS CULTIVOS TRIGO, MAÍZ, SOJA Y GIRASOL

ENFERMEDADES DE SOJA (figura 16)

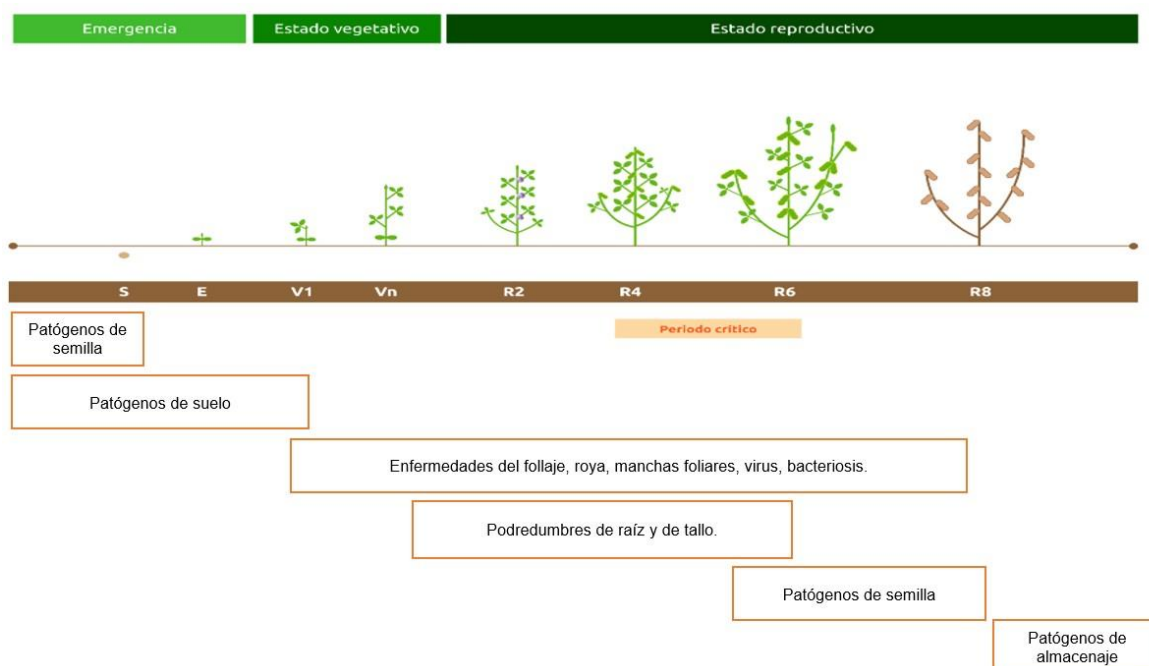


Figura 16: Ciclo ontogénico de soja (*Glycine max* L. Merr) y las principales enfermedades y patógenos relacionados a las etapas del cultivo en la Argentina. Estado de emergencia - vegetativo: S (siembra), E (emergencia), V1 (primera hoja expandida), Vn (n hojas trifoliadas expandidas). Estado reproductivo: R2 (plena floración), R4 (vainas de 2 cm en los cuatro nudos superiores del tallo principal), R6 (semillas cubriendo totalmente la cavidad de la vaina, en los cuatro nudos superiores del tallo principal), R8 (vainas color de cosecha, madurez fisiológica). Fuente: Fehr, W. R., Caviness, C. E., Burmood, D. T., & Pennington, J. S. (1971). Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill 1. Crop Science, 11(6), 929-931. <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183x001100060051x>

Los patógenos que afectan las semillas de soja son principalmente hongos, como *Fusarium* y *Phomopsis*. Estos pueden causar podredumbre de semillas y tizón de plántulas.

Hongos que afectan las semillas de soja

Fusarium: Las especies más frecuentes son *F. semitectum* y *F. graminearum* (figura 17).



Figura 17: micelio de *Fusarium*

Phomopsis: Se asocia a semillas que sufrieron atraso en la cosecha o deterioro en el campo (figura 18).



Figura 18: signos de *Phomopsis sojae*

Cercospora kikuchii: Causa la mancha púrpura de la semilla (figura 19)



Figura 19: síntomas de *Cercospora kikuchi*

Los patógenos del suelo

Los patógenos del suelo pueden reducir el poder germinativo o el vigor de las plántulas. En soja son: *Phytophthora sp*, *Fusarium*, *Pytium* y *Rizoctonia* (figura 20).



Figura 20: signos de *Rizoctonia solani*

Mancha marrón en soja

La mancha marrón en soja es una enfermedad foliar causada por el hongo *Septoria glycines*. Es una de las principales causas de pérdida de rendimiento en el cultivo.

Síntomas

Manchas marrones irregulares que aparecen en las hojas

Halo clorótico que rodea las manchas

Amarillamiento generalizado de las hojas

Defoliación que comienza en la base de las plantas (figura 21)

Condiciones predisponentes

Temperaturas entre 25 y 30°C

Tiempo húmedo

Lluvias con vientos

Espaciamiento entre surcos

Manejo de la enfermedad

Aplicar fungicidas foliares

Utilizar fungicidas de amplio espectro para tratar el sustrato y la planta

Umbral de acción: 25% de la altura de la planta

Propagación

La enfermedad se transmite por residuos

La enfermedad es más grave cuando la soja se cultiva de forma continua en el mismo campo

Las salpicaduras favorecen la dispersión del hongo

Efectos

Reducen la absorción de energía fotosintética de las plantas

Provocan que los granos que producen sean de calidad inferior

La infección grave suele dar lugar a semillas de menor tamaño



Figura 21: síntomas de mancha marrón en soja

Mancha ojo de rana

Causada por *Cercospora sojina*

Síntomas

Se presentan principalmente en las hojas, aunque también se pueden observar en menor medida en tallos, vainas y semillas. Los primeros síntomas pueden observarse tanto en estadios vegetativos como reproductivos. Consisten en manchas circulares a angulares,

de 1 a 2 mm, aunque pueden ser más grandes, de centro color gris ceniza y borde marrón-rojizo, sin halo clorótico. Las lesiones se observan primero en la cara superior de la hoja pero luego también en la inferior (con centro más oscuro y abundante esporulación en condiciones de alta humedad). Las hojas jóvenes son más afectadas (figura 22).

Condiciones predisponentes

Tiempo cálido y húmedo

Abundantes lluvias

Formación de rocío.

Manejo de la enfermedad

Control químico

Rotación del cultivo

Manejo genético

Umbral: 6 pústulas por foliolo

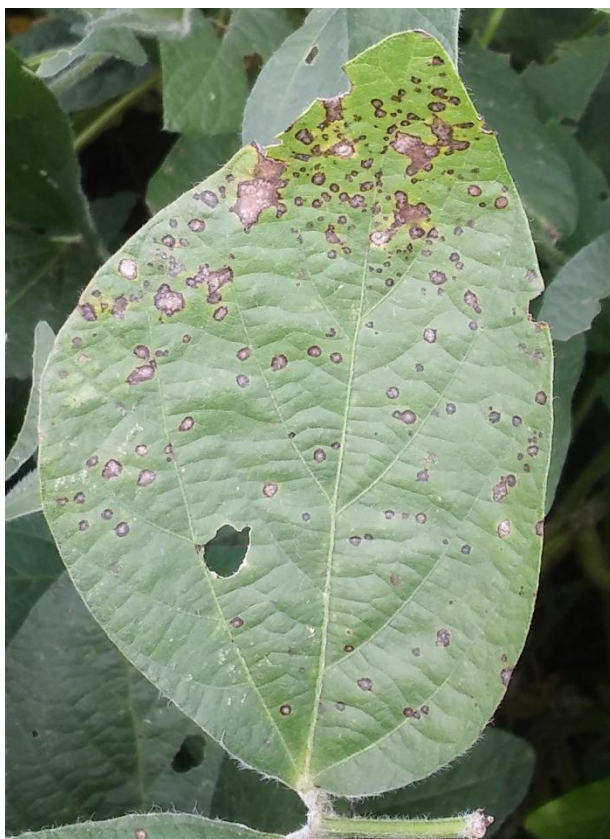


Figura 22: síntomas de mancha ojo de rana en soja.

Tizón foliar por *Cercospora* (síndrome purpúreo en soja)

El tizón foliar por *Cercospora* es una enfermedad causada por el hongo *Cercospora kikuchii*. También se le conoce como síndrome purpúreo en soja o mancha púrpura de la soja.

Síntomas

Manchas de color morado, bronceado o púrpura en las hojas, manchado generalizado de color morado en las vainas, manchas de color púrpura en las cubiertas de las semillas, lesiones de color púrpura rojizo en pecíolos y tallos (figura 23).

Condiciones predisponentes

Alta humedad relativa

Temperaturas de 25 a 30°C

Mojado foliar.

Manejo de la enfermedad

Uso de fungicidas

Monitorear regularmente la eficacia de los fungicidas

Probar la sensibilidad *in vitro* de las poblaciones de organismos que causan la enfermedad.

Umbral: 50% de incidencia y 25% de severidad

Prevención

Evitar que las esporas de los hongos en la tierra salpiquen sobre la planta.

Poner mantillo hecho de paja, virutas de madera u otros tipos de mantillo natural alrededor de la base de la planta.

Características del hongo

Tiene una gran capacidad de esporulación en rastros.

No necesita agua para dispersarse, aunque sí la necesita para infectar.

Sus conidios se forman en conidióforos libres y son transportados por el viento a cortas distancias.



Figura 23: síntomas de tizón por cercospora en soja.

Roya asiática

La roya asiática de la soja es una enfermedad fúngica que afecta a las hojas de la planta. Es causada por el hongo *Phakopsora pachyrhizi*.

Síntomas

Manchas o lesiones diminutas de color grisáceo a amarillento en el haz de las hojas inferiores

Lesiones necróticas que se oscurecen y adquieren una forma poligonal y angular

Pústulas sobresalientes, como ampollas, principalmente en la cara inferior de las hojas

Amarilleo de las hojas inferiores

Intensa defoliación que comienza por las hojas inferiores (figura 24)

Condiciones predisponentes

Período crítico entre los 15 y los 28°C

Humedad relativa elevada (80%)

Períodos de mojado foliar de 6 horas como mínimo

Manejo de la enfermedad

Control Fungicidas foliares

Variedades resistentes



Figura 24: síntomas de roya asiática.

Tizón bacteriano

El tizón bacteriano de la soja es una enfermedad que afecta a las hojas y otros órganos verdes de la planta. Es causada por la bacteria *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*. El tizón bacteriano puede confundirse con la mancha marrón de *Septoria*. Ambas enfermedades pueden ocurrir juntas en las mismas plantas.

Síntomas

Manchas pequeñas, angulares, de color marrón oscuro o negro (figura 25), que pueden coalescer y hacer que el limbo foliar se resquebraje

Lesiones en las vainas

Hojas jóvenes atrofiadas y muertas

Condiciones predisponentes

Clima fresco (20 a 25°C), húmedo y ventoso

Semillas infectadas

Rastrojos de plantas de una campaña a la otra

Manejo de la enfermedad

Usar semillas producidas en lotes sanos y/o certificadas

Rotar los cultivos

Usar fungicidas de cobre al comienzo del ciclo de la enfermedad

Enterrar los residuos del cultivo durante labranza después de la cosecha

Elegir variedades que sean resistentes a la enfermedad



Figura 25: síntomas de Tizón bacteriano en soja.

Síndrome de muerte repentina

El síndrome de muerte repentina en la soja es una enfermedad causada por hongos del género *Fusarium*. Afecta las raíces y el tallo inferior de las plantas, produciendo toxinas que son absorbidas por las hojas.

Síntomas

Clorosis, necrosis internerval (figura 26) y defoliación prematura

Moteado clorótico, rugosidad y ampollamiento

Pigmentación rojiza en la base del tallo

Podredumbre de la raíz

Esporodoquios azules en las raíces

Condiciones predisponentes

Temperaturas moderadas

Alta humedad

Suelos compactados o mal drenados

Lotes con riego

Siembras tempranas

Años frescos y lluviosos

Manejo de la enfermedad

Mejorar el drenaje y disminuir la compactación en lotes severamente afectados

Controlar el nematodo del quiste

Atrasar la fecha de siembra
Usar cultivares de soja parcialmente resistentes
Combinar prácticas culturales con el acompañamiento profesional
Realizar análisis en el laboratorio de las plantas enteras, que incluyan las raíces



Figura 26: sintomatología de síndrome de muerte repentina en soja.

Cancro en soja

El cancro del tallo es una enfermedad bastante común, pero es posible que no se reconozca tanto como ocurre. Puede matar plantas enteras o partes de plantas.

El cancro del tallo puede ser causado por dos variedades de hongos *Diaporthe faseolorum* var. *Caulivora* y *Diaporthe faseolorum* var. *merdionalis*. Se puede confundir con la pudrición por *Phytophthora*.

Síntomas

Los primeros síntomas son lesiones de color marrón rojizo que aparecen en la base de las ramas o pecíolos de las hojas. Estas pequeñas lesiones pueden convertirse en canchros alargados (figura 27), hundidos y de color marrón oscuro que se extienden hacia arriba y hacia abajo por el tallo. Pueden aparecer pequeños puntos negros llamados peritecios (estructuras fúngicas productoras de esporas) en el tallo, solos o en grupos agrupados, en plantas muertas por el cancro del tallo. Las partes de la planta que se encuentran encima

de las lesiones pueden morir. También puede producirse una decoloración marrón rojiza dentro del tallo y las vainas pueden abortar. Las hojas pueden desarrollar necrosis y clorosis entre las venas y pueden permanecer adheridas después de la muerte. Las lesiones a menudo se desarrollan y permanecen más oscuras en los nudos, pero pueden extenderse hasta la línea del suelo y crear una situación que fácilmente se confunde con la pudrición por *Phytophthora*.

Condiciones predisponentes

El clima húmedo prolongado, especialmente al comienzo de la temporada, favorece el cancro del tallo. Los síntomas suelen observarse desde mediados de noviembre hasta la cosecha, especialmente en variedades susceptibles. La reducción de la labranza también puede favorecer esta enfermedad.

Manejo de enfermedad

El cancro del tallo se puede reducir plantando variedades resistentes a esta enfermedad. La siembra retrasada y los fungicidas foliares pueden ser beneficiosos. La labranza puede reducir los problemas de enfermedades en campos donde esta enfermedad ha sido un problema. La rotación de cultivos con cultivos no hospedantes como el trigo y el maíz puede ayudar a reducir el cancro del tallo.



Figura 27: síntomas de cancro.

Podredumbre carbonosa

El hongo que causa la enfermedad se denomina *Macrophomina phaseolina*, es un hongo fitopatógeno con origen en el suelo y semilla, perteneciente a la familia *Botryosphaeriaceae*.

El patógeno sobrevive como pequeños y negros microesclerocios en el suelo y restos de plantas infectadas. Cuando una raíz en crecimiento de una planta susceptible entra en contacto con los microesclerocios en el suelo, estos dejan su estado inactivo y germinan. Luego, el hongo crece sobre la superficie de la raíz y penetra por las células epidérmicas en la corteza de la raíz, colonizando a través de la corteza, corteza interna y hasta la raíz principal. La destrucción gradual del sistema radicular provoca un retardo en el crecimiento, clorosis foliar y finalmente la muerte de la planta. Posteriormente, el hongo forma microesclerocios pequeños y negros en la corteza interior de las raíces y en la parte inferior del tallo. A medida que el tallo y las raíces de las plántulas muertas se descomponen, los microesclerocios son liberados en el suelo, donde sobreviven como inóculo para el cultivo de la próxima temporada.

Síntomas

Los síntomas que experimenta la parte aérea, son característicos de muchas enfermedades radiculares y se manifiestan por clorosis, marchitez y muerte. Los síntomas de la raíz (figura 28) no siempre se relacionan con los del follaje, siendo común que plantas que presentan una avanzada sintomatología radicular no muestren síntomas en la parte aérea, ya que las plantas se encontrarían en condiciones óptimas de nutrición y humedad.

Los síntomas distintivos que causa este agente patógeno en el sistema radicular son zonas de tejidos ennegrecidos y engrosados en la raíz central y raíces laterales. Además, sobre las porciones muertas de la raíz principal, se forman raíces secundarias que también pueden ser infectadas.

Condiciones predisponentes

La enfermedad se ve favorecida por temperaturas superiores a 30°C y baja humedad relativa ambiente o sequía.

Manejo de la enfermedad

Para reducir el inóculo en el suelo, se debe rotar con cultivos que no sean hospedadores. Minimizar el estrés de la planta con un régimen de irrigación y abonado óptimos.



Figura 28: síntoma de podredumbre carbonosa.

Podredumbre húmeda del tallo

Causada por *Sclerotinia sclerotiorum*

Síntomas

Este hongo polífago causa podredumbre húmeda de todos los órganos que ataca. Es común observar tallos muertos que se vuelven blanquecinos y quebradizos, con las hojas marchitas y adheridas al tallo. Las lesiones generalmente se observan en la parte media y superior de los tallos. En condiciones de alta humedad, se produce desarrollo micelial (blanco, de aspecto algodonoso) con formación de esclerocios (figura 29) (cuerpos de resistencia, oscuros y duros) en el interior y exterior. Las vainas pueden quedar vanas o presentar granos pequeños y deformes. La enfermedad puede provocar la muerte de plantas a partir de floración. Los daños están relacionados con el menor número y peso de los granos y la contaminación de los mismos con esclerocios.

Condiciones ambientales predisponentes

Luego de prolongados períodos de temperatura de suelo entre 5 y 15°C y óptima disponibilidad de humedad los esclerocios germinan produciendo apotecios que liberan esporas sexuales o ascosporas que son transportadas por el viento a corta distancia.

Bajo condiciones de alta humedad relativa las ascosporas pueden producir infecciones en los tejidos senescentes de la planta que les sirven de sustrato.

Manejo de la enfermedad

Fechas de siembra y elección de cultivares que posibiliten que el ciclo del cultivo no coincida con el ciclo del patógeno.

Evitar el vuelco de las plantas a través de la elección de cultivares de porte erecto, regulación de la fertilidad, y riego).

Uso de cultivares tolerantes a la enfermedad.

Uso de fungicidas.

Evitar la inclusión de hospedantes susceptibles en la rotación de cultivos (girasol, colza, arveja, lenteja, etc.).

Seleccionar variedades resistentes

Rotar los cultivos con gramíneas por al menos tres años

Eliminar malezas

Desinfectar las semillas

Regular la densidad de siembra

Limpiar la maquinaria

Evitar lotes inundables



Figura 29: esclerocio de podredumbre húmeda del tallo.

Podredumbre de raíz y tallo

Causada por *Phytophthora sojae*

Síntomas

Se observan desde la siembra hasta la madurez de la planta, con podredumbre de semilla y muerte de plántula en pre- y post- emergencia, o podredumbre de raíz y tallo con posterior marchitamiento y muerte de planta adulta.

Los tallos presentan una coloración pardo-oscuro (figura 30) que progresa desde la base hasta 15-20cm de altura, internamente se observa decoloración de la corteza y los tejidos vasculares.

Las plantas enfermas pueden observarse en el surco en forma individual o más frecuentemente en áreas delimitadas por anegamiento.

Condiciones predisponentes

Temperaturas de suelo entre 5 y 15 °C y alta humedad del suelo

Canopeo denso

Monocultivo

Labranzas cero y mínima

Uso de cultivares susceptibles

Poco drenaje

Manejo de la enfermedad

Mantener el riego durante los períodos de clima cálido

Usar material de siembra libre de enfermedades

Seleccionar variedades resistentes a la enfermedad



Figura 30: síntomas de podredumbre de tallo y raíz.

ENFERMEDADES DE CULTIVO DE MAIZ (figura 31)

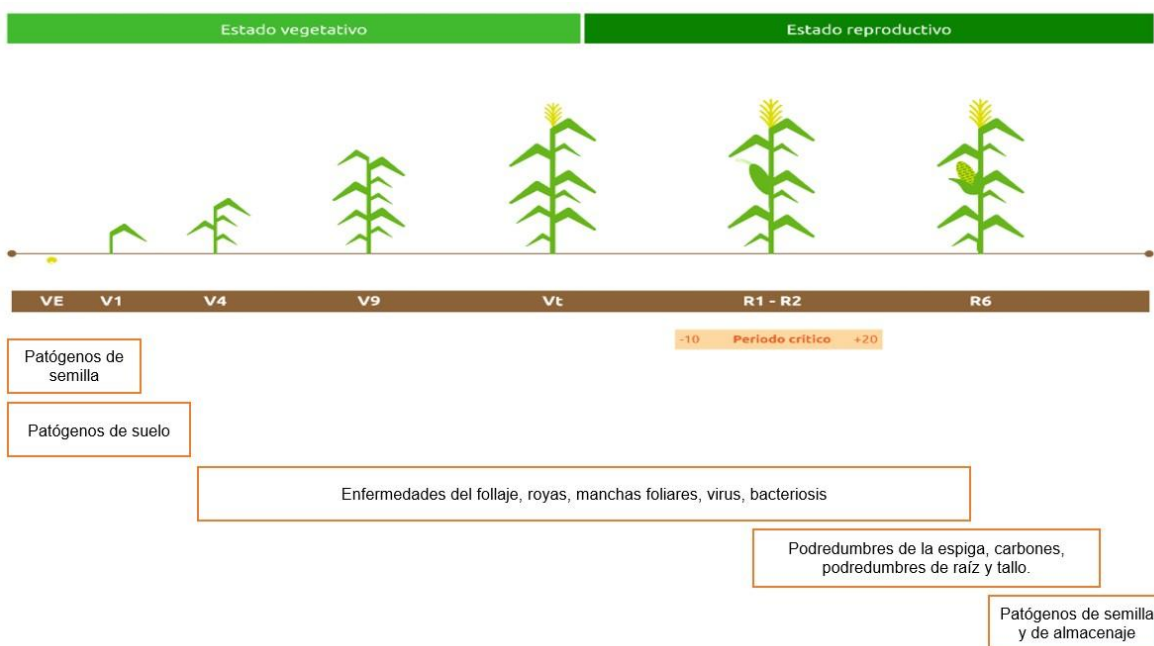


Figura 31. Ciclo ontogénico de maíz (*Zea mays*) y las principales enfermedades y patógenos relacionados a las etapas del cultivo en la Argentina. Estado vegetativo: VE (vegetativa emergencia), V1 (primera hoja expandida, con lígula visible), V4 (cuatro hojas completamente expandidas), V9 (9 hojas completamente expandidas) Vt (panoja visible). Estado reproductivo: R1 (aparición de los estigmas en la espiga), R2 (grano ampolla), R6 (madurez fisiológica). Fuente: Ritchie & Hanway. (1982). How a corn plant develops. Iowa State University. Special Report. 48.

Patógenos del suelo

Los patógenos del suelo que afectan al maíz pueden ser hongos o virus

Hongos

Pythium spp.: Causa podredumbres del tallo en las plántulas

Fusarium moniliforme: Causa podredumbres de la mazorca o de los granos

Diplodia maydis: Causa podredumbres de la mazorca o de los granos (figura 32)

Nigrospora oryzae: Causa podredumbres de la mazorca o de los granos

Virus

Virus del rayado fino: Forma parte del complejo de patógenos del achaparramiento.

Maize Rayado Fino Virus (MRFV)

Maize Chlorotic Mottle virus (MCMV)

Maize mosaic Nucleorhabdovirus (MMV)

Sugarcane mosaic virus (SCMV)

Para prevenir enfermedades en el maíz, se pueden tomar medidas como: Sembrar en la fecha óptima, Seleccionar materiales con mayor tolerancia y adaptación al ambiente, Rotar los cultivos, Reducir las densidades de siembra.



Figura 32: síntoma de *Diplodia*

Patógenos de semilla

Los patógenos que afectan al maíz pueden ser hongos, bacterias y virus.

Hongos

Fusarium verticillioides: El principal hongo patógeno del maíz, que infecta raíces, tallo y mazorca. Produce toxinas que afectan la calidad del grano (figura 33).

Gloeocercospora sorghi: Causa la mancha en bandas de la hoja, que es una enfermedad importante en ambientes cálidos y secos.

Leptosphaeria michora: Causa la mancha de la hoja, que ocurre en ambientes húmedos y altos.

Septoria maydis: Causa la pústula de la hoja, que ocurre en ambientes frescos y húmedos.

Bacterias

Xanthomonas translucens: Una de las principales bacterias que se transmiten en semillas de maíz.

Clavibacter spp: Una de las principales bacterias que se transmiten en semillas de maíz.

Pseudomonas syringae: Una de las principales bacterias que se transmiten en semillas de maíz.

Dickeya zea: Una de las principales bacterias que se transmiten en semillas de maíz.

Burkholderia andropogonis: Una de las principales bacterias que se transmiten en semillas de maíz.

Virus

Maize rayado fino virus (MRFV)

Maize Chlorotic Mottle virus (MCMV)

Virus del mosaico del nucleorhabdovirus (MMV): transmitido por chicharritas.

Sugarcane mosaic virus (SCMV)



Figura 33: síntomas de *Fusarium verticilloides*.

Roya común

La roya común del maíz es una enfermedad fúngica que se caracteriza por la aparición de pústulas de color rojizo a naranja en las hojas y tallos de la planta. Es causada por el hongo *Puccinia sorghi*.

Síntomas

Manchas pequeñas en las hojas que se vuelven manchas café (figura 34)

Pústulas de color café-dorado en el haz y envés de la hoja

Tallos débiles y blandos que se doblan fácilmente

Condiciones predisponentes

Temperaturas entre 16 y 25°C

Humedad relativa alta

Mojado foliar de al menos 6 horas

Siembras tempranas

Amplitud térmica

Temperaturas nocturnas frescas

Daños

Destrucción de los tejidos fotosintéticos

Limitación de la intercepción de la radiación solar

Aumento de la predisposición a las pudriciones de raíz y tallo

Aumento de la probabilidad de vuelco y quebrado durante la cosecha

Manejo de la enfermedad

Cultivares resistentes

Control químico

Rotación de cultivos

El umbral de acción suele estar entre 6 y 14 pústulas promedio por hoja.



Figura 34: síntomas de roya común.

Tizón común

El tizón común del maíz es una enfermedad fúngica que afecta a las hojas de la planta. Es causada por el hongo *Exserohilum turcicum* y es favorecida por condiciones de humedad y temperaturas moderadas.

Síntomas

Manchas pequeñas, ovaladas y acuosas en las hojas inferiores

Zonas necróticas alargadas, de color marrón-rojizo (figura 35)

Lesiones que cubren hojas enteras, que se marchitan y se rajan

Factores que favorecen el tizón

Temperaturas moderadas (entre 18 y 26 °C)

Períodos prolongados de mojado foliar por lluvias o rocío (más de 6 horas)

Sistemas de cultivo con altos residuos de cosecha

Manejo de la enfermedad

Utilizar híbridos tolerantes

Manejar el rastrojo

Evitar el monocultivo de maíz

Utilizar fungicidas foliares de manera eficiente

Aplicar fungicidas mientras los niveles de enfermedad se mantienen bajos.

Umbral: longitud promedio de las lesiones por hoja de 1cm. Se considera entre V8 y R1.



Figura 35: síntomas de Tizón común.

Tizón por *Bipolaris*

Agente causal: *Helminthosporium maydis* -*Bipolaris maydis* (anamorfo) *Cochliobolus heterostrophus* (teleomorfo)

Síntomas

Existen tres razas de *Bipolaris maydis*, las que provocan diferente sintomatología:

Raza O: produce lesiones de color canela de 0,6 x 1,2 a 1,9 cm, con lados paralelos con bordes amarillo a marrón (figura 36). En general sólo ataca hojas y los granos afectados toman aspecto mohoso.

Raza T: es específicamente virulenta en maíz que contiene citoplasma macho estéril Texas (cms-T). Las lesiones son color canela de 0,6 a 1,2 x 0,6 a 2,7 cm, de forma ahusada o elíptica con halos verde amarillento o cloróticos. Luego, las lesiones adquieren bordes oscuros, marrones rojizos. Ataca vainas, hojas, tallos y chalas, caña y espiga. Los granos infectados producen tizón de plántula 3 a 4 semanas después de la siembra.

Raza C: es específicamente virulenta en el citoplasma macho estéril C (cms-C). Ha sido encontrada sólo en China.

Signos

La esporulación del hongo produce zonas oscuras sobre la lesión.

Condiciones predisponentes

Se distribuye mundialmente, pero es más importante en zonas templadas (20-32°C) de clima húmedo. En nuestro país se la encuentra al norte de la zona maicera.

Manejo de la enfermedad

Aplicar fungicidas en lotes con alto potencial de rendimiento

Aplicar fungicidas cuando los híbridos sembrados son susceptibles

Determinar el umbral de control en base a la incidencia en hoja



Figura 36: síntoma de la Raza O del Tizón común.

Mancha foliar por *Cercospora* o Mancha gris de la hoja

Es una enfermedad que se caracteriza por la aparición de manchas en las hojas de diversas plantas. También se la conoce como "mancha negra de la hoja".

Agente causal: *Cercospora zea maydis* (teleomorfo *Micosphaerella* sp.)

Síntomas

Manchas de color gris, negro, rojizo púrpura, marrón oscuro (figura 37).

Manchas que se unen y forman zonas necróticas

Hojas marchitas y caídas

Condiciones predisponentes

Alta humedad y temperatura

Períodos prolongados de lluvia.

Manejo de la enfermedad

Rociar fungicidas con ingredientes activos como mancozeb, conazol o kitazin.

Umbral: 3 a 5 lesiones rectangulares en la hoja de la espiga.



Figura 37: síntomas de mancha gris.

Enfermedades bacterianas

Las enfermedades bacterianas en el maíz pueden ser causadas por bacterias como *Burkholderia andropogonis*, *Xanthomonas translucens*, *Clavibacter spp*, *Pseudomonas syringae*, y *Dickeya zea*.

Síntomas

Decoloración de las hojas, la vaina foliar y los nódulos del tallo (figura 38)

Olor desagradable

La parte superior de la planta se separa fácilmente del resto de la misma

El tallo se pudre por completo

Retraso del desarrollo de la planta y detención del crecimiento

Condiciones predisponentes

Lluvias intensas de manera intermitente seguidas de niveles altos de temperatura y humedad

Ambientes tropicales, donde el clima cálido y húmedo favorece el crecimiento y difusión de patógenos

Manejo de la enfermedad

Identificación temprana de las enfermedades

Aislamiento de la bacteria para tener la certeza de que se trata de una bacteria

Adecuar el manejo de la problemática



Figura 38: síntomas de bacteriosis.

Mal de Río IV virus (MRC)

El mal de Río Cuarto (MRC) es una enfermedad viral que afecta al maíz y causa pérdidas económicas importantes. Es la enfermedad viral más importante del maíz en Argentina. Es transmitido por la chicharrita MRC (*Delphacodes kuscheli*), un insecto que adquiere el virus de una planta enferma.

Síntomas

Enanismo (figura 39)

Malformación en hojas, espigas y panojas

Acortamiento de los entrenudos

Presencia de verrugas en la cara inferior de las hojas

Reducción de la altura de las plantas

Engrosamiento de las nervaduras en el envés de las hojas

Espigas proliferantes, deformadas y de menor tamaño

Condiciones predisponentes

Las condiciones predisponentes para el Mal de Río Cuarto (MRC) son la interacción de varios factores, entre ellos, el clima, la población de chicharritas y el estado de la planta. Inviernos benignos con pocas lluvias y heladas favorecen la proliferación de chicharritas. Temperaturas altas y baja humedad relativa incrementan la epidemia. Primaveras cálidas y secas incrementan la población de chicharritas y deterioran los verdeos.

Manejo de la enfermedad

Cultivares tolerantes al MRC

Técnicas de escape basadas en la modificación de la fecha de siembra

Control biológico

Control químico

Rotación de cultivos

Pronósticos presiembra

Control de malezas

Tratamiento de la semilla con insecticidas



Figura 39: síntoma de Mal de río IV virus

Achaparramiento

El achaparramiento del maíz es una enfermedad que afecta al rendimiento. Es endémica en el norte de Argentina. Es causado por el complejo de Corn Stunt Spiroplasma (CSS), Maize Rayado Fino Virus (MRFV) y Maize Bushy Stunt (MBS). El insecto vector que transmite estos patógenos es la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*).

Síntomas

Los síntomas que se destacan son: clorosis foliar (figura x), enrojecimiento de las hojas, bordes recortados en las hojas, acortamiento de entrenudos, plantas multiespigas. Las plantas enfermas terminan su ciclo anticipadamente; se interrumpe el llenado de granos y se generan espigas blandas con granos de menor tamaño y peso.

Condiciones predisponentes

Las heladas que se registran en algunos años dificultan la mortalidad de las hembras de la chicharrita.

Las altas densidades de siembra favorecen la plaga.

El incremento en el uso de fertilizantes nitrogenados aumenta la población de chicharrita.

El estadio fenológico en el que ingresa el insecto es importante.

Los síntomas se hacen más visibles cerca de la floración masculina.

El momento de adquisición de la enfermedad es fundamental en la expresión del tipo y severidad de la sintomatología.

La presencia de maíces voluntarios (maíces guachos).

El establecimiento de un período de vacío sanitario de más de 90 días.

Manejo de la enfermedad

Controlar el maíz guacho.

Seleccionar híbridos tolerantes al achaparramiento.

Vacío sanitario de 90 días.

Utilizar tratamientos sistémicos que contribuyan a mantener bajas las poblaciones del vector.

Evaluar la adaptabilidad de los híbridos a diferentes condiciones ambientales.



Figura 40: síntomas de *Spiroplasma kunkelii* causante del achaparramiento en maíz.

Carbón común

Es causado por *Ustilago maydis*

Síntomas

Agallas verdosas (figura 41) que se llenan de masas de esporas. Son susceptibles todos los tejidos jóvenes o meristemáticos en activo crecimiento sobre el nivel del suelo. Las agallas pueden alcanzar un tamaño de 15 cm.

Signo

Masa de carbón (teleutosporas)

Condiciones predisponentes

Sequía y temperatura entre 26 y 34 °C.

Alto nivel de nitrógeno.

Lesiones provocadas por el despanojado y granizo.

Manejo de la enfermedad

Híbridos resistentes.

Tratamientos de semillas.

Evitar daños mecánicos a las plantas.



Figura 41: síntomas y signos de carbón común.

Carbón de la panoja

El carbón de la panoja del maíz es una enfermedad causada por el hongo *Sporisorium reilianum*. Afecta la estructura floral del maíz, tanto la panoja como la espiga, y puede reducir la calidad y el rendimiento del grano.

Síntomas

Deformación y polvo negro en las panojas y espigas (figura 42)

Achaparramiento de la planta

Filidia

Multifloración

Esporas del hongo que reemplazan los granos de la espiga

Transformación de flores de la espiga en hojas pequeñas

Condiciones predisponentes

La enfermedad se favorece en suelos secos con temperaturas entre 23 y 30°C.

Manejo de la enfermedad

Utilizar híbridos resistentes o de mejor comportamiento frente al patógeno

Localizar plantas afectadas, extraerlas y eliminarlas

Limpiar y desinfectar la cosechadora

Rotar cultivos, no sembrando maíz en lotes afectados por lo menos por dos a cinco años

Cubrir las espigas y mazorcas infectadas con una bolsa de plástico

Tratamiento de semillas con fungicidas

Fertilización balanceada

Minimización de daños mecánicos

Riego para mejorar la condición hídrica del suelo



Figura 42: síntomas y signos de carbón de la espiga.

Enfermedades de raíz y tallo

Las enfermedades que afectan las raíces y el tallo del maíz incluyen la pudrición por *Fusarium*, la podredumbre basal del tallo y la pudrición carbonosa.

Pudrición por *Fusarium*

Síntomas y signos

El patógeno se desarrolla en los residuos de maíz.

El clima cálido y húmedo favorece su desarrollo.

La infección ocurre a través de las raíces y progresa hacia el tallo.

El tejido interno del tallo se desintegra y se caracteriza por su color rosa o salmón (figura 43).

Se observan puntos negros (peritecios).

Condiciones predisponentes

Elevada humedad ambiente y altas temperaturas.

Manejo de la enfermedad

Utilizar variedades resistentes

Eliminar restos vegetales

Mejorar el drenaje del suelo.

Balance de nitrógeno

Podredumbre basal del tallo (*Diplodia maydis*)

Síntomas y signos

Se manifiesta en tallos verdes. En ocasiones se forman estructuras (picnidios) pardo-oscuros o negras en la zona de los nudos basales del tallo (figura 44).

Las hojas pierden color y pueden marchitarse.

La planta se torna vulnerable al vuelco.

Condiciones predisponentes

Baja humedad y temperaturas de 28-30°C previo a la floración, y alta humedad posterior a la misma.

Manejo de la enfermedad

Sembrar híbridos que resistan enfermedades y estrés

Fertilizar de manera balanceada

Manejar el suelo y controlar las malezas

Controlar los insectos

Manejar los residuos del maíz

Inspeccionar los lotes antes de la cosecha

Labrar después de un cultivo afectado

Rotar a otro cultivo por un año

Aplicar fungicidas foliares

Aplicar fungicidas durante la expansión de las velas

Aplicar dos aplicaciones más con intervalos de 10 a 14 días

Monitorear y controlar los gusanos eloteros

Inspeccionar los lotes antes de la cosecha

Pudrición carbonosa del tallo

Es causada por *Macrophomina phaseolina*

Síntomas y signos

Lesiones circulares u oblongas de color marrón rojizo en los hipocótilos de las plántulas

Marchitez de las plántulas

Pudrición del tallo y la raíz

Estructuras vegetativas (microesclerocios negros) en el interior de la base del tallo (figura 45).

Condiciones predisponentes

Temperaturas de suelo de 27°C y baja humedad ambiental favorecen el estrés de la planta y la posterior infección por este hongo.

Manejo de la enfermedad

Sembrar híbridos que resistan enfermedades y estrés

Fertilizar de manera equilibrada

Manejar el suelo de manera adecuada

Controlar las malezas

Usar fungicidas foliares

Controlar los insectos

Manejar los residuos de maíz

Inspeccionar los lotes antes de la cosecha

Rotar con cultivos que no sean hospedadores, como cereales pequeños

Reducir el inóculo en el suelo

Usar hongos parásitos del género *Trichoderma*



Figura 43: síntomas generados por *Fusarium graminearum*.



Figura 44: síntomas generados por *Diplodia maydis*



Figura 45: síntomas de podredumbre carbonosa

ENFERMEDADES DE CULTIVO DE TRIGO (figura 46)

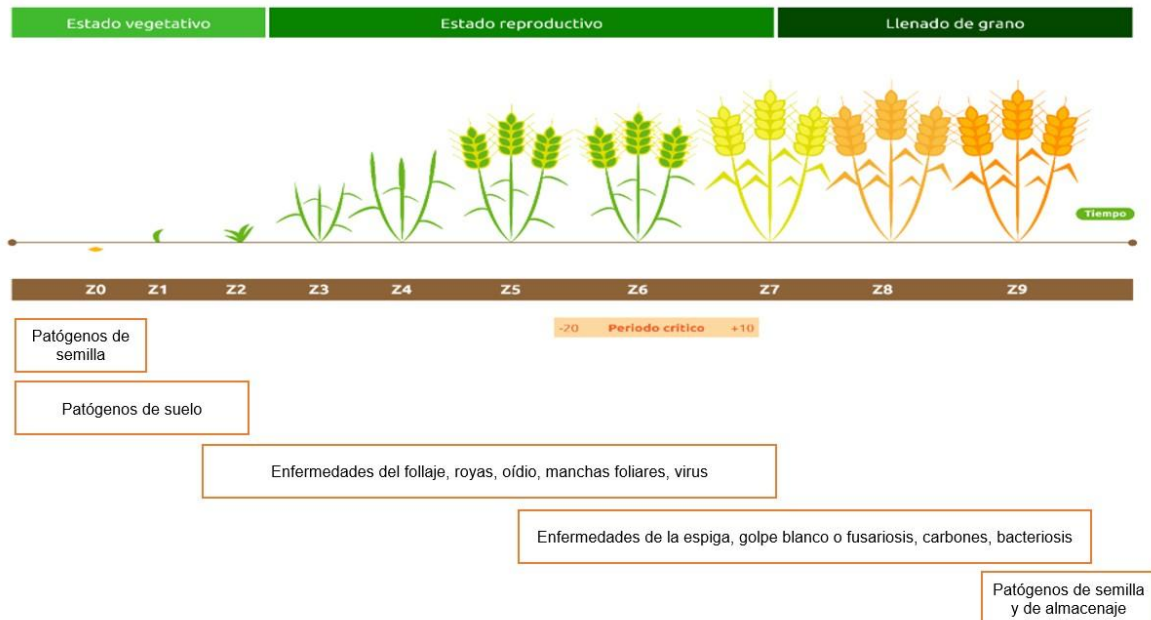


Figura 46. Ciclo ontogénico de trigo (*Triticum aestivum* L.) y las principales enfermedades y patógenos relacionados a las etapas del cultivo en la Argentina. Estado vegetativo: Z0 (germinación); Z1 (crecimiento de la plántula) y Z2 (producción de macollos). Estado reproductivo: Z3 (elongación del tallo), Z4 (vaina engrosada o estado de bota), Z5 (espigazón), Z6 (antesis). Llenado de granos Z7 (grano lechoso), Z8 (grano pastoso), Z9 (grano duro, madurez). Fuente: Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>

Patología de semillas

Las patologías de las semillas (figura 46) de trigo pueden ser causadas por diversos patógenos, como hongos, oomicetes y bacterias. Estos patógenos pueden estar presentes en el interior o en la superficie de la semilla.

Patógenos que afectan las semillas de trigo

Mancha amarilla: Causada por *Drechslera tritici repentis*

Mancha foliar o Septoriosis: Causada por *Zymoseptoria tritici*

Septoria de nudo o de la gluma: Causada por *Parastagonospora nodorum*

Mancha marrón: Causada por *Bipolaris sorokiniana*

Mancha por Alternaria: Causada por *Alternaria spp.*

Fusarium: Provoca esterilidad de flores y granos poco desarrollados

Tizón o Caries: Causado por *Tilletia foetida* y *Tilletia caries*

Carbón hediondo o cubierto "caries": Causado por *Tilletia laevis* y *Tilletia tritici*

Carbón volador del trigo: Causado por *Ustilgo tritici*



Figura 47: patología en semillas de trigo.

Patología de suelo en trigo

Fusarium: hongo que se mantiene en el suelo y en los desechos de la cosecha. Puede reducir la producción hasta en un 50%.

Mancha amarilla del trigo: hongo que se transmite por la semilla y produce manchas ovaladas de color canela.

Rhizoctonia solani

Síntomas

Pudrición lateral de las raíces y coronas (figura 48)
Grandes heridas o cortes en el costado de las raíces y coronas
Lesiones marrones rojizas justo debajo de la superficie del suelo
Collar blanco de micelio fúngico en la base del tallo
Podredumbre en frutos marrón, llena de agua y hundida
Hojas superiores enrolladas

Condiciones predisponentes

Temperaturas altas (22 a 25°C)
Humedad alta
Vaporización frecuente
Espacio cerrado de las plantas
Hojas y tallos húmedos
Falta de flujo de aire
Heridas abiertas en partes de la planta cerca del nivel del sustrato

Manejo de la enfermedad

Mediante la aplicación de fungicidas: se pueden aplicar por riego, de forma sistémica o foliar. El fludioxonil, el pencicurón y la azoxistrobina son algunos de los fungicidas que pueden ser efectivos. Zantara es un fungicida que contiene Bixafen y es efectivo contra *Rhizoctonia*.

Bactericidas
Control biológico
Medidas de manejo cultural



Figura 48: síntoma de *Rhizoctonia solani*

Pythium

El *Pythium* es un microorganismo que puede afectar a las raíces, causando podredumbre y retraso en el crecimiento.

Síntomas

Pudrición de las raíces, especialmente en las plántulas
 Doblamiento de las plántulas
 Amarilleamiento de las puntas de las hojas
 Marchitamiento irreversible de las plantas
 Caída de las yemas florales

Condiciones predisponentes

Temperaturas medias entre 15 a 20°C
 Exceso de agua

Manejo de la enfermedad

Utilización del fungicida metalaxil

Roya anaranjada

Causada por *Puccinia recondita*

Se caracteriza por la aparición de pústulas anaranjadas en las hojas, las vainas y los tallos.

Síntomas

Pequeñas pústulas redondeadas de color anaranjado en el haz superior de las hojas (figura 49)

Pústulas que se extienden hacia las vainas

Pústulas teleutosóricas de color castaño oscuro a negro, brillantes y subepidérmicas

Esporas que se desprenden fácilmente en forma de polvillo al pasar los dedos sobre las lesiones

Condiciones predisponentes

La roya anaranjada se produce principalmente en otoño y primavera, cuando las temperaturas oscilan entre 15° y 22°C.

Manejo de la enfermedad

Se recomienda utilizar cultivares resistentes y control químico. Los cultivares resistentes son la herramienta preferencial porque impiden o retrasan el proceso de infección. Umbral de acción: incidencia= 50% y severidad= 5%. 20 días pre floración y 10 días post-floración.



Figura 49: síntoma de roya anaranjada.

Roya del tallo

Es una enfermedad fúngica que afecta a los tallos de los cultivos de trigo. Es causada por el hongo *Puccinia graminis f. sp. tritici*.

Síntomas

Pequeñas lesiones o "pecas" en los tallos, hojas y espigas
Pústulas de color café oscuro en los tallos, hojas y espigas (figura 50)
Ampollas o pústulas elípticas denominadas uredinios en los tallos y hojas

Daños

Las plantas infectadas producen menos tallos secundarios y consecuentemente menos semilla
En casos de infecciones severas la planta puede llegar a morir

Condiciones predisponentes

La roya del tallo se manifiesta al final del ciclo del cultivo, dado su requerimiento de temperaturas más elevadas que otras royas (19-22°C)
Requiere para su correcta diseminación entre 8 a 10 horas de mojado, ya sea por lluvia o rocío

Manejo de la enfermedad

Para controlar la roya del tallo se pueden utilizar fungicidas
Se recomienda introducir diversidad en la base genética de resistencia y utilizar fuentes de resistencia durable.
Umbral de acción: incidencia= 50% y severidad= 5%.



Figura 50: síntomas de roya del tallo.

Roya amarilla

La roya amarilla del trigo es una enfermedad fúngica, causada por *Puccinia striiformis* que afecta al trigo, la cebada y el triticale.

Síntomas

Pústulas alargadas de color amarillo en las hojas (figura 51)

Estrías o líneas en sentido de las nervaduras de la hoja

Puede llegar a infectar el grano

Condiciones predisponentes

Se desarrolla muy bien con temperaturas bajas (de 10 a 15°C)

La infección ocurre en cualquier estado fenológico del cultivo con tiempo relativamente fresco y húmedo (100% de HR y 6hs. De mojado foliar).

Manejo de la enfermedad

Utilización de cultivos resistentes

Control químico

Umbral de acción: 40% de incidencia, 1% de severidad en el estado fenológico de producción de nudos (encañado).



Figura 51: síntomas de Roya amarilla en trigo.

Mancha amarilla

La mancha amarilla del trigo es una enfermedad fúngica, causada por el hongo *Pyrenophora tritici-repentis* o *Drechslera tritici-repentis*.

Síntomas

Manchas ovaladas de color canela que a veces se oscurecen en el centro (figura 52)

Manchas rodeadas de halos amarillentos

Condiciones predisponentes

Las condiciones ideales para su desarrollo son temperaturas entre 15 a 28°C y campañas muy lluviosas.

Manejo de la enfermedad

Elegir materiales de buen comportamiento y perfil sanitario

Realizar los análisis de semillas correspondientes

Monitorear los lotes

Manejar una correcta nutrición nitrogenada

Aplicar fungicidas sistémicos como los triazoles, estrobilurinas, carboxamidas, y los fungicidas de contacto

Rotar los fungicidas para prevenir la resistencia del hongo

Umbral de acción: varía entre 20 y 50% de incidencia en las hojas. Este umbral depende de la situación del cultivo y del costo del fungicida.



Figura 52: síntoma de mancha amarilla en trigo.

Septoriosis

La septoriosis en el trigo es causada por los hongos *Septoria tritici*, *S. nodorum* y *S. avenae f. sp. triticea*. Es una de las enfermedades más importantes del trigo y puede provocar grandes pérdidas de rendimiento.

Síntomas

Manchas cloróticas (figura 53)

Manchas de color café claro u oscuro

Manchas negras dentro de las lesiones

Lesiones grandes de color café-óxido

Condiciones predisponentes

Temperaturas por encima de los 7°C (óptimo 18 - 25°C)

Humedad relativa alta (90 - 100%)

Manejo de la enfermedad

Utilización de fungicidas

Resistencia genética

Utilizar nitrógeno a niveles moderados

Umbral de acción: se establece cuando el 25% de las plantas tienen manchas en sus tres últimas hojas.



Figura 53: síntomas de septoriosis en trigo.

Fusariosis

Es una enfermedad causada por el hongo *Fusarium pseudograminearum*. Afecta el desarrollo de las espigas, lo que puede reducir la producción hasta en un 50%.

Síntomas

Espigas blanquecinas (figura 54)

Granos chuzos, es decir, granos más pequeños de lo esperado

Granos más claros, blanquecinos y con algunas zonas rosadas

Endosperma yesoso al corte

Peso hectolitrito reducido

Condiciones predisponentes

Lluvias persistentes

Alta humedad en el aire

Manejo de la enfermedad

Cultivares tolerantes

Uso de fungicidas

Umbral de acción: modelo de Moschini (IF) y momento de antesis

<http://agrometeorologia.inta.gob.ar/modeloenfermedad/#inicio>



Figura 54: síntomas de fusariosis en trigo.

Carbón volador

El carbón volador es una enfermedad fúngica causada por *Ustilago tritici*.

Síntomas

Se produce la destrucción total de la flor. Solo queda el raquis cubierto por una masa pulverulenta de esporas negras (figura 55). No hay granos.

Condiciones predisponentes

Humedad relativa alta

Temperaturas entre 16 y 22°C

Presencia de agua libre sobre las hojas durante más de 6 horas

Climas frescos

Lluvias o rocíos frecuentes.

Manejo de la enfermedad

Cultivares resistentes

Semillas sanas o tratadas con funguicidas sistémicos

Analizar las muestras a sembrar en laboratorios especializados para determinar el nivel de infección

Llevar a cabo una protección química contra el carbón si la infección en las semillas lo justifica.



Figura 55: síntomas de carbón volador en trigo.

Carbón cubierto

Es causado por *Tilletia spp.*

Síntomas

Los tejidos de la espiga se transforman en una masa pulverulenta de esporas negras (teliosporas) (figura 56). No hay granos y solo queda el raquis. Se produce una destrucción parcial de la flor, permaneciendo las glumas. En muchas ocasiones las espigas enfermas no se diferencian a simple vista de las sanas.

Condiciones predisponentes

Humedad relativa alta durante la floración

Temperaturas bajas

Semillas infectadas

Curado de semillas ineficiente.

Manejo de la enfermedad

Utilizar semillas sanas o tratadas con fungicidas sistémicos.

En laboratorio se puede determinar el nivel de infección en semilla.

En relación al tratamiento de semillas, caben las mismas consideraciones que para el carbón volador, pero en este caso también se puede utilizar fungicidas protectores como thiram.



Figura 56: síntomas de carbón cubierto en trigo.

Estría bacteriana

Causada por *Xanthomonas campestris*

Síntomas

Manchas marrones estriadas en las hojas (figura 57)

Tallos y granos de color marrón oscuro y aspecto húmedo

Bandas de tejido necrótico alternado con sano en las aristas

Exudados amarillentos en las hojas bajo condiciones de humedad

Condiciones predisponentes

Temperaturas y humedad elevadas

Riego en exeso

Uso de cultivares susceptibles

Monocultivo

Frecuentes lloviznas o salpicado por gotas de riego

Manejo de la enfermedad

Utilizar variedades tolerantes

Cosechar primero los lotes no infectados

Evitar usar semillas de campos infectados en campos regados.



Figura 57: síntomas de estría bacteriana en trigo.

Virus del mosaico estriado del trigo (WSMV)

Es una enfermedad viral que causa clorosis (amarillamiento) en las hojas de trigo. Se transmite por el ácaro *Aceria tosichella*, que se moviliza principalmente por el viento. El virus se transmite entre campañas a través de plantas voluntarias y hospedantes alternativos.

Síntomas

Hojas con clorosis en forma de mosaicos o estrías (figura 58)

Retraso en el crecimiento

Plantas estériles o con producción de semillas vanas

Semillas marchitas y de menor peso

Condiciones predisponentes

Veranos frescos y húmedos favorecen la supervivencia de los ácaros y el trigo voluntario.

Temperaturas superiores a 10°C en primavera acentúan los síntomas de la enfermedad.

Plantas guachas de trigo y malezas hospedantes secundarios que no se controlan antes de la siembra temprana.

Estos actúan como “puentes verdes”, es decir, generan un sitio en donde el vector pueda sobrevivir hasta el próximo ciclo del cultivo.

Otras condiciones

Siembras tempranas, que coinciden con altas poblaciones de ácaros.

Lotes vecinos con maíz, mijo, sorgo o cultivos de cobertura de grano pequeño.

Manejo de la enfermedad

Utilizar cultivares de trigo con buen comportamiento frente al virus.

Controlar plantas de trigo voluntarias.

Evitar siembras tempranas.



Figura 58: síntomas de Virus del mosaico estriado del trigo (WSMV).

ENFERMEDADES DE CULTIVO DE GIRASOL (Figura 59)

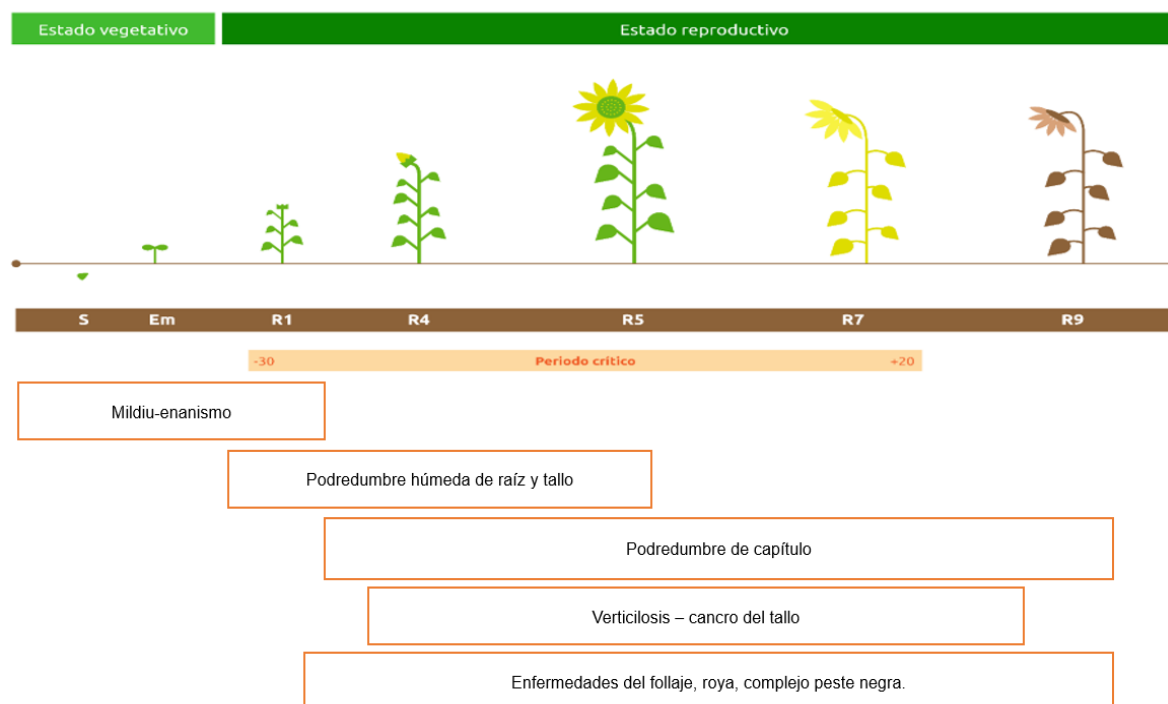


Figura 59. Ciclo ontogénico de girasol (*Helianthus annuus* L.) y las principales enfermedades y patógenos relacionados a las etapas del cultivo en la Argentina. Estado de emergencia - vegetativo: S (siembra), Em (emergencia). Estado reproductivo: R1 (estado de estrella), R4 (visualización de las flores liguladas), R5 (Comienzo de floración. Se divide en subestadios en función del % del área del capítulo (vínculos florales) que han completado la floración [R 5.3= 30%; R 5-8= 80%]), R7 (el envés del capítulo comienza en amarillarse), R9 (las brácteas se vuelven marrones, alcanza la madurez fisiológica). Fuente: Schneiter, A. & Miller, J. F. (1981). Description of sunflower growth stages. Crop Science. 21: 901-903.

Mildiu

Es una enfermedad causada por el oomiceto *Plasmopara halstedii*.

Síntomas

Mosaico clorótico en las hojas

Tejido algodónoso en el envés de las hojas

Arrugamiento de las hojas

Enanismo de las plantas (figura 60)

Agallas en los tallos y raíces.

Condiciones predisponentes

Humedad y temperaturas en torno a los 18-20° C

Suelos arcillosos

Lluvias persistentes.

Manejo de la enfermedad

Incorporar genes de resistencia a *P. halstedii*

Tratamiento químico



Figura 60: síntomas de mildiu en girasol.

Podredumbre húmeda de tallo y raíz

Es una enfermedad fúngica causada por *Sclerotinia sclerotiorum* que provoca la descomposición de las raíces y el marchitamiento de las hojas. También se conoce como moho blanco.

Síntomas

- Lesiones llenas de agua en la base del tallo
- Marchitamiento y pudrición de la parte de la planta por encima de las lesiones
- Desarrollo de micelio fúngico blanco y algodonoso
- Formación de esclerocios oscuros y grandes
- Tallos muertos que se vuelven blanquecinos y quebradizos (figura 61)
- Hojas marchitas y adheridas al tallo

Condiciones predisponentes

- Temperaturas entre los 10-25°C
- Abundante humedad del suelo
- Cultivos con canopeo denso
- Elevada concentración de esclerocios en el suelo.

Manejo de la enfermedad

- Rotaciones largas a cultivos no hospederos
- Cultivar para promover un buen drenaje del suelo
- Manejar bien las malezas
- Aplicar fungicidas
- Control biológico, usando hongos antagonistas
- No abonar con excesivo nitrógeno



Figura 61: síntomas de podredumbre húmeda de tallo y raíz en girasol.

Verticilosis

El agente causal es el hongo *Verticillium dahliae*, transmitido por el suelo, donde puede sobrevivir hasta 15 años en forma de microesclerocios. En girasol puede provocar marchitamientos y muerte prematura.

Síntomas

Manchas cloróticas amarillentas entre los nervios de las hojas inferiores, tornando a lesiones marrones de tejido necrosado rodeado de un halo amarillo (figura 62), pudiendo llegar a secarse completamente. Progresan hacia las hojas superiores a medida que la planta madura.

A veces el tallo ennegrece, especialmente cerca del suelo. Al cortar, el sistema vascular infectado aparece de color marrón (grisáceo en las plantas más viejas). Las plantas afectadas tienden a aparecer más bajas.

Los microesclerocios del suelo germinan estimulados por exudados de la raíz, penetran en ella e invaden los vasos del xilema obstruyendo el sistema vascular y produciendo toxinas que afectan a la planta.

El capítulo puede reducir su diámetro, con menor número y peso específico de semillas.

Condiciones predisponentes

Su desarrollo se ve favorecido con temperatura entre 21 a 27°C, suelo parcialmente húmedo y días largos, con más de 12 horas de luz.

Manejo de la enfermedad

Se pueden utilizar variedades tolerantes, rotar los cultivos y evitar la siembra en parcelas con antecedentes de la enfermedad.



Figura 62: síntomas de verticilosis en girasol.

Cancro del tallo

Es una enfermedad causada por el hongo *Phomopsis helianthi*. Es una de las principales enfermedades que limitan el rendimiento del girasol en todo el mundo.

Síntomas

Manchas castañas en el borde de las hojas.

Cancros de color castaño claro a beige en el punto de inserción del pecíolo con el tallo (figura 63).

Lesiones que se desarrollan en el tallo, centradas en la inserción con el pecíolo.

Pudrición seca del capítulo, que se caracteriza por una necrosis en una “porción” del mismo.

Condiciones predisponentes

Lluvias prolongadas

Alta humedad

Humedad en los bordes de las hojas

Gotas de rocío.

Manejo

Aplicar fungicidas preventivos si las condiciones climáticas lo justifican
Ajustar prácticas culturales, como eliminar rastrojos infectados
Monitoreo constante y temprano
Sembrar híbridos resistentes o tolerantes



Figura 63: síntomas de cancro del tallo en girasol.

Roya negra

Es ocasionada por *Puccinia helianthi*.

Síntomas

Se caracteriza por la presencia de pústulas negras en las hojas, que pueden afectar toda la planta (figura 64).

Condiciones predisponentes

Temperaturas superiores a 24°C
De 6 a 8 horas de mojado foliar.

Manejo de la enfermedad

Aplicar fungicidas foliares cuando se detecten los primeros síntomas de roya. Las estrobirulinas y triazoles pueden incrementar el rendimiento.

Utilización de cultivares resistentes

Umbral de acción: se considera cuando la infección llega a las cuatro hojas superiores, entre la formación del botón y el inicio de la maduración del capítulo.



Figura 64: síntomas de roya negra en girasol.

Podredumbre húmeda de capítulo

Es una enfermedad causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*.

Síntomas

Tallos muertos que se vuelven blanquecinos y quebradizos

Hojas marchitas y adheridas al tallo

Manchas castaño oscuro o negruzcas en el tallo cerca del suelo

Amarillamiento pronunciado de las hojas inferiores

Lesiones húmedas en la axila de las hojas

Micelio blanco en las flores o manchas húmedas en el capítulo (figura 65)

Condiciones predisponentes

Humedad alta

Temperaturas bajas

Cultivos con canopeo denso

Manejo de la enfermedad

Utilizar cultivares resistentes

Mezclas de fungicidas



Figura 65: síntomas de podredumbre húmeda de capítulo en girasol.

Roya blanca

Es una enfermedad que afecta las hojas, los tallos y los capítulos de la planta. Es causada por el oomiceto *Albugo tragopogonis*.

Síntomas

Manchas aceitosas en los pecíolos, tallos y capítulos
Pústulas blancas en la cara inferior de las hojas (figura 66)
Secado prematuro de las hojas

Condiciones predisponentes

Alta humedad relativa por lluvias, rocío o riego
Temperaturas de 10-15°C
Baja cantidad de radiación solar

Manejo de la enfermedad

Sembrar híbridos de girasol genéticamente resistentes
Realizar aplicaciones foliares de fungicida específico
Detectar las infecciones a través del monitoreo sistemático



Figura 66: síntomas de roya blanca en girasol.

Alternaria

Es una enfermedad fúngica causada por el hongo *Alternaria helianthi* o *A. alternata* que afecta a los girasoles y produce manchas en las hojas, los tallos y los capítulos. También se le conoce como tizón del girasol por Alternaria.

Síntomas

Manchas necrosadas y rodeadas por un halo amarillo en las hojas (figura 67)
Lesiones en los tallos que pueden fusionarse y matar hojas enteras
Pudrición seca del capítulo

Condiciones predisponentes

Climas cálidos y húmedos
Rocío, niebla y lluvias
Temperaturas entre 25 y 28°C

Manejo de la enfermedad

Distanciamiento entre hileras para una buena circulación del aire y una amplia penetración del sol
Aplicar fungicidas en el momento adecuado, cuando aparecen los primeros síntomas

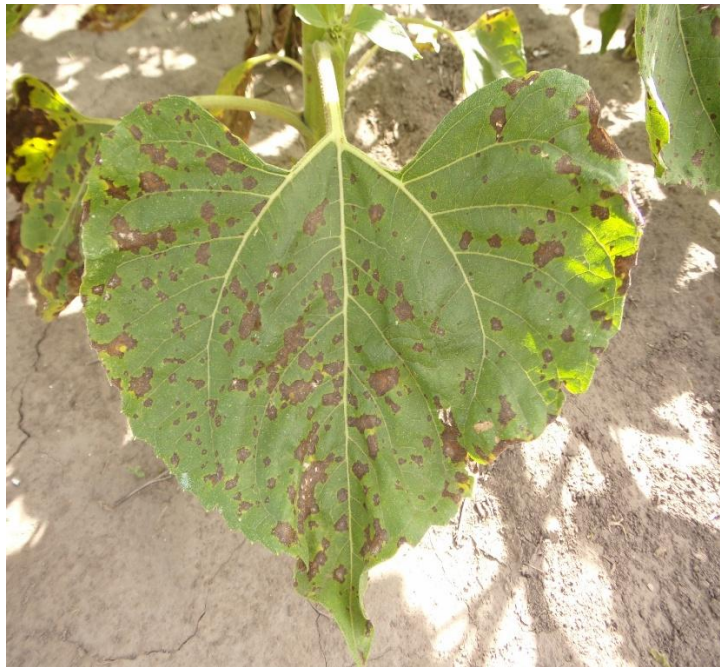


Figura 67: síntomas de Alternaria en girasol.

Septoriosis

La septoriosis es una enfermedad fúngica causada por *Septoria helianthi*. Es un hongo necrotrófico, es decir, que causa la muerte de las células de las plantas y se manifiesta como manchas oscuras en las hojas.

Síntomas

Manchas oscuras, circulares o angulares, de forma irregular (figura 68)
Manchas que cambian de color de verde oscuro a amarillo y finalmente a marrón
Manchas que se fusionan y pueden causar marchitamiento de las hojas
Pequeños puntos negros en el centro de las lesiones maduras

Condiciones predisponentes

Temperaturas medias diarias superiores a 21°C y alta humedad ambiente
El viento y la lluvia distribuyen los conidios del hongo

Manejo de la enfermedad

Seleccionar variedades resistentes
Evitar riegos intensos por aspersión
Utilización de fungicidas

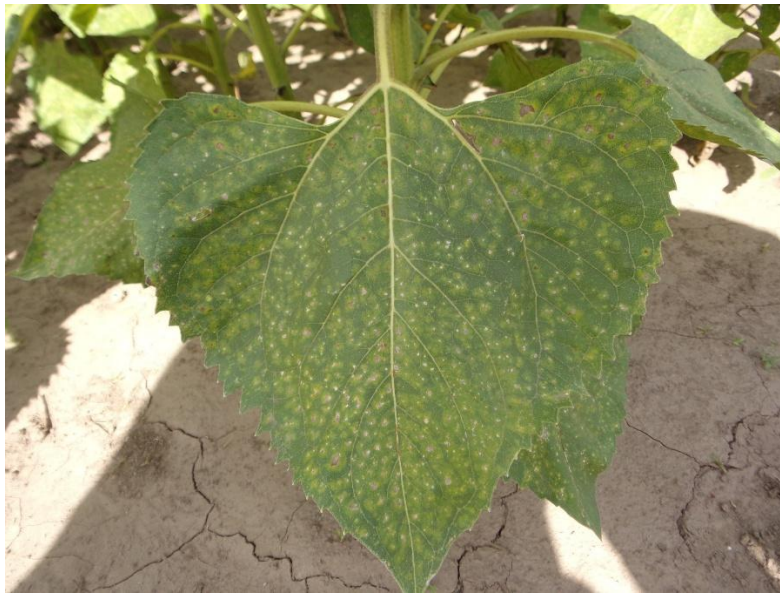


Figura 68: síntomas de Septoriosis en girasol.

TRABAJO PRÁCTICO DE GABINETE, LABORATORIO Y CAMPO N° 8. HERBARIO DIGITAL Y EN PAPEL DE PLANTAS ENFERMAS.

Objetivos:

- 1: Preparar y conservar las muestras de plantas enfermas recolectadas.
- 2: Describir la enfermedad diagnosticada.

Ejercicio: Se solicita al alumno que recolecte 5 especies vegetales enfermas, las cuales deben ser herborizadas en formato digital y en formato papel, siguiendo los pasos metodológicos que se detallan a continuación:

Metodología.

Herbario en formato digital:

De las 5 enfermedades elegidas y relevadas a campo, deberá fotografiarlas en el lugar de origen (campo), fotos en donde se observen claramente los síntomas y signos de la enfermedad en la planta in situ, bajo lupa binocular y si es posible favorecer la esporulación del agente causal y fotografiar las esporas del mismo.

Herbario en formato papel:

Recolección de los materiales para el herbario.

Debemos ir al campo provistos de algún instrumento (tijeras, navajas, etc.) que facilite la recolección de plantas enfermas o de algún órgano del hospedante, junto con una serie de bolsas o sobres de papel madera en las que se guardarán los materiales recolectados hasta su preparación para el secado, labor que no debe demorarse nunca

más allá de algunas horas pos - recolección (depende mucho de la especie enferma a recolectar). Posteriormente las muestras deben ser conservadas en lugar fresco.

Se recomienda llevar siempre al campo un cuaderno o papel para notas y lápiz (mejor que cualquier instrumento de tinta, bolígrafo o similar, inservible en caso de lluvia), para anotar la fecha, la especie vegetal recolectada, los síntomas y signos de la enfermedad y si es posible el género al que pertenece la enfermedad. También es necesario etiquetar adecuadamente cada muestra con todos aquellos datos que luego nos permitan identificarla, conocer su procedencia y cuándo presentaba tal estado de su ciclo vital (los mismos datos que han anotado en el cuaderno).

Secado del material.

El proceso de secado, y/o prensado de las muestras para eliminar toda la humedad de las mismas, es seguramente la parte más delicada en la confección de un herbario de plantas enfermas y que condicionará su longevidad así como la calidad del mismo, ya que es el primer paso para evitar su descomposición y destrucción por parte de agentes contaminantes (insectos, mohos, bacterias).

Los ejemplares recolectados con su etiqueta de reconocimiento, se colocan en un pliego de papel de filtro o de periódico y los distintos pliegos se van poniendo unos sobre otros de forma ordenada, introduciendo entre ellos almohadillas secantes o va-rios papeles de periódico que faciliten la extracción de la humedad. Es muy importante cuidar la correcta disposición de la muestra sobre el papel, ya que de ello dependerá el aspecto que tenga después de seca. El papel de los pliegos, así como las almohadillas o papeles absorbentes deben ser cambiados al día siguiente, y en días sucesivos, tantas veces como sea necesario, hasta comprobar que las plantas estén totalmente secas, pues de ese modo se reducen significativamente los problemas de exceso de humedad y cambios de color en las hojas.

Una vez formada una pila (que no debe sobrepasar el medio metro de altura) de pliegos y papel secante, la misma debe ser prensada. A tal efecto, se utilizan habitualmente unas prensas formadas por dos fuertes planchas de madera, entre las que se colocan los pliegos apilados, y que se aprietan, bien por medio de dos ejes-tornillos con tuercas, bien por medio de unas correas. Cuando no es posible disponer de una de estas prensas, pueden colocarse encima de las pilas objetos pesados de superficie plana como, por ejemplo, libros.

Este método general puede complicarse cuando los tejidos de las muestras herborizadas son de alto contenido de humedad (hojas o tallos carnosos).

Montaje y conservación del material.

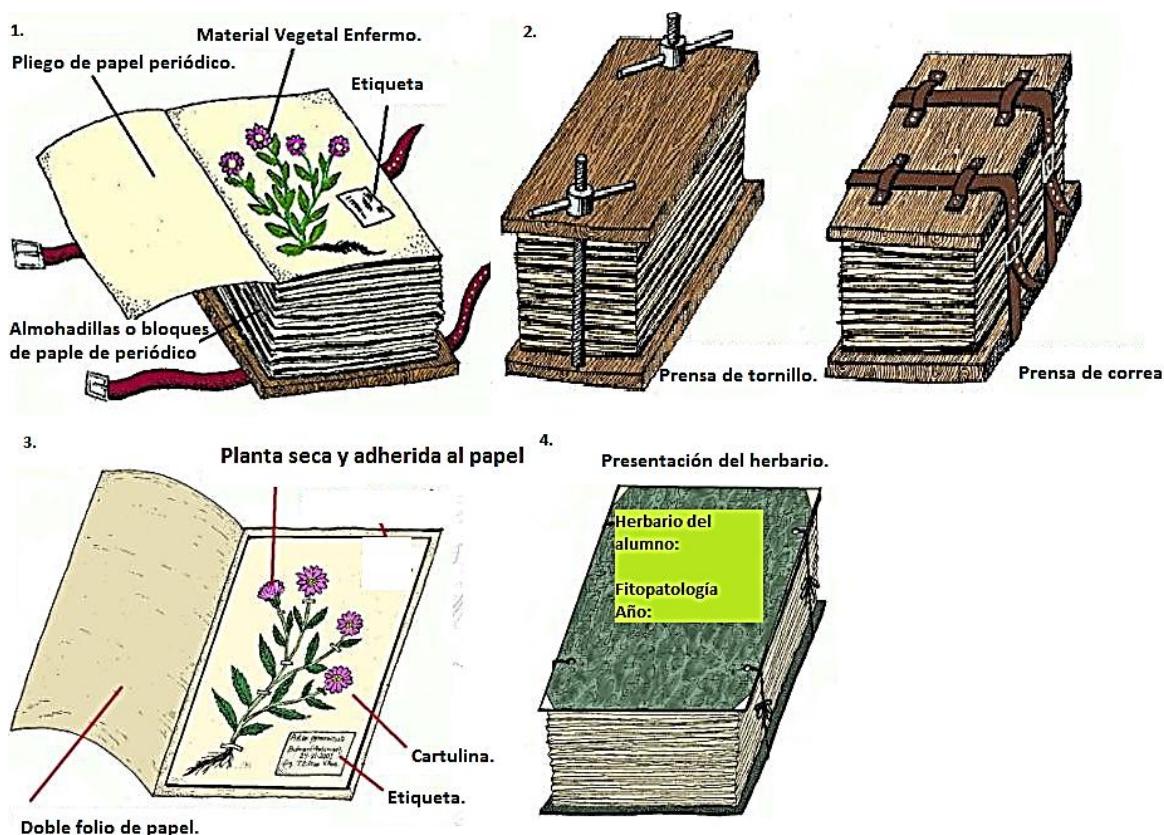
Para su adecuada conservación, el material, una vez que está completamente seco, debe ser montado en cartulinas u hojas de papel de buena calidad, a las que se fija con tira adhesiva o pegamento (ejemplo: cola vinílica) que siendo permanente permita desmontar el material en caso necesario. Es conveniente pegar en el borde superior de la cartulina una hoja del mismo ancho y largo y de este modo conservar mejor la muestra.

Identificación final de la muestra analizada

Una vez finalizado el trabajo la muestra debe ser identificada de la siguiente manera:

- Fecha de recolección.
- Especie vegetal recolectada (hospedante), con su nombre científico y vulgar.
- Nombre común de la enfermedad.
- Agente causal de la enfermedad.
- Síntomas y signos de la enfermedad.

Figura 1. Esquema sintético para la herborización de material vegetal enfermo. 1. Secado del material. 2. Montaje y conservación del material. 3. Planta herborizada y adherida al papel. 4. Presentación del herbario.



Lavilla, Miguel ángel

Mis primeros pasos en la fitopatología clásica y moderna en la Argentina : tomo II / Miguel ángel Lavilla. - 1a edición especial - Pergamino : Miguel Angel Lavilla, 2025.

Libro digital, DOCX - (Mis primeros pasos en la Fitopatología Clásica y moderna en la Argentina. / Lavilla, Miguel ángel 2)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-631-00-9112-9

1. Agricultura. I. Título.

CDD 306.349

ISBN 978-631-00-9112-9

