

# FITOPATOLOGÍA GENERAL

## INTRODUCCION:

La Fitopatología es el estudio de:

- 1) Los organismos y las condiciones del ambiente que ocasionan enfermedades en las plantas.
- 2) Los procesos mediante los cuales estos organismos o factores producen enfermedades en las plantas.
- 3) Las interacciones que se establecen entre los agentes que ocasionan las enfermedades y las plantas enfermas.
- 4) Los métodos para prevenir las enfermedades, para disminuir el daño que ocasionan o para controlarlas antes o después que se desarrollen en las plantas.

Los fitopatólogos estudian las enfermedades causadas por hongos, bacterias, fitoplasmas, virus, viroides, nemátodos, plantas parásitas y protozoarios. Estudian también las alteraciones que se producen en las plantas por exceso, desequilibrio o carencia de ciertos factores físicos o químicos como la temperatura, la humedad y los nutrientes.

## IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS EN LA ECONOMIA DE LAS SOCIEDADES:

Las enfermedades de las plantas son uno de los principales problemas que se tiene que afrontar en la agricultura porque reducen las cosechas, desmejoran la calidad del producto, limitan al mismo tiempo la disponibilidad de alimentos y materias primas para una serie de industrias.

Para las personas que dependen de la agricultura, las enfermedades de las plantas pueden marcar la diferencia entre una vida normal y una acosada por el hambre, incluso la muerte por inanición. La muerte de 250,000 irlandeses en 1845 como consecuencia del Tizón Tardío de la papa, y gran parte del hambre que padecen en la actualidad millones de personas que viven en las regiones rurales subdesarrolladas, son ejemplos tristes de las consecuencias de las enfermedades de las plantas.

En los países desarrollados, donde el alimento es abundante, las enfermedades de las plantas provocan pérdidas económicas a la agricultura, propician el aumento en el precio de los productos y destruyen la belleza del medio ambiente al dañar a las plantas ornamentales de las casas, parques avenidas y bosques.

Las enfermedades de las plantas reducen la variedad de plantas que pueden desarrollarse en una determinada zona geográfica al destruir a todas las plantas de ciertas especies susceptibles a una enfermedad particular. Ejemplo: El castaño americano fue aniquilado de los bosques de norteamérica por el tizón del castaño causado por *Endothia parasitica*.

Las enfermedades de plantas también han hecho cambiar las costumbres de los pueblos. Ejemplo: algunos países han tenido que sustituir el trigo por el centeno o maíz debido a la Roya Negra del trigo (*Puccinia graminis*). En Inglaterra en el siglo XIX el café fue sustituido por el té debido a que los cafetales en una de sus colonias en Ceilán fueron arrasados por las royas (*Hemileia vastatrix*). En Centroamérica el mal de Panamá, causado por *Fusarium oxysporum fsp. cubense*, obligó a muchos países a dejar de cultivar plátanos. En el Perú se promocionó el cultivo del lino durante la Segunda Guerra Mundial, pero en muy poco tiempo fue prácticamente arrasado por el *Fusarium oxysporum fsp. lini*.

Las enfermedades de las plantas son también las responsables de la creación de nuevas industrias, por ejemplo los que producen productos químicos, maquinaria agrícola y las que desarrollan métodos necesarios para controlar las enfermedades.

El tipo y monto de las pérdidas ocasionadas por las enfermedades de las plantas varía de acuerdo a la especie de las plantas o los productos que se obtienen de ella, así como al agente causal de la enfermedad, la localidad, el ambiente, las medidas de control practicadas, etc. o cambian con la combinación de todos estos factores. El monto de las pérdidas varía desde porcentajes mínimos hasta el 100%.

## **HISTORIA:**

El hombre tiene conciencia de las enfermedades de las plantas desde épocas remotas. En Los Vedas (1200 A. C.), el libro más antiguo que existe, se menciona a las pudriciones de los cultivos. En el Antiguo Testamento se menciona a los mildiús y tizones junto con las guerras y enfermedades humanas, como las más grandes calamidades de los pueblos.

Teofastro: filósofo griego que vivió desde 370 - 286. A. C., fue el primero en estudiar, en base a observaciones, enfermedades en árboles, cereales y leguminosas. Precisó que las enfermedades eran más severas en tierras bajas que en las laderas y que las royas eran más comunes en cereales que en leguminosas.

Los Romanos designaron a Robigo como el Dios de los granos (cereales). Cuenta la leyenda que Robigo se había enfurecido porque un niño amarró paja de cebada a la cola de un zorro y le prendió fuego, entonces en castigo les envió las royas de los cereales que año a año arrasaban sus campos. Cada año, antes de la primavera, es decir, antes que aparecieran las royas, los Romanos celebraban las "Robigalias". Eran días de fiesta donde se hacían sacrificios de perros de color rojo y de ovejas con la finalidad de apaciguar la furia del Dios Robigo y no les envíe las royas.

La invención del microscopio por Antonio Van Leewenhoeck, a mediados del siglo XVII, dio comienzo a una nueva Era en las ciencias de la vida. Se estudio y descubrió la anatomía de las plantas, se descubrieron a los hongos, a las bacterias y otros microorganismos.

En 1729, Michelli, observó que las partículas de polvo tomadas a partir de un hongo y depositadas en rodajas de melón recién cortadas, reproducían a menudo la misma clase de hongos. Concluyó que dichas partículas eran las semillas (esporas) de los hongos y que los hongos que aparecían en diversos alimentos eran producidos por las semillas que son transportadas por el aire.

En 1755, Tillet, estudió el carbón cubierto del trigo y descubrió que este se transmitía por la semilla botánica. Tillet mezcló el polvo negro (esporas) de un trigo infectado con semillas de un trigo sano y observó que el carbón era mucho más abundante en plantas formadas a partir de las semillas mezcladas con el carbón, sin embargo, Tillet pensó que la causa era una sustancia venenosa contenida en el polvo y no al hongo en sí.

1807, Prevost, demostró que el carbón cubierto la ocasiona un hongo, estudió la reproducción y germinación de las esporas. También observó que sumergiendo las semillas en sulfato de cobre se prevenía la enfermedad. Sin embargo, sus descubrimientos se adelantaron a su época y fueron rechazados por casi todos sus contemporáneos que por esas épocas aún creían en la Teoría de la Generación Espontánea.

Entre 1845-1846, en Irlanda, se produjo una epifitia devastadora en el cultivo de la papa causada por el Tizón Tardío. Aproximadamente 250,000 irlandeses murieron de inanición y más de un millón y medio de ellos migraron a los Estados Unidos. Algunos investigadores describieron los aspectos de la enfermedad, pero fue De Bary en 1861 quien demostró experimentalmente que era *Phytophthora infestans* el causante de esta enfermedad.

En 1853, De Bary, ya venía trabajando con hongos de la Roya Negra del trigo y el Tizón Tardío de la papa y concluyó que estos son la causa y no el resultado de esta enfermedad de la planta, echando por tierra la Teoría de la Generación Espontánea. De Bary descubrió también el papel importante que cumplía el *Berberis sp.* como hospedante alternante de la Roya Negra del trigo.

En los años 1875, 1883, 1912, Brefeld, introdujo y desarrolló técnicas completas para el cultivo de microorganismos pero que fueron perfeccionados por Koch y Petri. Esto permitió el desarrollo de muchos patógenos en laboratorio y estudiar sus características.

En 1878 Burril, dos años después que Koch había descubierto que el causante del ántrax era una bacteria, descubrió que el tizón del fuego del peral y manzano también era causado por una bacteria. Siendo el primer reporte de una bacteria como agente que producen enfermedades en las plantas.

En 1886, Mayer, pionero de la virología, comprobó que el Mosaico del Tabaco era transmisible por el jugo de las plantas enfermas aplicado a plantas sanas, como no encontró ningún hongo en el jugo, asumió que el agente causal podría ser una bacteria. En 1892 Ivanowsky comprobó que el agente causal del Mosaico del tabaco era capaz de atravesar los filtros bacteriológicos y lo denominó "Fluido Vivo Contagioso" o VIRUS.

## **RELACIONES ECOLOGICAS Y SIMBIOTICAS**

En la naturaleza los organismos siempre están relacionados unos a otros, debido a esto surgen diversas asociaciones que se clasifican en dos grupos: ecológicas y simbióticas.

- I. **ASOCIACIONES ECOLOGICAS:** Los organismos viven juntos pero individualizados, es decir no existe estrecha unión física entre ellos. En estos casos tenemos a la asociación neutral, la antibiosis, la metabiosis y el sinergismo
  - a) **Neutral:** Cuando no existe una aparente interacción entre organismos, no se perjudican ni se benefician. Ejemplo: Crecimiento inicial de colonias en una petri.
  - b) **Antibiosis:** Cuando el desarrollo de un organismo afecta el desarrollo de otros debido a la producción de antibióticos. Ejemplo:  
*Trichoderma harzianum*  
*Trichoderma viride*  
*Penicillium notatum*  
*Penicillium griseofulvum*  
*Streptomyces spp.*
  - c) **Metabiosis:** Cuando el desarrollo de un organismo crea un ambiente favorable para el desarrollo de otro. Por ejemplo *Erwinia carotovora*, bacteria causa pudriciones blandas en hortalizas y el sustrato degradado es invadido por una serie de bacterias secundarias que completan la pudrición y le confieren un olor hediondo.
  - d) **Sinergismo:** Cuando dos organismos desarrollan mejor o causan un mayor efecto cuando crecen juntos en un sustrato que cuando crecen individualmente. Ejemplo: *Phytophthora citrophthora* y *Sclerotinia sclerotiorum*, causan pudriciones en frutos de cítricos y cuando lo hacen juntos, su efecto es mucho más rápido.
- II. **ASOCIACIONES SIMBIOTICAS:** Cuando existe una unión física estrecha y obligada entre dos organismos y cada uno de los miembros se denominan "simbiontes".
  - a) **S. Mutualista:** Ambos organismos se benefician de esta la unión. Ejemplo: Líquenes, Bacterias fijadoras de Nitrógeno, Micorrizas.
  - b) **S. Comensalística:** Cuando uno de los simbiontes se beneficia pero sin causar daño al otro. Ejemplo: Orquídeas.
  - c) **S. Antagónica o Patosística:** Por lo menos uno de los simbiontes causa daño al otro. Ejemplo: Enfermedades parasitarias.

## NIVELES DE PARASITISMO

### PARÁSITOS OBLIGADOS, PARÁSITOS BIOTRÓFICOS

Virus, Mildiús, Royas, Oidiosis, Nemátodos  
fitoparásitos



### PARÁSITOS SEMIOBLIGADOS, SAPRÓFITOS FACULTATIVOS

Carbones, *Phytophthora infestans*



### SAPRÓFITOS NO OBLIGADOS, PARÁSITOS FACULTATIVOS, PARÁSITO NO OBLIGADO, PARÁSITOS NECROTROFICOS

*Rhizoctonia solani*, *Phytophthora spp*, *Fusarium spp.*,  
*Botrytis spp.*, *Alternaria spp.*



### SAPRÓFITOS OBLIGADOS

Fumagina

## CONCEPTO DE ENFERMEDAD EN PLANTAS

La enfermedad en plantas es cuando una o varias de sus funciones son alteradas por organismos patógenos o por determinadas condiciones del ambiente en que se desarrolla. Esta alteración llega a ser significativa (evidente) y es continua.

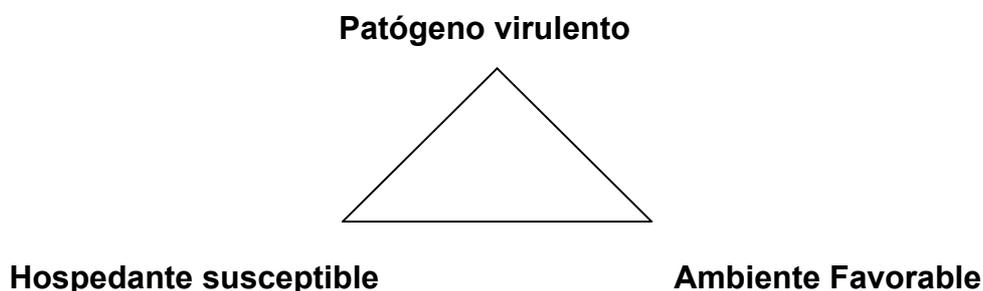
Las células y tejidos afectados comúnmente se debilitan y/o destruyen a causa de los agentes que producen la enfermedad, por lo tanto, la capacidad de estas células para llevar a cabo sus funciones normales disminuye o se anula por completo, como resultado la planta muere o disminuye su crecimiento. En contraste existe otro grupo de enfermedades que estimulan a las células a dividirse más (hiperplasia) o a crecer mucho más (hipertrofia). Estas células dan origen a sobrecrecimientos anormales y desordenados de tejidos que absorben muchos nutrientes y presionan el tejido vascular adyacente.

Para que se produzca la enfermedad se requiere de la interacción de tres factores a través de tiempo:

**Hospedante:** Planta.

**Patógeno:** Agente causante de la enfermedad.

**Ambiente:** Entorno físico químico.



### CLASIFICACION DE LAS ENFERMEDADES:

#### I. ENFERMEDADES NO INFECCIOSAS O ABIÓTICAS.

Ocasionadas por:

1. Temperaturas muy altas o muy bajas.
2. Falta o exceso de luz.
3. Falta de oxígeno.
4. Falta o exceso de humedad en el suelo.
5. Deficiencia de nutrientes.
6. Toxicidad mineral.
7. Acidez o alcalinidad de los suelos.
8. Prácticas agrícolas inadecuadas.
9. Toxicidad de los plaguicidas.
10. Contaminantes Atmosféricos.

## **II. ENFERMEDADES INFECCIOSAS O BIOTICAS DE LAS PLANTAS.**

Causadas por microorganismos u organismos como:

1. Hongos.
2. Organismos similares a los hongos: Plasmodiophoromycetos, Oomycetos.
3. Procariontes: Bacterias y Fitoplasmas.
4. Virus y viroides.
5. Nemátodos.
6. Plantas parásitas.

## **SINTOMAS Y SIGNOS DE ENFERMEDADES**

1. **SINTOMA**: Manifestación externa de la enfermedad que puede ser percibida por uno o más de nuestros sentidos.
2. **SIGNO**: Presencia visible del agente causante de la enfermedad; sea mediante una o varias de sus estructuras.

### **CLASIFICACION DE SINTOMAS:**

#### **I. SEGÚN AREA QUE OCUPAN:**

- a. Localizados.
- b. Generales.

#### **II. SEGÚN TAMAÑO:**

- a. Microscópicos.
- b. Macroscópicos.

#### **III. SEGÚN POSICION RESPECTO AL PATÓGENO:**

- a. **Primario**: Se produce en el lugar donde ejerce la acción el patógeno.
- b. **Secundario**: Se produce en una zona distinta a la ubicación del patógeno, pero es consecuencia de la acción de éste.

#### **IV. SEGÚN EL TIPO:**

- a. Pre-necróticos.
- b. Necróticos
- c. Atróficos.
- d. Hipertróficos.
- e. Complejos y especiales.

A) **PRE-NECROTICOS:** Son todas aquellas que anteceden a la muerte celular o del tejido.

1. **Marchitez:** Pérdida de turgencia de los tejidos. Es causada por cualquier patógeno o condición ambiental que impida la normal absorción de agua por las raíces:

<i>Fusarium oxysporum</i>	Patógeno vascular
<i>Verticillium alboatrum</i>	Patógeno vascular
<i>Ralstonia solanacearum</i>	Patógeno vascular
<i>Phytophthora spp.</i>	Pudriciones de raíces
<i>Meloidogyne incognita</i>	Nemátodo del nódulo



*Ralstonia solanacearum* en papa

2. **Amarillamiento:** Es la destrucción de la clorofila de los tejidos verdes. Normalmente aparece previa, simultánea o después de la marchitez y muchas veces rodean tejidos necróticos.



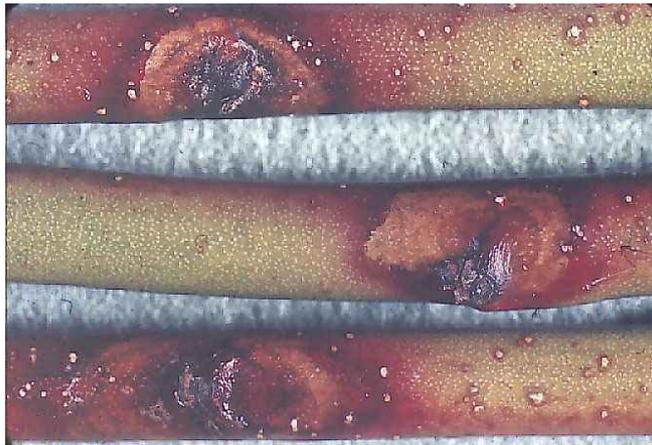
*Phytophthora capsici* en Tomate

3. **Enrojecimiento:** Es cuando el tejido se torna rojo antes de la muerte de los tejidos. Se debe a la acumulación de antocianinas y es característico en algunas especies de plantas.

*Wilsonomyces carpophyllus* En melocotonero  
*Alternaria alternata* En algodónero



*Alternaria dauci* en zanahoria



*Wilsonomyces carpophyllus* en tallos de melocotonero



Deficiencia de Fósforo en col

**B) NECROTICOS:** Involucran muerte celular y de tejidos.

1. **Chupadera:** Son lesiones o pudriciones a nivel de cuello y/o raíces de las plántulas y que involucran la muerte de ésta.

*Rhizoctonia solani*  
*Fusarium solani*  
*Pythium spp.*



Chupadera pre-emergente en frijol    Chupadera post-emergente en Algodón

*Rhizoctonia solani*

2. **Pudrición:** Es la destrucción completa del tejido atacado. Puede ser dura o blanda, seca o húmeda, fragante o fétida.

*Erwinia carotovora ssp. carotovora*  
*Fusarium solani fsp eumartii*  
*Lasiodiplodia theobromae*  
*Ganoderma applanatum*

Blanda y fétida en tubérculos de papa  
Seca y fragante en tubérculos de papa  
Seca y dura en camote  
Seca de la médula del melocotonero



*Fusarium solani* en tallos de frijol



*Fusarium solani* en tubérculos de papa



*Ganoderma applanatum* en tallo de duraznero

3. **Cancro:** Herida o lesión hundida con los bordes suberificados que se presentan en la corteza. Pueden presentarse tanto en tejidos leñosos como suculentos.

*Rhizoctonia solani*

en cuello de frijol y algodón.

*Phytophthora citrophthora*

en tallos de cítricos



*Rhizoctonia solani*



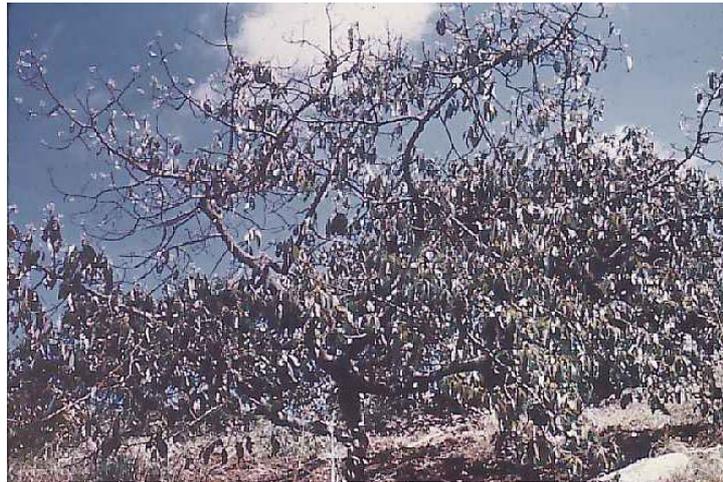
Cancro en tallo de melocotonero

4. **Muerte ascendente**: Muerte de la planta que empieza desde las zonas adultas y avanza hacia las zonas más jóvenes. Característico de plantas herbáceas cuando son afectadas por enfermedades vasculares, pudriciones de raíces, nemátodos, sequía, etc.



*Phytophthora palmivora* en papayo

5. **Muerte regresiva**: Muerte de la planta que empieza desde las zonas jóvenes y avanza hacia las zonas más viejas. Es característico de especies leñosas en caso de enfermedades vasculares, pudriciones de raíces y médula, nemátodos, sequía.
- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Phytophthora cinnamomi</i>    | Pudrición de raíces del palto.   |
| <i>Phytophthora parasitica</i>   | Pudrición de raíces de cítricos. |
| <i>Tylenchulus semipenetrans</i> | Nemátodos de los cítricos.       |



*Phytophthora cinnamomi* en palto

6. **Cuartheaduras:** Resquebrajamientos que se pueden producir en la corteza de especies leñosas y en frutos. En frutas se produce cuando se necrosa un área determinada y ésta detiene su desarrollo; la parte sana al seguir creciendo ejerce tensión sobre la parte muerta y produce la cuartheadura.

Oidiosis en frutos de manzano, melocotonero, vid.

Psorosis de los cítricos.

*Lasiodiplodia theobromae* en manzano



Psorosis de los cítricos

7. **Descortezamiento:** Desprendimiento de la corteza de especies leñosas. Normalmente continúa a una cuarteadura.



Exocortis de los cítricos

8. **Manchas necróticas:** Son áreas necróticas redondeadas a irregulares dentro e un tejido vivo y que se presentan generalmente en las hojas (manchas foliares). Muchas veces estas manchas presentan concentricidades (anillos necróticos)

*Alternaria spp.*

*Cercospora spp.*

*Phoma spp.*



Manchas necróticas en hojas tomate

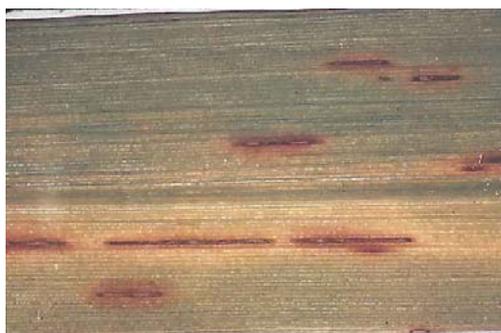
*Septoria lycopersici* (izquierda)

*Alternaria solani* (derecha)



*Mycosphaerella musicola* en plátano

9. **Estrías necróticas**: Común en gramíneas y especies con hojas de venación paralela. En este caso la necrosis forma líneas o bandas paralelas a las nervaduras.



*Drechlera graminis* en cebada

10. **Perforaciones**: Cuando el tejido necrosado en las hojas se desprende y cae. Roya en melocotonero.  
*Alternaria betae* en beterraga



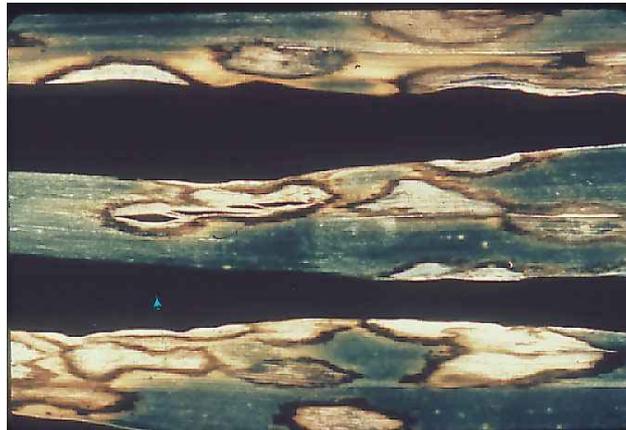
Roya en duraznero

11. **Quemaduras:** Necrosis de las puntas y bordes de las de las hojas. También necrosis de las zonas internervales. Se produce por causas ambientales como falta de agua en el suelo, exceso de temperaturas, problemas de sales; toxicidad por plaguicidas, por contaminantes ambientales, etc.



Quemaduras en hojas de manzano

12. **Escaldadura:** También llamadas ampolladuras. La epidermis se desprende del parénquima, se levanta, se desgarr, y el tejido adyacente está necrosado.  
*Rhynchosporium secalis* Escaldadura de la cebada.



*Rhynchosporium secalis*

13. **Abolladuras:** Lesiones necróticas hundidas o cóncavas, generalmente en frutos.  
*Aspergillus niger* en frutos de manzano.



*Xanthomonas axonopodis* pv *malvacearum* en bellota de algodón

14. **Pústulas:** La epidermis se rompe por la presión interna que ejercen los patógenos que se desarrollan internamente (subepidermal o subperidermalmente) y salen a la superficie. Característico de las Royas



*Puccinia graminis* en trigo

C) **ATROFICOS:** Se produce por fenómenos de hipoplasia y/o hipotrofia de los tejidos, lo cual origina órganos de menor tamaño. También agrupamos aquí a los síntomas que se producen por la deficiencia en la producción de clorofila denominados en general “clorosis”

1. **Enanismo:** Los órganos (tallos, hojas, flores, frutos) tienen un menor tamaño de lo normal. Puede ser general o local.  
TMV: Virus del Mosaico del Tabaco, en tomate.



Enanismo en fresa

2. **Arrosetamiento:** Cuando los entrenudos tienen una longitud menor de lo normal. El brote o planta adquiere forma arrosetada.  
Fitoplasmas en Isabelita.



Arrosetamiento y amarillamiento en maíz

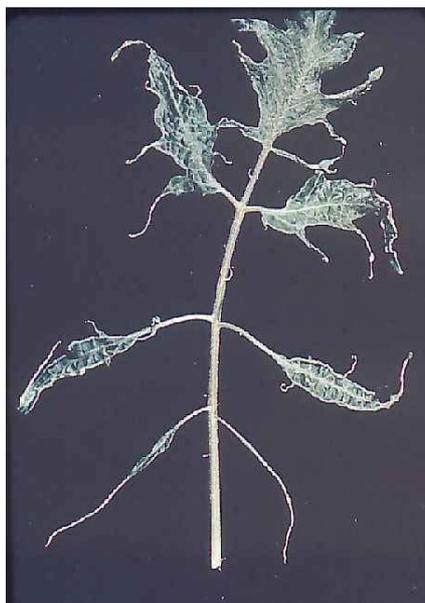
3. **Etiolación:** Se produce por falta de luminosidad durante el crecimiento de plantas jóvenes. Las plantas muestran entrenudos largos pero muy delgados y la coloración de la planta es verde pálido por deficiencia de clorofila

4. **Defoliación**: Caída anormal de hojas de una planta. Se produce simultáneamente con una muerte regresiva.



Defoliación en especie forestal

5. **Aborto**: Caída a normal de flores y frutos pequeños
6. **Reducción de lámina foliar**: Existe una subproducción del tejido internerval de las hojas, causando diversos grados de deformación, hasta "hojas filiformes" u "hojas tipo helecho".  
CMV: Virus del mosaico del pepinillo en caigua  
PRSV: Virus de la mancha anillada del papayo, en papayo.  
TMV en Tomate.



TMV en tomate

7. **Amarillamiento clorótico o Aclareo:** Los tejidos presentan una coloración uniforme más claro de lo normal o amarillo, debido a la deficiente producción de clorofila.

Deficiencia de Ca.

Deficiencia de luz.



Virus de la mancha anillada del papayo

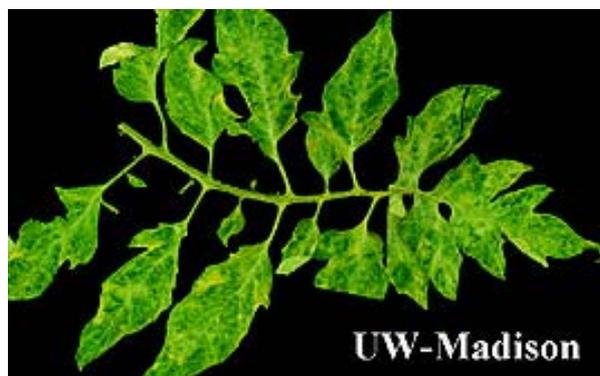
8. **Mosaico o moteado:** Alternancia entre el color verde normal y verde más claro en las hojas y otros tejidos verdes. También se puede presentar en frutos. Cuando la zona clorótica es amarilla el síntoma se denomina Cálico.

Este síntoma es característico de virus.

TMV en tomate, papa.

BMV: Virus del Mosaico del Frijol, en frijol.

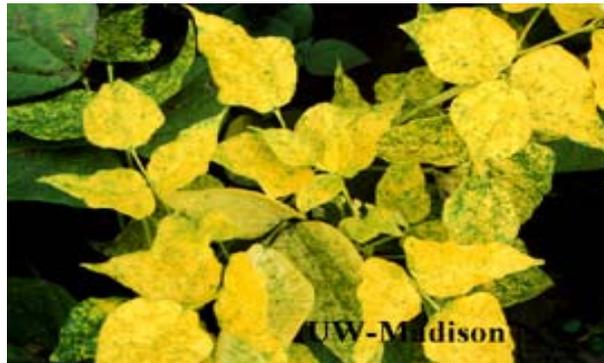
PRSV, en papayo.



TMV en tomate



TMV en frutos de tomate



Mosaico dorado del frijol

9. **Franjeado de nervaduras o aclareo internerval:** La clorosis se localiza en la zona internerval. Puede ser entre las nervaduras secundarias o entre todas las nervaduras. Normalmente se produce por deficiencias nutricionales (Magnesio, Fierro), falta de luminosidad, etc.



Deficiencia de magnesio en col

10. **Aclareo de nervaduras:** Las nervaduras presentan una coloración más clara de lo normal, pudiendo ser verde más claro, amarillas o blancas.  
BMV en frijol



Virus en *Gomphrena globosa*

11. **Manchas cloróticas:** Son zonas cloróticas definidas de diversas formas que se ubican en el tejido verde.  
MMV: Virus del Mosaico del maracuyá en Maracuyá.  
CMV: En Commelina.



Virus en hoja de papa

12. **Anillos cloróticos:** Son bandas cloróticas cerradas que tienen el centro verde.  
CMV en *Commelina sp.*



Virus en *Nicotiana glutinosa*

13. **Estrías cloróticas**: Se presentan en gramíneas y otras plantas con hojas de venación paralela. Son líneas o bandas cloróticas paralelas a las nervaduras.  
CMV en Achira.



Estrías cloróticas en cebada

D) **HIPERTROFICOS**: Se producen cuando existe hiperplasia y/o hipertrofia de tejidos

1. **Tumores**: Son sobrecrecimiento anormales de tejidos y pueden ser "nódulos" si el tumor es de superficie lisa, o "agallas" si son de superficie rugosa.

*Nacobbus aberrans*

Nemátodo de la Raíz Rosario.

*Meloidogyne incognita*

Nemátodo del nódulo.

*Agrobacterium tumefaciens*

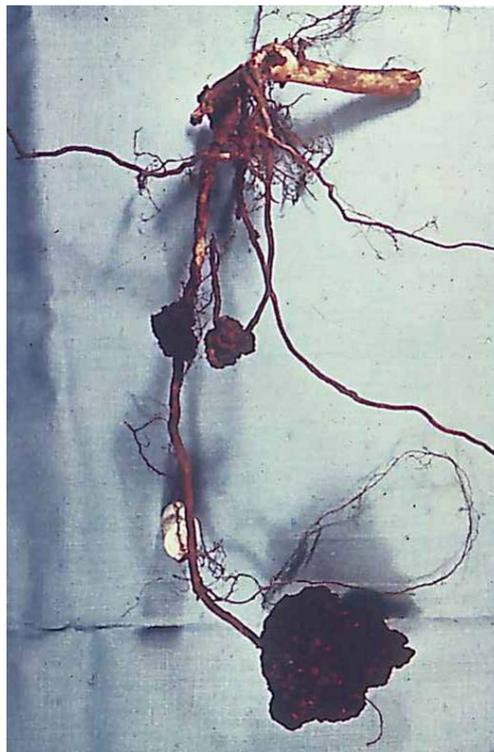
Agalla de la corona

*Plasmodiophora brassicae*

Hernia de la col



Nódulos en raíces de papa causadas por *Meloidogyne incognita*



Agallas causadas por *Agrobacterium tumefaciens* en raíces de vid

2. **Encrespamiento:** El tejido internerval sufre hiperplasia, es decir, crece a un ritmo mayor que las nervaduras.  
*Taphrina deformans* Cloca del duraznero



*Taphrina deformans* en duraznero

3. **Escoba de brujas:** Es la proliferación de brotes o raíces a partir de un mismo punto.  
*Crinipellis perniciosa* en brotes de cacao.  
*Agrobacterium rhizogenes* en raíces.



Escoba de brujas en raíces de zanahoria



Escoba de brujas en ramas de árbol

4. **Suberificación:** Tejido de cicatrización que se forman en las lesiones en tejidos leñosos o suculentos.  
Oidiosis en manzano, melocotonero.  
Alrededor de los canchros.



*Venturia inaequalis* Sarna del manzano

5. **Fasciación:** Conjunto de brotes o raíces que nacen fusionados.  
Fitoplasmas en yuca.  
Deficiencia de zinc en pecano.



Fasciación en lúcumo

6. **Fronlescencia:** Los verticilos florales adquieren aspectos foliares. Síntoma típico de fitoplasmas.  
Fitoplasmas en Isabelita.



*Albugo candida* en col

**E) COMPLEJOS Y ESPECIALES:** Un síntoma es complejo cuando las causas son dos o más de las anteriores y especial cuando no las podemos agrupar entre las anteriores.

1. **Exudaciones:** Síntoma Especial. Es cuando se vierten al exterior sustancias que normalmente están al interior como látex, gomas, resinas, etc.

<i>Phytophthora parasitica</i>	Gomosis en cítricos
<i>Phytophthora citrophthora</i>	Gomosis en cítricos
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Gomosis en Duraznero



Exudaciones de goma en ramitas de duraznero

2. **Deformación de órganos:** Síntoma Complejo. Los órganos como hojas, frutos, raíces adquieren formas diferentes a lo normal.  
Viroide del tubérculo ahusado de la papa.  
Virus que producen mosaicos.



Deformación en tubérculos de papa

3. **Antocianescencia:** Síntoma Especial. Producción de pigmentos antocianos por tejidos que normalmente no la producen.  
*Phytophthora capsici* Azul del tomate  
Virus Azul de Tomate.
4. **Virescencia:** Síntoma Especial. Producción de clorofila por tejidos que normalmente no lo producen como los pétalos de las flores, las raíces. Síntoma característico del ataque de fitoplasmas como en Isabelita, en frijol de palo, etc.



Fitoplasmas en marigold

5. **Epinastias:** Síntoma Especial. Cuando el ángulo de inserción del peciolo de la hoja es mayor que el normal.
6. **Enrollamiento:** Síntoma Especial. Cuando las hojas se doblan por los bordes hacia arriba y adquieren un aspecto coriáceo.  
PRLV: Virus del Enrollamiento de la Papa.



Virus del enrollamiento de la papa

7. **Tuberización aérea**: Síntoma Complejo. Cuando se forman tubérculos en la parte aérea de la planta. Se producen por obstrucción de los vasos que traslocan los fotosintatos hacia las partes subterráneas de las plantas.

*Rhizoctonia solani* en papa  
*Sclerotium rolfsii* en papa.



*Rhizoctonia solani* en papa

**SIGNOS:**

1. **Micelio**: Es la estructura vegetativa de los hongos y Oomycetos, conformado por un conjunto de hifas y tienen aspecto algodonoso mayormente de color blanco.



*Sclerotium rolfsii*

2. **Esclerotes:** Son estructuras de conservación de algunos hongos, que consiste en una masa de hifas cubiertas de una pared de melanina. En cuanto a la forma, los esclerotes pueden ser redondos, alargados, irregulares, y la coloración varía de marrón a negra.

*Sclerotinia sclerotiorum*

*Botrytis cinerea*

*Sclerotium rolfsii*

*Sclerotium cepivorum*

*Rhizoctonia solani*



*Sclerotinia sclerotiorum* en zanahoria



Esclerotes de *Claviceps purpurea* en cebada, trigo y avena



Esclerotes de *Rhizoctonia solani* en tuberculos de papa

3. **Rizomorfos:** Son estructuras de conservación de algunos hongos que consisten en un conjunto de hifas paralelas cubiertas de paredes de melanina. Tienen aspectos de raicillas de coloraciones marrones a negras.

*Pellicularia koleroga*  
*Rossellinia* sp.

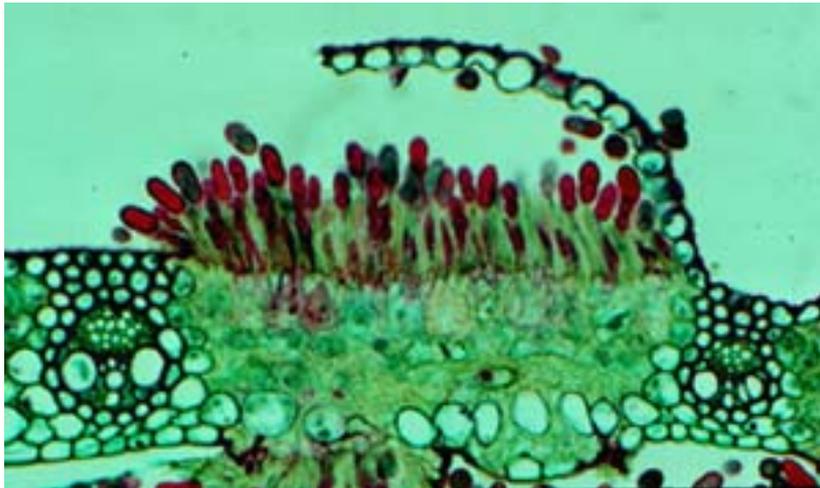


*Pellicularia koleroga* en café

4. **Royas:** Las royas son causadas por hongos de la orden Uredinales, los cuales son parásitos obligados que esporulan abundantemente en las hojas y tallos verdes a través de pústulas. Las esporas de las royas correspondientes a la Fase Uredo son de colores llamativos: blanco, amarillo, naranja, rojo, marrón (Uredosporas). Las esporas negras corresponden a la Fase Telia (Teliosporas)

*Puccinia graminis*

*Uromyces appendiculatus*



Uredosporas de *Puccinia striformis*



Pústulas de Roya Morena de la cebada

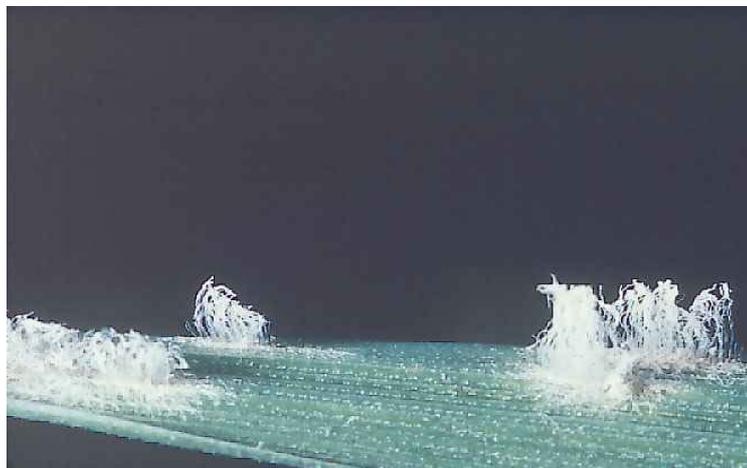
5. **Oidiosis:** Las oidiosis la producen los hongos de la Orden Erysiphales, los cuales son parásitos obligados cuyo micelio crece superficialmente en hojas, flores, frutos, tallos verdes, etc., y esporulan abundantemente formando colonias pulverulentas de color blanco.



*Erysiphe pisi* en arveja



*Erysiphe cicchoracearum* en zapatillo italiano



*Erysiphe graminis* en avena

6. **Mildius:** Los mildius son causados por Oomycetos de la Familia Peronosporácea. Son parásitos obligados que esporulan en forma de pequeñas masas algodonosas de color grisáceo principalmente en el envés de las hojas. En el haz respectivo se aprecian amarillamientos pre-necróticos. Las esporulaciones corresponden a los zoosporangioforos y zoosporangios de los peronosporáceos.



*Peronospora destructor* en ajo

7. **Carbón:** Los carbones son causados por hongos de la orden Ustilaginales, los cuales son parásitos semiobligados que invaden principalmente el tejido de reservas de almidón de las plantas reemplazándolos por masas pulverulentas de color marrón oscuro a negro parecidas al hollín. Estas corresponden a las teliosporas del hongo.



*Ustilago hordei* en cebada



*Ustilago maydis* en mazorca de maíz

8. **Fumagina:** Se conocen con ese nombre a los hongos de la Familia Capnodiacea, los cuales son saprófitos obligados que se alimentan de la mielecilla excretada por insectos picadores chupadores de la orden homoptera (áfidos, cigarritas, queresas, cochinillas, mosca blanca, etc.). Forman costras negruzcas sobre la superficie de las hojas restándoles área fotosintética.



Fumagina en hoja



Fumagina en fruto de manzano

9. **Moho:** Es un término para designar a diversos hongos que tienen predilección por los tejidos succulentos y ricos en carbohidratos, como las frutas, tubérculos, alimentos amiláceos; y forman colonias pulverulentas de diversos colores en la superficie de los órganos afectados. Son contaminantes comunes que afectan principalmente en post-cosecha (transporte, almacenaje, mercadeo, en el hogar).

*Rhizopus, Mucor*  
*Penicillium digitatum*  
*Penicillium italicum*  
*Aspergillus niger*  
*Botrytis cinerea*

Mohos algodonosos  
Moho verde  
Moho azul  
Moho negro  
Moho gris



*Aspergillus nigrum*



*Penicillium italicum*



*Botrytis cinerea* en fresa

10. **Basidiocarpos:** Son estructuras fructificantes de algunos basidiomycetos, donde se forman las basidias y basidiosporas. Pueden ser de diferentes formas, tamaños, colores, consistencia.

*Ganoderma applanatum*

*Armillaria mellea*

Basidiocarpos leñoso tipo repisa

Basidiocarpos carnosos tipo sombrilla



*Ganoderma* sp.



*Polyporus sanguineus*



*Crinnipellis perniciosa* en cacao

11. **Exudaciones:** Cuando el patógeno sale al exterior a través de estomas, lenticelas, heridas, etc. Generalmente las exudaciones son mucilaginosas.  
Bacterias  
*Lasiodiplodia theobromae*.



*Erwinia amylovora* en fruto de manzano



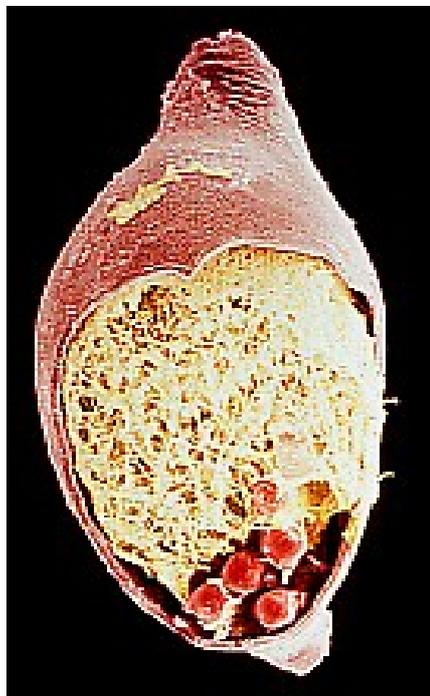
*Lasiodiplodia theobromae* en tallo de manzano

12. **Quistes:** Son hembras muertas y esclerotizadas de algunos nemátodos que contienen huevecillos y juveniles del primer estadío.1. Son consideradas estructuras de conservación.

*Globodera*  
*Heterodera*



*Globodera* en raíces de papa



Detalle interior

# ENFERMEDADES ABIOTICAS

## **CARACTERISTICAS GENERALES:**

Las enfermedades abióticas o no infecciosas en las plantas son el producto de la falta o el exceso de algún factor necesario para la vida de la planta.

No hay presencia de patógenos por lo tanto no pueden ser transmitidas de plantas enfermas a plantas sanas.

Pueden afectar a las plantas en cualquiera de sus etapas de desarrollo: semilla, plántula, planta en crecimiento, planta madura o a los frutos, y pueden ocasionar daños durante el cultivo, durante el almacenamiento e incluso durante el mercadeo.

Los síntomas varían en tipo y severidad, de acuerdo al factor ambiental que participe y en la intensidad de desviación de este factor. Los síntomas pueden ser desde ligeros hasta severos; y las plantas afectadas pueden incluso morir.

## **DIAGNOSIS:**

La diagnosis de algunas enfermedades abióticas puede ser sencilla porque existen síntomas muy característicos que se deben al exceso o falta de algún factor ambiental. En otros casos es necesario examinar cuidadosamente cuales eran las condiciones climáticas que prevalecían desde antes de la aparición de la enfermedad, los cambios en los niveles de contaminación del suelo y de la atmósfera en la zona del problema, también las prácticas agrícolas o los incidentes que se produjeron.

Es frecuente que los síntomas manifestados se confundan mucho con los causados por los virus, fitoplasmas y muchos patógenos de la raíz. Por lo tanto, es necesario descartar la presencia de todos los patógenos posibles y después, en la medida de lo posible, exponer a las plantas sanas a los factores que se piensan son los causantes.

## **PRINCIPALES FACTORES AMBIENTALES QUE CAUSAN ENFERMEDADES**

### **1. TEMPERATURA:**

Las mayoría de las plantas óptimamente entre 15° - 30° C, pero existe mucha variación en este rango, así como también en su capacidad de soportar mayor o menor temperatura. Las temperaturas extremas (altas o bajas) son las que llegan a afectar a las plantas.

#### **1.1. TEMPERATURAS ALTAS:**

Rara vez en la naturaleza se dan temperaturas demasiado elevadas como para sobrepasar el límite que pueden soportar las plantas, especialmente si ellas están en sus zonas de origen. Las plantas difieren en su resistencia de acuerdo a la etapa de desarrollo en la que se encuentran, los diferentes tejidos u órganos expuestos, la edad de estos órganos, etc.

Las temperaturas altas al parecer despliegan sus efectos conjuntamente con otros factores del Ambiente, como son la luz excesiva, la sequía, la falta de oxígeno, vientos fuertes, baja Humedad Relativa.

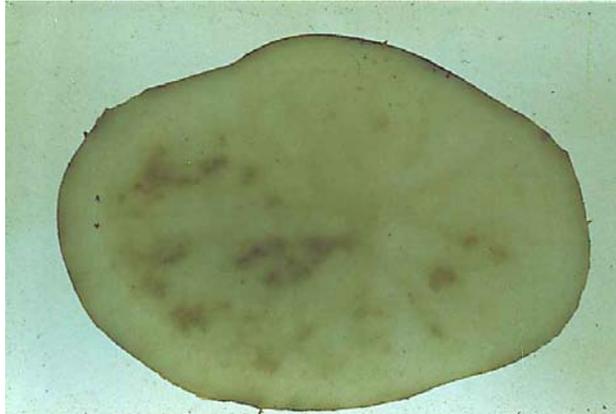
Las temperaturas altas producen las "quemaduras" de sol en las superficies expuestas al sol de frutos carnosos y hortalizas suculentas (pimientos, cebollas, tubérculos de papa).

Las hojas de las plantas suculentas pueden formar quemaduras de sol cuando después de días nublados y lluviosos tienen días cálidos y soleados. Estas zonas son irregulares en las hojas y son de un color verde pálido al inicio pero después colapsan y se tornan en manchas de color café.

En días cálidos y soleados la temperatura de la parte húmeda puede ser mayor; por ejemplo en la zona de contacto entre los tejidos suculentos y el suelo, lo que causará cambio de coloración, ampolladuras y aspecto húmedo del fruto u órgano y una desecación de los tejidos localizados debajo de la cáscara.

Las temperaturas demasiado elevadas que predominan en la superficie del suelo, en ocasiones causa muerte a las plántulas o forman canchales en la corona de los tallos de las plantas maduras.

Al parecer las altas temperaturas participan en la formación del corazón acuoso de las manzanas y junto con la falta de oxígeno produce el corazón negro de la papa.



**Necrosis interna por calor en tubérculo de papa**

### **MECANISMOS DE DAÑOS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS:**

- Las altas temperaturas inactivan algunos procesos metabólicos como la síntesis energética y aceleran otros como la respiración y transpiración, las cuales no son adecuadamente compensados por la fotosíntesis y la absorción de agua. Las células se deshidratan bruscamente y comienzan a morir.
- Causa coagulación y desnaturalización de proteínas, por lo tanto, muchos procesos metabólicos se inhiben por la inactivación de las enzimas
- Rompimiento de las membranas citoplasmáticas, asfixia por falta de oxígeno y probable liberación de sustancias tóxicas en las células.

### **1.2. TEMPERATURAS BAJAS:**

Los daños causados por las bajas temperaturas son mucho más notorios que los causados por las altas temperaturas. Se pueden producir daños por enfriamiento o congelación.

El **ENFRIAMIENTO** es cuando las temperaturas disminuyen pero no llegan al punto de congelación del agua. Este fenómeno causa daño a plantas de climas cálidos (origen tropical) como maíz, frijol, cítricos, plátanos, etc., causándoles principalmente retardo o detención del crecimiento, lenta absorción de nutrientes. Esto debido a que los procesos metabólicos de síntesis se encuentran disminuidos. También en el caso de la papa produce endulzamiento de los tubérculos de la papa, debido a que el frío ocasiona la hidrólisis del almidón a azúcares más simples.



### **Necrosis por exposición a bajas temperaturas**

Cuando las temperaturas bajan por debajo del punto de congelación se denomina **HELADA**, la que ocasionan serios daños en diversas plantas.

Según el origen, las heladas pueden ser **advectivas**, **convectivas** o **por radiación** y de acuerdo a la época que se producen, pueden ser: tempranas o de otoño, invernales, primaverales o tardías, las estivales o de verano. Las más peligrosas y dañinas son las heladas tardías y las de verano porque las plantas se encuentran en pleno proceso de brotación, floración y desarrollo.

Las heladas causan necrosis de brotes y hojas, empezando siempre por las más jóvenes, también muerte de flores y frutos pequeños, tanto en plantas herbáceas como leñosas. En el suelo, se produce muerte de raicillas.



### **Necrosis del follaje de papa por helada**

En frutos de manzanas, peras y durazno se forman bandas de suberificación sobre la superficie, lo que produce rajaduras y deformaciones posteriores.

Se produce agrietado de cortezas de especies leñosas, rajaduras radiales de la médula, desarrollo de canchales.



### **Rajadura en tallo de especie leñosa por helada**

En tubérculos de papa se produce una necrosis anular en la pulpa (muerte del tejido vascular) y cuando la helada es muy fuerte se produce necrosis de casi toda la pulpa.



### **Necrosis de la pulpa de tubérculos de papa por helada**

Las heladas, de acuerdo a la Humedad Relativa que predomine en el momento que se produzca, pueden ser de dos tipos: La helada blanca (alta HR) y la helada negra (baja HR). La helada negra es la más destructiva porque en la helada blanca se produce una película de escarcha que absorbe gran parte del frío antes que dañe al tejido vegetal.

## **MECANISMO DE DAÑO DE LAS BAJAS TEMPERATURAS:**

Se produce enfriamiento del agua tanto intercelular como extracelular. Primero se congela el agua extracelular, casi a los 0° C. Debido a que el agua de las células tiene sustancias disueltas su punto de congelación es más bajo. Conforme se van formando cristales de hielo, va fluyendo agua desde la célula hacia estos cristales, por lo tanto, el agua citoplasmática aumenta su concentración y es más difícil de congelarse. Los cristales de hielo que se forman intercelularmente ejercen presión y laceran paredes y membranas celulares, además, debido al flujo de agua de las células hacia los espacios intercelulares, ocurre plasmólisis y deshidratación del protoplasma. Si el agua intracelular se congela, se forman cristales que laceran las membranas citoplasmáticas y matan a las células. El punto de congelación varía de acuerdo a los tejidos y a la especie vegetal.

Los cristales intracelulares se forman más frecuentemente cuando las temperaturas bajan bruscamente; la disminución lenta de la temperatura no permite la formación de estos cristales.

El derretimiento rápido provoca inundación de la zona comprendida entre la pared celular y el protoplasto y se produce desgarre y rompimiento de la membrana, por lo tanto la célula colapsa. Si el descongelamiento es más lento, entonces las células pueden rehidratarse, pero como sus membranas están laceradas, éstas revientan. Si las membranas no han llegado a dañarse, las células pueden recuperarse.

## **2. EFECTOS DE LA HUMEDAD:**

### **2.1. HUMEDAD RELATIVA (H. R.):**

La H. R. baja es temporal y no causa daño excepto cuando está combinado con otros factores ambientales como falta de agua en el suelo, altas temperaturas y vientos fuertes. De esta manera el follaje pierde una gran cantidad de agua dando lugar a la formación de quemaduras y marchitez temporal o permanente de la planta en general.

### **2.2. HUMEDAD DEL SUELO:**

La humedad del suelo es más importante que la H.R. debido a que la mayoría de las plantas absorbe el agua, junto con las sales minerales, directamente del suelo a través de las raíces.

### **2.2.1 BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD:**

Causa desde un menor desarrollo hasta la muerte de las plantas. Las plantas que desarrollan en suelos con humedad deficiente siempre se atrofian, tiene un color que va del verde pálido al amarillo claro; forman hojas pequeñas, presentan epinastias, producen pocas flores y frutos, y en caso que la sequía continúe, se marchitan y se mueren.



#### **Marchitez y muerte ascendente por falta de agua en tomate**

Las plantas perennes son más resistentes que las anuales, pero también sufren daño al someterlos a periodos prolongados de sequía, muestran menor crecimiento, hojas pequeñas y chamuscadas, ramas cortas, muerte regresiva, defoliación y, finalmente, marchitez y muerte.

### **2.2.2. ALTO CONTENIDO DE HUMEDAD:**

El drenaje inadecuado en los suelos o la inundación de las plantas cultivadas en los terrenos, en los jardines o en macetas, provoca daños inmediatos y de mayor consideración que las sequías, incluso la muerte de las plantas.

Las plantas pierden el vigor, se marchitan, las hojas se vuelven de color verde pálido a verde amarillento. Las plantas anuales suculentas muestran marchitez permanente a los 2 o 3 días y la muerte posterior. Las especies perennes leñosas, resisten más tiempo, las raíces deben estar sumergidas completamente durante varias semanas para producirse el daño permanente e irreversible.

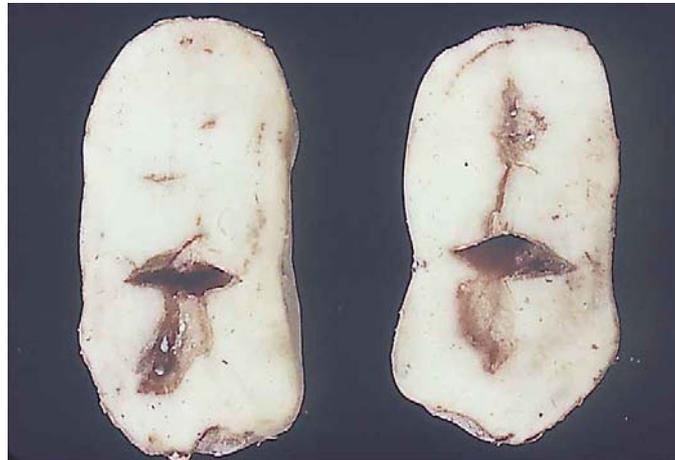
El exceso de humedad en el suelo ocasiona el desplazamiento del oxígeno del suelo y la falta de oxígeno ocasiona tensión, asfixia y desintegración de la mayoría de las células de las raíces.

Las plantas, debido a la muerte de sus raíces, no pueden absorber agua, se marchitan y mueren. Las raíces fibrosas se mueren y se pudren.

Las condiciones anaeróbicas y húmedas ocasionan el desarrollo de microorganismos anaeróbicos que forman nitritos que son tóxicos a las plantas. Las membranas celulares pierden su permeabilidad selectiva.

**Golpe de agua:** Se produce cuando las plantas crecen en deficiencia de humedad, por un periodo relativamente prolongado, y súbitamente se les suministra abundante agua durante la maduración. Esto ocasiona agrietamiento de frutos y órganos reservantes suculentos. Ejemplo: Frutos de cítricos, de tomate, tubérculos de papa, raíces reservantes de rabanito, nabos, beterragas, etc.

**Corazón vacío de la papa:** Se produce en variedades de papa con tubérculos grandes, los cuales al ser fertilizados con exceso de nitrógeno y tiene un exceso de humedad en el suelo, se agrietan internamente.



### **3. EFECTO DE LA BAJA CONCENTRACION DE OXÍGENO:**

La baja concentración de oxígeno está relacionada con la alta temperatura y exceso de humedad en el suelo.

La falta de O<sub>2</sub> en el suelo por exceso de humedad causa muerte de raíces por asfixia, especialmente se existe alta temperatura del suelo y en la atmósfera.

En tubérculos, frutos carnosos, hortalizas suculentas, etc., se produce falta de O<sub>2</sub> en el corazón debido a las altas temperaturas del campo o en malas condiciones de almacenamiento.

La falta de oxígeno incrementa la respiración, se produce ennegrecimiento del corazón, debido a que se producen reacciones energéticas anormales. La sub-oxidación ocasiona acumulación de sustancias tóxicas en las células las cuales mueren y también se forman pigmentos negros (melanina). Ejemplo: Corazón negro de la papa en almacenamiento.



**Corazón negro de la papa**

#### 4. LUZ:

##### 4.1 DEFICIENCIA DE LUZ:

Se observa frecuentemente en plantas que crecen cerca de árboles u otros objetos que producen sombra, en plantas de ornato que crecen al interior de las casas, en invernaderos, en almácigos y en épocas con poca iluminación.

La falta de iluminación ocasiona la **etiolación** en plantas jóvenes, que son susceptibles al acame. En plantas en crecimiento se produce amarillamiento clorótico, escaso desarrollo, caída prematura de flores y hojas.

##### 4.2 EXCESO DE LUMINOSIDAD:

La luz excesiva raramente causa daño, aunque se le atribuye el "quemado del sol" de las vainas de frijol que crecen en alturas donde el cielo es mucho más limpio y la radiación más fuerte. Las vainas desarrollan pequeñas manchas color café rojizo y luego se contraen.



**Quemaduras de sol en vainas de frijol**

El exceso de luz también afecta a las plantas ornamentales que normalmente crecen en sombra. Se producen manchas plateadas o café claro sobre las hojas. Si se cambia bruscamente una planta de la sombra a luz excesiva, ésta se defolia en pocos días

## 5. PRÁCTICAS AGRÍCOLAS INADECUADAS:

La aplicación incorrecta, en época indebida y/o a altas dosis, de compuestos químicos como insecticidas, fungicidas, nematocidas y fertilizantes a plantas sensibles, provocan quemaduras de hojas, manchado, oscurecimiento de frutos, etc.



**Quemaduras por aplicaciones de azufre en frutos de manzano**

Los herbicidas exterminantes como el Glifosato, pueden causar amarillamiento, desecación y desprendimiento de hojas de las plantas expuestas, incluso pueden morir.



**Daño por herbicida**

Los herbicidas hormonales como el 2,4 D causan deformaciones en hojas conocidas como "pata de rana" por la forma que adquieren y proliferación de espigas en el caso de cereales como trigo y cebada.



**Pata de rana por herbicida hormonal**

Las prácticas culturales que cortan y desprenden raíces producen marchitez y muerte de muchos cultivos. El riego excesivo o deficiente causa marchitez y hasta muerte.

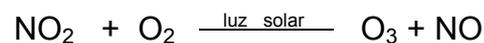
## **6. CONTAMINANTES ATMOSFERICOS:**

Las actividades de hombre para la generación de energía, la producción de alimentos, la eliminación de desechos, etc., da como resultado la liberación a la atmósfera de varios gases contaminantes que alteran el metabolismo de las plantas y les inducen enfermedades. Los daños se observan principalmente en zonas cercanas a las fábricas. Algunos contaminantes como el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno, el fluoruro de hidrógeno, etc., se producen directamente a partir de una fuente primaria como refinерías, combustión de energéticos y el procesamiento de minerales o fertilizantes. Estos son conocidos como contaminantes PRIMARIOS.

Los contaminantes como el ozono y el nitrato de peroxiacilo, se producen en la atmósfera como productos secundarios de reacción fotoquímica que involucran al NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, los hidrocarburos y la luz solar. Estos se conocen como contaminantes SECUNDARIOS.

### **1. OZONO:**

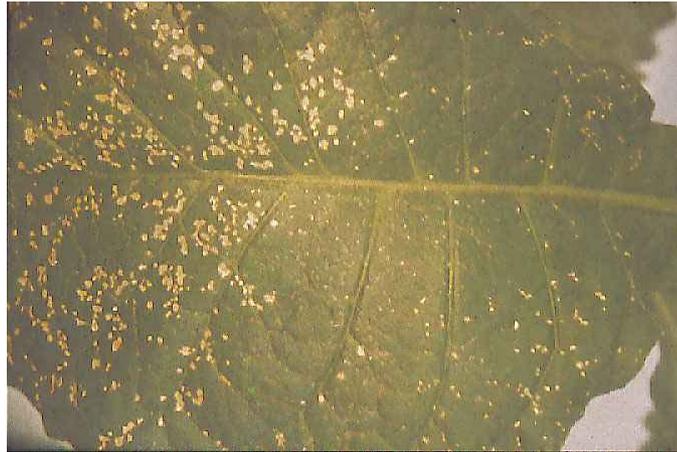
Sus fuentes son principalmente el escape de los automóviles y otras máquinas de combustión interna cuyos gases emitidos reaccionan con el oxígeno atmosférico en presencia de la luz solar:



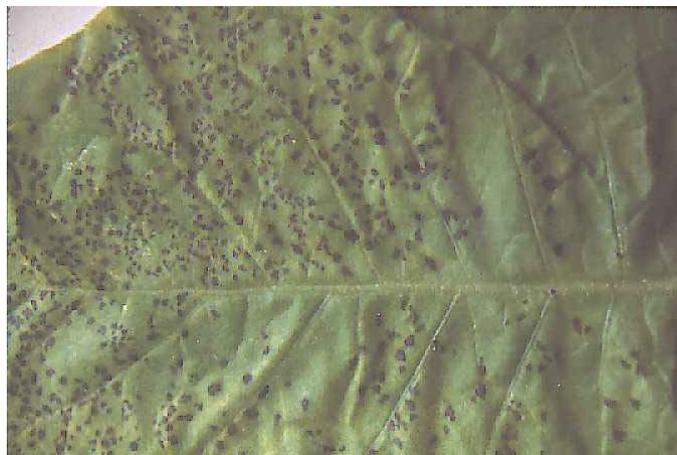
También se origina a partir de la estratosfera, los relámpagos y bosques.

Es el contaminante atmosférico que más daño causa a las plantas, siendo un componente importante del "smog".

Penetra a través de las estomas, induciendo síntomas de moteado en las hojas, principalmente en el haz. Las manchas son pequeñas a grandes y de color blanquecino al inicio que se van tornando color canela, café o negro.



**Manchas blanquecinas en hoja de tabaco**



**Manchas negras en hoja de tabaco**

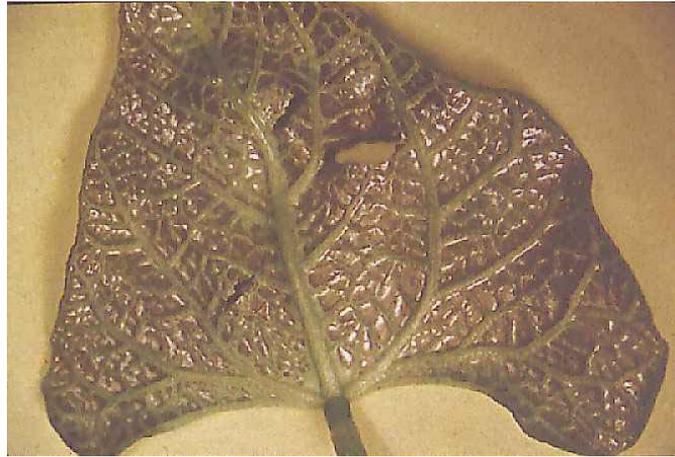
En frutales como cítricos y vid se produce atrofia del crecimiento y defoliación prematura.

Las especies más susceptibles son el tabaco, frijol, maíz, cereales, alfalfa, cítricos, pino.

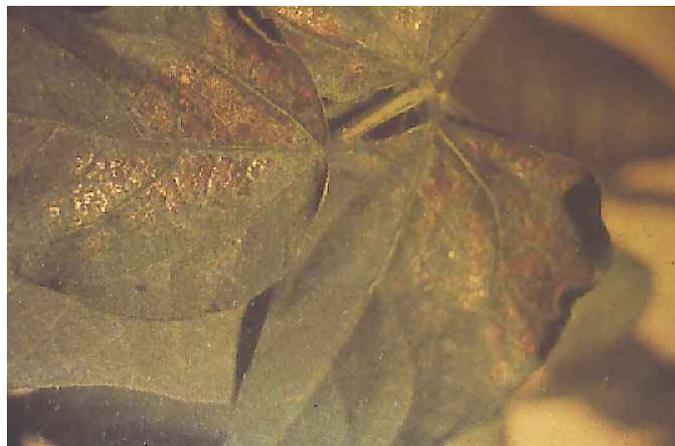
## **2. NITRATO DE PEROXIACILO (PAN):**

Se produce también a partir del escape de los automóviles y de otras maquinarias de combustión interna. Los vapores de gasolina y los Hidrocarburos parcialmente quemados, se combina con el  $\text{NO}_2$  o el  $\text{O}_3$  y dan como productos el PAN, que es componente mayoritario del smog. Es muy severo en zonas metropolitanas contaminadas.

Produce el síntoma conocido como la "Hoja plateada" o "Costra Plateada" que se caracteriza por ser manchas blanquecinas o bronceadas brillantes en el envés de las hojas, que pueden atravesar hasta el haz y confundirse con los síntomas que ocasiona el ozono.



**Hoja plateada en el envés de hoja de frijol**



**Hoja plateada en el haz de hoja de frijol**

Las especies más susceptibles son la lechuga, espinaca, tomate.

### **3. BIOXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>):**

Es emitido por las fábricas que producen H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, del escape de los automóviles y otras máquinas de combustión interna.

Es tóxico a concentraciones bajas 0.3 – 0.5 ppm.

Produce desde amarillamientos ligeros a decoloración blanquecina de tejidos internervales de las hojas.



**Decoloración internerval en hojas de rosal**



**Decoloración blanca internerval en hojas de planta indicadora**

El  $\text{SO}_2$  combina con la humedad atmosférica y forma  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , que conforma la lluvia ácida.

Las especies más sensibles: frijol, arveja, alfalfa, algodón, coníferas.

#### **4. BIOXIDO DE NITROGENO ( $\text{NO}_2$ ):**

Se produce a partir de  $\text{O}_2$  y  $\text{N}_2$  atmosférico que reaccionan en fuentes de combustión como hornos, escape de los autos y otras máquinas de combustión interna.

Es tóxico a concentraciones de 2 a 3 ppm.

Ocasiona decoloración y bronceamientos internervales similares a lo que produce el  $\text{SO}_2$



#### **Decoloración internerval en hojas de tomate**

Inhibe el crecimiento de las plantas a bajas concentraciones.

En la atmósfera se combina con el agua y forma  $\text{H}_2\text{NO}_3$  (lluvia ácida)  
Especies más sensibles: tomate, frijol.

#### **5. FLUORURO DE HIDROGENO (HF):**

Se producen a partir de fábricas que procesan minerales e hidrocarburos. Es tóxico a concentraciones muy bajas 0.0007 – 0.0002 ppm.

Se acumulan en los bordes y puntas de las hojas ocasionando manchas de color canela a café oscuro, las hojas pueden morir o desprenderse.



#### **Necrosis de bordes de hojas de cidrero**

El HF puede evaporarse o escurrirse de las hojas y las plantas se recuperan lentamente.

Especies más sensibles: maíz, duraznero, tulipán.

## 6. COLORO (CL<sub>2</sub>) Y CLORURO DE HIDROGENO (HCL)

Se origina de las refinerías de petróleo, fábricas de vidrio e incineración de plásticos.

Es tóxico a concentraciones de 0.1 - 0.2 ppm.

El borde de las hojas se quema. En hojas de pino se observa necrosis de las puntas con un halo amarillo.



**Necrosis de borde y zonas internervales**



**Necrosis de puntas de hojas de coníferas**

Se produce también zonas necróticas blanquecinas entre las nervaduras y las hojas se desprenden antes de tiempo (síntomas parecidos a los del  $\text{SO}_2$ ).



**Decoloración blanquecina internerval en hoja de cucurbitácea**

#### 7. ETILENO ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ )

Se produce de los escapes de los automóviles, de la combustión del gas natural, del carbón de piedra y aceites combustibles. A partir de frutos madurando en almacenaje debido a que es una fitohormona de maduración.

Es tóxico a concentraciones de 0.05 ppm.

Las plantas expuestas quedan atrofiadas, sus hojas se desarrollan anormalmente y envejecen prematuramente. Las plantas producen muy pocas flores y frutos. En frutos de manzano se forman escaldaduras.



**Planta de azalea expuesta al etileno (izquierda) y planta normal (derecha)**

## **8. MATERIA DIVIDA EN PARTICULAS (POLVOS):**

El polvo puede provenir de las carreteras, de las fábricas de cemento, de la combustión del carbón, etc.

Forma capas costrosas sobre la superficie de las plantas, lo cual le resta tasa fotosintética. Las plantas se vuelven pálidas, desarrollan poco y pueden llegar a morir.

Algunos polvos son abrasivos, quema los tejidos foliares directamente o después de disolverse en el rocío o agua de lluvia.



**Daños producidos por golpe de arena en plántulas de algodón**

# ENFERMEDADES BIOTICAS

## CARACTERISTICAS GENERALES:

Las enfermedades bióticas o infecciosas son las que se producen por la infección que ocasiona un patógeno en una planta. Se caracterizan por la capacidad que tiene el patógeno de crecer y reproducirse con gran rapidez en las plantas y por su habilidad para difundirse de éstas a otras plantas sanas y, por consiguiente, causan nuevas enfermedades

De la gran diversidad de organismos vivos, sólo unos cuantos miembros de algunos grupos parasitan a las plantas, estos son: hongos, oomycetos, plasmodiophoromycetos, bacterias, fitoplasmas, plantas superiores parásitas, nemátodos, protozoarios, virus y viroides. Para que estos parásitos puedan desarrollarse, necesitan invadir la planta, reproducirse en ella y obtener sus nutrientes de ella; además deben adaptarse a las condiciones en que vive su hospedante. Los parásitos pueden ser:

- Parásitos obligados o biotróficos
- Parásitos semiobligados
- Parásitos facultativos o necrotróficos

## GAMA DE HOSPEDANTES:

Los patógenos difieren en base al tipo de planta que atacan, a los órganos y a los tejidos que infectan y a la edad del mismo órgano de una misma planta sobre la que puedan desarrollarse.

Algunos patógenos son específicos para una especie de plantas, otras para cierto género, para una familia; mientras que otras tienen un rango más amplio de hospedantes, que incluyen plantas de diversos grupos taxonómicos.

Existen patógenos que sólo desarrollan en raíces, otros sólo en tallos, otros principalmente en hojas, frutos carnosos, etc. Otros son patógenos vasculares y sólo son específicos en estos tejidos.

Los parásitos obligados generalmente son bastante específicos en cuanto al hospedante (evolución paralela). Los parásitos no obligados por lo común atacan muchas plantas distintas, diferentes partes de ésta y en diferentes estadios de desarrollo. Esto debido a que producen diferentes toxinas no específicas y enzimas que alteran sustancias y procesos metabólicos que se dan normalmente en plantas. Sin embargo existen parásitos no obligados que producen enfermedades sólo en una especie de plantas o en algunas de ellas.

## **CICLO DE LA ENFERMEDAD:**

Es una serie de eventos sucesivos, más o menos distintos, que propician el desarrollo y prevalencia de la enfermedad y el patógeno. Incluye: inoculación, penetración, establecimiento de la infección, colonización (invasión), crecimiento, reproducción, dispersión y supervivencia del patógeno en ausencia de su hospedante.

1. **INOCULACIÓN:** Cuando el patógeno y su hospedante entran en contacto.

**Inóculo:** Es el patógeno o parte de él que llega al hospedante y es capaz de causar enfermedad.

Hongos: fragmentos de micelio, esporas sexuales y asexuales, esclerotes, clamidosporas

Bacterias, Fitoplasmas, Virus y Viroides: Todo el cuerpo del patógeno que están en grupos o colonias.

Nemátodos: Individuos adultos, huevos, juveniles 1 y 2.

Plantas parásitas: Semillas, porciones vegetativas.

**Propágulo:** Es la unidad del inóculo, es decir, una espora, una célula bacteriana, un huevo de nemátodo, etc.

**TIPOS DE INÓCULO:** Primario y secundario.

- a) **Primario:** Es el inóculo que sobrevive el invierno o el verano y que ocasiona las primeras infecciones en primavera u otoño. También se considera al primero que llega a un campo limpio. Produce infecciones primarias.
- b) **Secundaria:** Es el que se origina del inóculo primario y produce las infecciones secundarias en el campo.

**FUENTES DEL INÓCULO:** El inóculo puede estar:

- a) **En el suelo:** En la Materia Orgánica como saprófitos.
- b) **Semillas:** botánica, vegetativa.
- c) **Plantas y campos cercanos a la plantación.**
- d) **Malezas perennes.**
- e) **Hospedantes alternantes**

**LLEGADA DEL INOCULO:**

El inóculo llega al campo por cualquiera de los siguientes medios: Viento, agua, insectos vectores, el hombre, etc.

Sólo una pequeña cantidad de todo el inóculo que se produce se deposita en las plantas susceptibles y logran causar infecciones efectivas; gran parte se pierde debido a que se deposita en objetos, tejidos, sustratos, etc., que no pueden infectar.

Algunos tipos de inóculo del suelo como las zooporas, bacterias y nemátodos son atraídos por sustancias como azúcares y aminoácidos que exudan las raíces.

## 2. PREPENETRACIÓN:

### a) GERMINACIÓN DE LAS ESPORAS Y SEMILLAS

Las esporas de los hongos y las semillas de las plantas parásitas deben germinar previamente antes de iniciar la penetración, este proceso requiere de temperatura y humedad adecuada (película de agua o H. R. alta); de lo contrario se pueden desecar y morir.

La mayoría de esporas germinan inmediatamente después de su maduración y liberación, pero otras requieren de un período de reposo variable.

La espora germina produciendo un tubo germinal que es la primera parte de un micelio que penetra a la planta.

La germinación puede ser favorecida o estimulada por los nutrientes (azúcares y aminoácidos) que se difunden a través de la superficie de las plantas. Esto hace que germinen más esporas y con mayor rapidez.

En muchos casos la germinación es inhibida por sustancias que las plantas liberan en el suelo circundante, por las sustancias que contiene las esporas aglomeradas en mucílago y por la microflora saprófita antagónica que crea un ambiente de inanición y libera metabolitos tóxicos.

El fenómeno que impide que las esporas de los hongos germinen o que sus tubos germinativos mueran, por las causas mencionadas, se denomina **fungistasis**. Los suelos en los que ocurre este fenómeno se denominan **suelos supresivos**, los cuales son suelos ricos en materia orgánica que soportan una variada microflora. Sin embargo, la fungistasis se contrarresta por los exudados de la raíz de las plantas hospedantes que crecen en él.

El crecimiento de los tubos germinativos hacia los sitios de penetración está regulado por varios factores, entre los cuales se incluyen:

- Mayor humedad en el medio
- Respuestas tigmotróficas o de contacto.
- Sustancias químicas asociadas con aberturas tales como heridas, estomas y lenticelas (quimiotaxis)
- Respuestas nutricionales de los tubos germinativos hacia donde exista mayores concentraciones de azúcares y aminoácidos presentes en las raíces.

El movimiento de las zoosporas está regulado por los mismos factores.

**b) HUEVOS DE NEMÁTODOS:**

Los huevos de nemátodos requieren también de condiciones favorables de temperatura y humedad para iniciar su incubación.

El juvenil 2, que es el estadio que emerge del huevo y es el infectivo, es atraído hacia las raíces por ciertos factores químicos asociados con el crecimiento de la raíz, en particular el CO<sub>2</sub> y algunos aminoácidos.

**c) UNION DEL PATÓGENO AL HOSPEDANTE:**

Las esporas de los hongos, las bacterias y las semillas de plantas parásitas inicialmente son puestas en contacto con la superficie externa de los órganos de las plantas y deben unirse a la superficie para poder iniciar el proceso de penetración. Estas estructuras tienen su superficie cubiertas con mucílago los cuales al humedecerse se tornan pegajosos y ayudan al patógeno a adherirse a la planta.

Los tubos germinativos producen también sustancias mucilaginosas ya sea en toda su longitud o sólo en la punta.

Los virus, viroides, fitolasmias, bacterias fastidiosas vasculares y protozoarios son llevados directamente a las células de las plantas por sus vectores y son rodeadas inmediatamente por el citoplasma, por lo tanto no requieren de ningún mecanismo de adhesión propio.

**3. PENETRACIÓN**

Los patógenos penetran a la planta en forma directa, a través de aberturas naturales de las plantas o a través de heridas.

La penetración del patógeno no siempre produce infección.

**3.1. PENETRACIÓN DIRECTA**

Es común en varias especies de hongos, en la gran mayoría de los nemátodos y el único de las plantas parásitas. Ningún otro patógeno ingresa directamente.

Las esporas de los hongos germinan y forman un "apresorio" a partir del cual se forma una hifa fina denominada comúnmente "hifa infectiva" o "gancho de penetración" la cual perfora la cutícula y la pared celular mediante fuerza mecánica acompañados en varios casos por degradación enzimática de los nutrientes de la pared celular.

Las plantas parásitas forman también un apresorio y un gancho de penetración entre la zona de contacto de la radícula y la planta hospedante, y penetra igual que los hongos.

Los nemátodos penetran mediante una serie repetida de impulsos hacia delante y hacia atrás de sus estiletes. Esto produce una pequeña abertura en la pared celular de las plantas, lo cual permite que el nemátodo introduzca su estilete en la célula o que entre todo el nemátodo en ella.



Juveniles 2 de nemátodos



Detalle de estilete

### **3.2. PENETRACIÓN A TRAVÉS DE HERIDAS**

La mayoría de los hongos, todas las bacterias, algunos virus y todos los viroides penetran en las plantas a través de varios tipos de heridas.

Virus, viroides, fitoplasmas, bacterias fastidiosas vasculares, entran a la planta a través de heridas producidas por sus vectores.

Las heridas que utilizan los hongos y bacterias pueden ser viejas o recientes y se pueden constituir de tejidos lacerados o destruidos.

Las heridas se pueden producir:

- a) Por abrasión o rompimiento por el viento, arena, granizo, frío quemaduras.
- b) Por animales como insectos, nemátodos, gusanos y animales superiores.
- c) Prácticas agrícolas del hombre: deshierbo, injertos, trasplantes, cosecha, etc.
- d) Heridas naturales: cicatrices foliares, grietas de la raíz, emergencia de raíces secundarias, etc.
- e) Heridas ocasionadas por otros patógenos.

### **3.3. PENETRACIÓN A TRAVÉS DE ABERTURAS NATURALES**

Muchos hongos y bacterias entran a las plantas a través de sus estomas, pero algunas bacterias penetran a través de lenticelas, hidátodos y nectarios.

Las bacterias nadan en la película de agua y entran a través de estomas y se introducen en la cavidad subestomática donde inician la infección. Las bacterias pueden penetrar aunque los estomas estén cerrados.

Las esporas de los hongos germinan y el tubo germinativo penetra por el estoma y se empieza a desarrollar. Es frecuente la formación de un apresorio en el estoma y a partir de ahí se forma la hifa de penetración que crece y desarrolla en la cavidad subestomática, y de allí a otras células. Algunos tubos germinativos pueden penetrar incluso con estomas cerrados.

Por los hidátodos penetran algunas bacterias y algunos pocos hongos. Algunas bacterias también aprovechan los nectarios de las flores.

Las lenticelas localizadas en frutos, tallos, tubérculos sirven de entrada a algunos hongos y bacterias.

La entrada a través de estos orificios es una vía secundaria de menor eficiencia que las heridas.

## **4. INFECCIÓN**

Es el proceso mediante el cual los patógenos entran en contacto con las células o tejidos susceptibles de sus hospedantes en los cuales se producen suficientes nutrientes para ambos.

Durante la infección los patógenos se desarrollan y/o reproducen dentro de los tejidos de las plantas. Las infecciones efectivas producen los "síntomas", sin embargo, algunas infecciones permanecen latentes, es decir, no producen síntomas hasta que las condiciones del medio son más favorables o bien en otra etapa fenológica de la planta.

El **período de incubación** es el intervalo de tiempo comprendido entre la inoculación y la aparición de los síntomas.

Algunos patógenos obtienen sus nutrientes a partir de células vivas y con frecuencia no las destruyen (parásitos biotróficos); otros destruyen a las células y utilizan sus contenidos conforme los invaden (parásitos necrotrofos).

Durante el proceso de infección los patógenos liberan enzimas, toxinas y/o reguladores del crecimiento, que afectan la integridad estructural de las células del hospedante o bien sus procesos fisiológicos. En respuesta la

planta reacciona con gran variedad de mecanismos de defensa que brindan diferentes grados de protección de la planta ante el patógeno.

Para que se produzca la infección no basta con el contacto físico entre patógeno y hospedante, sino se debe cumplir algunas condiciones:

- El parásito debe estar en una etapa patogénica y virulenta.
- Que la planta esté en una etapa susceptible al patógeno.
- Que las condiciones de temperatura y humedad sean favorables para el patógeno.

Cuando todas esas condiciones son óptimas, el patógeno invade a la planta hospedante hasta el máximo de su potencial, incluso cuando la planta desarrolla mecanismos de defensa, y como consecuencia se produce la enfermedad.

## **5. COLONIZACION O INVASIÓN**

Los patógenos invaden de manera distinta y a diferentes niveles los tejidos de las plantas, así tenemos:

### **5.1 HONGOS Y PSEUDOHONGOS:**

Pueden presentar los siguientes niveles y tipo de invasión:

- Micelio superficial: Oidiosis.
- Micelio subcuticular: Sarna del manzano.
- La gran mayoría de los hongos y pseudohongos desarrollan en los tejidos de manera intracelular o intercelular.
- Los hongos que ocasionan marchitez vascular, invaden los vasos xilemáticos de las plantas.

### **5.2 BACTERIAS:**

Las bacterias invaden los tejidos de manera extracelular, aunque también pueden crecer dentro, cuando se disuelvan los constituyentes de la pared.

Las bacterias vasculares invaden los vasos xilemáticos.

### **5.3 NEMATODOS:**

Los nemátodos mayormente invaden a nivel intercelular, algunos pueden ser intracelulares. No invaden todo el tejido, perfora la célula con su estilete para alimentarse.

### **5.4 VIRUS, VIROIDES, FITOPLASMAS, BACTERIAS FASTIDIOSAS:**

- Los virus y viroides invaden todo tipo de célula vegetal viva. Los virus vasculares invaden los tubos cribosos del floema.

- Los fitoplasmas invaden los tubos cribosos del floema y probablemente algunas células parenquimáticas adyacentes.
- Las bacterias fastidiosas vasculares invaden los tubos cribosos del floema y los vasos xilemáticos.

Según el área de invasión, muchos patógenos invaden sólo unas cuantas células o una pequeña porción de la planta. Esto se puede mantener localizado o extenderse ligeramente a un ritmo lento. A los patógenos que presentan estas características se consideran que producen **"infecciones o enfermedades locales"**.

Otras infecciones se propagan más rápidamente y pueden extenderse sobre un órgano completo, una porción grande de la planta o toda la planta, denominándose a éstas **"infecciones o enfermedades sistémicas"**

Los Fitoplasmas, las bacterias fastidiosas vasculares, los virus y viroides son sistémicos, es decir, invaden la mayoría o todas las células susceptibles de una planta.

Los hongos y bacterias vasculares invaden sólo unos cuantos vasos de las raíces, del tallo o de la parte superior de las plantas infectadas, pero invaden la mayoría de los vasos xilemáticos en las etapas finales de la enfermedad. Se consideran también que son sistémicos.

Las Royas, Mildius y Carbones son también patógenos sistémicos.

## **6. CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN**

La mayoría de los patógenos, aunque produzcan una pequeña mancha, una infección amplia o la necrosis general de una planta, continúa creciendo y extendiéndose de manera indefinida dentro del hospedante infectado de tal manera que se propaga cada vez más en de los tejidos de la planta hasta que esta última muere o se detiene el desarrollo de la infección.

En algunos hongos, mientras las hifas jóvenes continúan su desarrollo, las hifas originales van muriendo y desaparecen, de tal manera que la planta infectada presenta varias zonas donde mantienen su actividad unidades distintas de micelio.

Los hongos vasculares producen y liberan sus esporas en el interior de los vasos y, al ser transportadas por el flujo de agua y savia, invaden los vasos lejos del micelio y al germinar producen más micelio que invaden otros vasos.

Las bacterias, fitoplasmas, virus, viroides, nemátodos y protozoarios no crecen de manera considerable, conforme transcurre el tiempo mantienen su forma y tamaño invariable durante toda su existencia. Estos invaden e infectan nuevos tejidos al reproducirse con gran rapidez y al aumentar su número de manera considerable en los tejidos que infectan.

Virus y viroides se movilizan a través de los plasmodesmos.

Virus, viroides, fitoplasmas, bacterias fastidiosas vasculares y protozoarios se movilizan a través del floema.

Las bacterias vasculares se movilizan a través del xilema.

Nemátodos y protozoarios, y en cierto grado las bacterias, pueden desplazarse por sí mismos en las células.

Los fitopatógenos se reproducen de distintas maneras:

Hongos: esporas asexuales y sexuales.

Plantas superiores parásitas: por semillas.

Bacterias, fitoplasmas y protozoarios: por mitosis.

Virus y viroides: por replicado dentro de la célula, como una fotocopidora.

Nemátodos: mediante huevos

La mayoría de hongos forman esporas en la superficie o inmediatamente debajo, subcuticular, subepidermal, y son errumpentes liberándose fácilmente.

Algunos hongos, incluyendo los vasculares, producen sus esporas al interior de los tejidos y sólo lo liberan cuando su hospedante muere y se desintegra.

Las plantas parásitas producen semillas en la parte aérea.

Los nemátodos ovipositan cerca o sobre la superficie del órgano invadido de la planta hospedante.

Las bacterias se reproducen entre las células o en su interior, y por lo general dentro de la planta hospedante; llegando a la superficie a través de heridas, grietas, etc. (exudación)

Virus, viroides, fitoplasmas y bacterias fastidiosas vasculares, sólo se reproducen al interior de las células hospedantes.

## **7. DISEMINACIÓN**

### **7.1 DISEMINACION ACTIVA:**

En este tipo de diseminación, los patógenos o sus propágulos utilizan su propia energía para desplazarse hacia nuevas planta.

- Los nemátodos, zoosporas de algunos hongos y bacterias se desplazan por sí mismas hasta cierta distancia. Las hifas y rizomorfos pueden germinar, desarrollarse a través del suelo y llegan a las raíces de las plantas adyacentes. Sin embargo este tipo de diseminación puede ser muy limitado.
- Las esporas de algunos hongos son expulsadas violentamente desde sus esporóforos o de esporocarpos mediante un mecanismo de presión

que da como resultado la descarga sucesiva o simultánea de esporas a más de un centímetro distancia por arriba del nivel del esporóforo.

- Las plantas superiores parásitas descargan sus semillas hasta varios metros de distancia.

## **7.2 DISEMINACION PASIVA:**

Casi toda la dispersión de los patógenos y/o esporas se llevan a cabo pasivamente con la participación de agentes de dispersión como el aire, el agua, insectos y otros animales y el hombre.

### **7.2.1 Diseminación por el viento.**

Principalmente disemina las esporas de los hongos que afectan la parte aérea de las plantas, a veces semillas de plantas parásitas.

Las esporas de los hongos que son secas son fácilmente arrancadas por las corrientes de aire y transportadas a diferentes distancias.

La mayoría de las esporas de los hongos son muy delicadas y sólo pueden ser trasladadas en forma efectiva unos cientos de metros o algunos kilómetros, sin embargo, las esporas de royas pueden ser transportadas a cientos de kilómetros y pueden ocasionar epifitias de amplia distribución geográfica.

Otros patógenos son transportados indirectamente por el viento al arrastrar suelo con bacterias y nemátodos, al transportar insectos vectores de virus, viroides, fitoplasmas, hacer rozar plantas sanas y enfermas, etc.

### **7.2.2 Diseminación por el agua.**

En el suelo, el agua de la lluvia o de riego arrastra bacterias, nemátodos, fragmentos de micelio, esporas y esclerotes de hongos.

En la parte aérea todas las bacterias y muchas esporas de hongos que son exudadas en mucílago, solamente son desprendidas por el agua de la lluvia o de los sistemas de riego.

El agua de lluvia y el de riego por aspersion atrapan las esporas que quedan suspendidas en el aire y las hace descender y las deposita en las superficies de las plantas.

Aunque el agua disemina a menores distancias que el viento, propicia el ambiente húmedo que requieren los patógenos para germinar y penetrar de inmediato.

### **7.2.3 Diseminación por insectos, ácaros, nemátodos y otros animales .**

**Insectos:** Los virus son transmitidos por áfidos y cigarritas principalmente, quienes lo llevan externa o internamente. Los Fitoplasmas y bacterias fastidiosas vasculares son transmitidos por cigarritas en forma interna.

Muchos otros insectos quedan impregnados externamente de esporas pegajosas de hongos y de bacterias, y las van depositando sobre las superficies de las plantas o en las heridas que ocasionan al alimentarse.

La distancia de diseminación depende del tipo de insecto, del tipo de asociación entre el patógeno y el insecto, y del viento.

**Acaros y nemátodos:** Internamente pueden transmitir virus. Externamente bacterias y esporas pegajosas de hongos.

La mayoría de los animales (pequeños o grandes) que se desplazan entre las plantas diseminan hongos, bacterias, semillas de plantas parásitas, nemátodos y también virus. La mayoría se adhieren a las patas o al cuerpo, pero algunos de ellos se encuentran en las partes bucales.

### **7.2.4 Diseminación por el hombre.**

El hombre en sus actividades culturales disemina muchos patógenos, por ejemplo, al manipular las plantas enfermas y sanas con la cual disemina virus como el TMV, hongos foliares; a través de herramientas contaminadas como tijeras de poda con la cual disemina bacterias, virus, viroides; al transportar tierras contaminadas en sus calzados o en el equipo agrícola; al utilizar recipientes contaminados; al realizar trasplantes; al usar semillas y yemas infectadas; al introducir nuevas variedades a una zona, región o país, y al importar alimentos u objetos que puedan tener fitopatógenos exóticos nocivos.

## **8. SOBREVIVENCIA DEL PATÓGENO**

Los patógenos pueden sobrevivir fuera de su hospedante desarrollándose en otros sustratos o en estado latente.

**Invernación:** Es la sobrevivencia en estado latente en temperaturas bajas de invierno.

**Estivación:** Es la sobrevivencia en estado latente en temperaturas altas y sequedad del verano.

**Hongos:** Sobreviven como micelio y esporas en los tejidos infectados como tallos con pudriciones, canchales.

Como micelio entre las escamas de las yemas dormantes, ejemplo Oidiosis. Como micelio, esporas, esporas de resistencia, esclerotes en los rastrojos y residuos.

Algunos hongos son habitantes del suelo y viven como saprófitos en la materia orgánica, por ejemplo *Pythium*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*.

Los parásitos obligados como las royas heteroicas que infectan dos hospedantes, una perenne y un anual, sobreviven en el hospedante perenne.

**Bacterias:** Se alojan en los tejidos de las plantas infectadas, semillas, tubérculos, residuos vegetales o en la materia orgánica del suelo.

Las bacterias muestran una tasa de supervivencia bastante baja cuando son poco abundantes y se encuentran libres en el suelo; pero sobreviven bien cuando se cubren con una cubierta polisacárida endurecida y mucilaginosa.

Algunas sobreviven en el cuerpo de insectos vectores.

**Virus, viroides, fitoplasmas, bacterias fastidiosas vasculares y protozoarios:** Sobreviven en tejidos vivos como las puntas y raíces de las plantas perennes, los órganos de propagación vegetativa y en las semillas botánicas de algunos hospedantes.

Algunos virus sobreviven dentro de unos insectos vectores, otros virus y viroides en las herramientas contaminadas y en residuos vegetales.

**Nemátodos:** En general sobreviven como huevos envueltos en una matriz gelatinosa, y pueden encontrarse en el suelo, en las raíces o en los residuos de éstas.

Algunos nemátodos producen etapas juveniles o adultas que pueden permanecer latentes en semillas, bulbos, suelo. Ejemplos: Quistes, anhidrobiosis, criogenia.

**Plantas parásitas:** Como semillas en el suelo, o en forma vegetativa en el hospedante.

## **TIPOS DE PATÓGENOS SEGÚN DURACIÓN DEL CICLO DE ENFERMEDAD**

1. **MONOCÍCLICO**: Desarrollan un solo ciclo de la enfermedad al año.  
Ejemplo:  
Carbones de cereales.  
Marchitez vascular  
Pudrición de raíces.
2. **POLICÍCLICO**: Produce más de un ciclo de enfermedad al año o por campaña (2 a 30). Son diseminados por el viento principalmente y causan epifitias explosivas.  
Tizón tardío o Rancho de la papa.  
Oidiosis.  
Manchas o tizones foliares.  
Royas de cereales.  
Mildius.
3. **POLIÉTICOS**: Requieren más de un año para completar su ciclo de enfermedad.  
Marchitez vascular y pudrición de raíces o médula por hongos en especies perennes

## **IDENTIFICACIÓN DE UNA ENFERMEDAD DESCONOCIDA** **"POSTULADOS DE KOCH"**

Cuando no se tiene la certeza de que un patógeno cause cierta enfermedad, o no existan registros anteriores de ello, entonces hay que considerar los siguientes pasos para comprobar nuestra hipótesis:

1. El patógeno debe encontrarse asociado con la enfermedad en todas las plantas que se examinen.
2. El patógeno debe aislarse y desarrollarse en un cultivo puro en medios nutritivos y se deben describir sus características (parásitos no obligados).  
O bien debe permitirse que se desarrolle en una planta hospedante susceptible (parásito obligado).
3. El patógeno aislado en cultivo puro debe ser inoculado en plantas sanas de las mismas especies o variedades en que apareció la enfermedad, y debe producir la misma enfermedad en la planta inoculada.
4. El patógeno debe reaislarse de las plantas inoculadas en un cultivo puro y sus características deben corresponder a las anotadas en el segundo punto.

Estos postulados no se puede cumplir en todos los casos, como en virus, viroides, fitoplasmas, bacterias fastidiosas vasculares y protozoarios porque no se pueden cultivar y no se pueden reintroducir a las plantas para reproducir los síntomas.

## EFECTO DEL AMBIENTE SOBRE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS

Las condiciones ambientales que predominan en la atmósfera y en el suelo, una vez que se ha establecido el contacto entre el patógeno y su hospedante, pueden influir considerablemente en el desarrollo de una enfermedad y con frecuencia constituyen el factor que determina si se producirá o no esa enfermedad.

Los factores del medio ambiente que afectan mayormente el inicio y desarrollo de las enfermedades infecciosas de las plantas son: la temperatura, la humedad, la luz, los nutrientes y el pH del suelo.

En general, influyen sobre el desarrollo y la susceptibilidad del hospedante, sobre la propagación y la actividad del patógeno, sobre la interacción entre ambos y sobre el desarrollo de los síntomas de la enfermedad.

Las condiciones ambientales suelen cambiar más o menos súbitamente con intensidad variable; estos cambios afectan en forma más o menos drástica el desarrollo de las enfermedades en proceso o el inicio de otras nuevas. Naturalmente un cambio en cualquier factor del medio suele favorecer al hospedante, al patógeno, o a ambos, incluso puede favorecer más a uno que al otro, por lo que el curso de una enfermedad se verá afectada de acuerdo con ello.

### I. EFECTO DE LA TEMPERATURA

Tanto las plantas como los patógenos requieren de temperaturas mínimas para poder desarrollarse y efectuar sus actividades.

En las regiones templadas las temperaturas que prevalecen durante el invierno, a fines de otoño y a principios de la primavera, están por debajo del mínimo requerido por los patógenos, por lo tanto, no se producen enfermedades en esas épocas, y las que han logrado cierto avance se interrumpen.

Los patógenos difieren entre sí en cuanto a su preferencia por las temperaturas más altas o más bajas.

<i>Fusarium nivale</i>	"Moho nevado de los cereales", requiere temperaturas bajas.
<i>Phytophthora infestans</i>	Es más virulento en zonas frías, mientras que en los subtrópicos sólo es virulento durante los inviernos.

La mayoría de las enfermedades se ven favorecidas por las altas temperaturas, por lo tanto prevalecen en áreas y estaciones en las que las temperaturas son altas. Ejemplo: *Monilinia fruticola*, *Ralstonia*

*solanacearum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora citrophthora*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii*.

Relaciones que se establecen entre patógeno y hospedante con la temperatura:

1. Si la temperatura es óptima para el desarrollo del patógeno y está por arriba o por debajo para el desarrollo de hospedante, entonces la enfermedad desarrolla rápidamente.
2. Si la temperatura es óptima para el desarrollo del hospedante y está por arriba o por debajo para el desarrollo del patógeno, entonces la enfermedad se ve entorpecida.
3. Si las temperaturas mínimas, óptimas y máximas son similares para el patógeno y para el hospedante, entonces la temperatura beneficia al patógeno, el cual se activa a la temperatura óptima y el hospedante no puede contenerlo.
4. Muchas enfermedades se desarrollan a temperaturas que no son las óptimas ni para la planta ni para el patógeno. Esto se debe a que el hospedante muestra un desarrollo mínimo con respecto al patógeno. Ambas se debilitan pero aun un patógeno debilitado puede acarrear un máximo de enfermedad.

En el caso de los virus, experimentalmente, se ha determinado que la temperatura influye en la facilidad con la que los virus infectan a la planta, la posibilidad de que se propaguen o no en ellas y en caso de lograrlo, determina también la variabilidad de síntomas que se producen. Ejemplo:

- Virus que producen amarillamientos y enrollamientos son más severos en verano.
- Virus que producen mosaicos o manchas anilladas son más acentuados en primavera.

## II. EFECTO DE LA HUMEDAD

La humedad puede presentarse en forma de lluvia o agua de riego, sobre la superficie de la planta o en torno a las raíces de ésta, como humedad relativa en la atmósfera y como rocío.

- a) El efecto más importante de la humedad al parecer se centra sobre la germinación de las esporas de los hongos y la formación del tubo germinativo en el hospedante.
- b) La humedad activa a las bacterias, hongos y nemátodos fitoparásitos, los cuales pueden infectar a las plantas.
- c) La humedad en forma de salpicaduras de lluvia y el agua corriente desempeñan un papel importante en la distribución y diseminación de medios de un patógeno sobre la misma planta o de una misma planta a otra.

- d) La humedad incrementa la succulencia de las plantas hospedantes, aumentando así de manera considerable su susceptibilidad a ciertos patógenos.

La aparición de muchas enfermedades y el número de ciclos de éstas en una zona se relaciona estrechamente con la cantidad y distribución de la precipitación durante todo el año, el número de precipitaciones por estación y la duración de la precipitación. Ejemplo: Rancho de la papa, Sarna del manzano, Mildius; aparecen o son más severos en áreas o épocas donde la precipitación es alta o la humedad relativa es considerable.

En el caso de enfermedades producidas por hongos la humedad actúa sobre la formación y longevidad de las esporas y en particular sobre su germinación. La mayoría de hongos patógenos requieren agua libre sobre su hospedante o de una alta Humedad Relativa sólo para germinar sus esporas y llegan a ser independientes una vez que obtienen agua y nutrientes a partir de su hospedante. Sin embargo algunos patógenos como *Phytophthora infestans* y los mildius requieren que haya por lo menos una alta H. R. durante todo su desarrollo. En estos casos la esporulación del patógeno y los síntomas que ocasionan se inhiben tan pronto como llegan los climas cálidos y secos y sólo se reanudan hasta cuando llueva o retorne el tiempo húmedo.

En muchos hongos, la humedad influye en la liberación de las esporas de los esporóforos.

Las oidiosis son más severas cuando la H. R. es baja (50 - 70%), por lo tanto el tiempo húmedo limita a esta enfermedad. Por este motivo las oidiosis son más comunes y más severas en regiones más secas del orbe y su importancia relativa disminuye conforme aumenta la precipitación.

#### **Influencia de la humedad del suelo en enfermedades de raíces y órganos subterráneos:**

En el caso de *Pythium* y *Phytophthora*, que causan chupaderas y pudriciones de raíces, la severidad de la enfermedad es directamente proporcional a la humedad del suelo, siendo máxima cerca del punto de saturación. Esto debido a que favorece la propagación del patógeno que es mediante zoosporas.

*Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y nemátodos, producen síntomas más severos cuando el suelo está húmedo pero no inundado.

*Streptomyces scabies*, la Sarna Común de la papa, es más severo en suelos secos.

La mayoría de enfermedades bacterianas se ven favorecidas por la alta humedad del suelo o por la alta Humedad Relativa. Las bacterias penetran a través de heridas o aberturas naturales con ayuda del agua libre. Una vez que se han establecido, se propagan con mayor rapidez y muestran una mayor actividad durante el tiempo húmedo, debido probablemente a que las plantas al absorber una cantidad mucho mayor de agua y volverse suculentas, proporcionan las altas concentraciones de agua que favorece a las bacterias. Una mayor actividad causa más daño y permite la liberación de muchas de ellas a la superficie de la planta, donde tienen más posibilidad de iniciar más infección en caso de que el tiempo húmedo continúe.

### III. EFECTO DEL VIENTO

El viento influye sobre las enfermedades infecciosas principalmente por la importancia que tiene en la diseminación de los fitopatógenos y, en menor grado, ayuda la rápida desecación de las superficies húmedas de las plantas

La mayoría de las enfermedades de las plantas que se diseminan con rapidez y pueden alcanzar proporciones epifíticas son ocasionadas por patógenos que son diseminados directamente por el viento o por agentes vectores que pueden ser transportados por el viento.

Ejemplo: Las Uredosporas de las royas, las Oidias de las oidiosis y muchas conidias de hongos que producen manchas foliares, son transportadas por el viento hasta varios kilómetros de distancia.

El viento es aún más importante cuando va aunado a la lluvia. La lluvia acarreada por el viento facilita la liberación de las esporas y bacterias de los tejidos infectados y los lleva por el aire depositándolos sobre superficies húmedas las cuales pueden ser infectadas de inmediato.

El viento daña mecánicamente las superficies de las plantas cuando las azota y las frota entre sí, esto facilita la infección por muchos hongos y bacterias y también por algunos virus que se transmiten mecánicamente. En ocasiones el viento facilita la prevención de las enfermedades al acelerar la desecación de las superficies húmedas de las plantas, inhibiendo de esta manera la actividad de muchos propágulos.

### IV. EFECTO DE LA LUZ

El efecto de la luz natural tiene mucha menor importancia que la temperatura y la humedad.

La baja intensidad lumínica produce plantas etioladas las cuales son más susceptibles a muchos parásitos facultativos como *Botrytis* en lechuga y tomate, *Fusarium* en tomate. Pero éstas se vuelven menos susceptibles a algunos parásitos obligados como la Roya del tallo del trigo.

La disminución de la luz incrementa la susceptibilidad de las plantas a los virus, si es que esto sucede antes de la inoculación. Por otro lado la baja luminosidad después de producida la inoculación tienden a enmascarar los síntomas de algunas enfermedades virales que son más severas cuando las plantas desarrollan en condiciones normales de iluminación.

## V. EFECTO DEL pH DEL SUELO

El efecto se observa en enfermedades producidas por patógenos que viven en el suelo. La mayoría de éstos son abundantes en suelos que tienen pH entre 6.5 y 7.5, pero existen excepciones. Ejemplo:

*Plasmodiophora brassicae*, "hernia de la col" es más predominante o severa a un pH de 5.7, decae su desarrollo a pH entre 5.7 y 6.2, y se inhibe por completo a un pH de 7.8.

*Fusarium spp.* son favorecidos por pH que están entre 6 y 6.5

La acidez del suelo afecta principalmente al patógeno, aunque en otras enfermedades el debilitamiento del hospedante debido a una nutrición desbalanceada, inducida por la acidez del suelo, puede afectar la incidencia y la severidad de la enfermedad.

## VI. EFECTO DE LA NUTRICIÓN DE LA PLANTA HOSPEDANTE

La nutrición influye en la velocidad de crecimiento y en la rapidez de las plantas para defenderse del ataque de patógenos.

La abundancia de N se refleja en la producción de tejidos joven y succulento que puede prolongar la fase vegetativa, retarda la madurez de las plantas haciéndolas más susceptibles a los patógenos que prefieren este tipo de tejidos.

*Erwinia amylovora*

*Puccinia graminis*

*Erysiphe graminis*

La falta de N hace que las plantas se debiliten, crezcan más lento y envejecan rápidamente, haciéndolas más susceptibles a los patógenos que tienen así más posibilidad de atacar a plantas débiles y de crecimiento lento.

*Fusarium oxysporum*

*Alternaria solani*

*Ralstonia solanacearum*

Es posible que la forma del N que disponen las plantas y los patógenos sea lo que en realidad afecte la severidad de la enfermedad o la resistencia de la planta.

En las numerosas enfermedades de suelo, donde se tratan a las plantas con N, casi todas aumentan o disminuyen su severidad con un tipo de nitrógeno (amoniaco o nitrato) que se les proporciona.

*Plasmodiophora brassicae*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium spp.* incrementan su severidad cuando se les aplica N en forma de amonio.

*Streptomyces scabies* es favorecido por en forma de Nitrato.

El amonio disminuye el pH del suelo y el Nitrato lo eleva, al parecer, éste es el efecto de la fuente de nitrógeno.

El fósforo aumenta la resistencia de las plantas al mejorar su equilibrio de nutrientes o al acelerar la madurez del cultivo, permitiendo que escape de la infección causada por los patógenos que prefieren los tejidos tiernos.

El potasio disminuye la severidad de muchas enfermedades. Promueve la cicatrización de las heridas. Aumenta la resistencia de la planta a los daños causados por las heladas.

El calcio reduce la severidad de varias enfermedades causadas por patógenos de raíz y/o tallo. El efecto del calcio sobre la resistencia a las enfermedades parece deberse a su efecto sobre la composición de las paredes celulares y a la resistencia que antepone a la penetración de los patógenos en la planta hospedante.

En general las plantas que reciben una nutrición equilibrada y los elementos requeridos si abastecen las cantidades adecuadas, tienen una mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y limitar las ya existentes, que cuando uno o más nutrientes se obtiene en cantidades excesivas o deficientes.