



# RELACIÓN HOSPEDANTE- PATOGENO

**Prof.a Yonis Hernández**

# ESTUDIO DE UNA ENFERMEDAD

- Sintomatología
- Etiología
- Patogénesis (Relación hospedante-patógeno)
- Epidemiología
- Control

**Hospedante:** Planta que es afectada por un parásito y de la cual este obtiene sus nutrientes

**Patógeno:** Entidad que causa enfermedad

# PATOGENICIDAD

-  Capacidad de ciertos organismos para incitar el desarrollo de una enfermedad infecciosa (Rivera, 1999).
-  Capacidad de un organismo para causar enfermedad (Arauz, 1998)
-  Patogenicidad --- Relación de Parasitismo
-  **Patogénesis:** Proceso completo de causa de enfermedad. Secuencia de eventos

# PARASITISMO Y PATOGENICIDAD

## PARASITO:

Organismo que vive ya sea fuera o dentro de otro organismo del cual obtiene su alimento

**Patógeno:** Entidad que causa enfermedad

## PARASITISMO:

Agrios (2005). Relación que se establece entre un parasito y su hospedante.

Arauz (1998). Relación entre dos especies en la cual una, denominada parasito, se alimenta de las otra denominada hospedante, mediante la absorción por períodos prolongados de la utilización directa de sustancias elaboradas por esta.

Parasito de plantas: FITOPARASITO

Patógeno de plantas: FITOPATÓGENO

### **PARASITO OBLIGADO**

Organismos que en la naturaleza solo crecen y se desarrollan en sus hospedantes, Ej: virus, viroides, hongos, nematodos, protozoarios, que causan cenicillas, royas y algunas bacterias fastidiosas vasculares.

### **PARASITO NO OBLIGADO**

Organismo que puede desarrollarse ya sea sobre hospedantes vivos o muertos;

### **SAPROFITOS FACULTATIVOS:**

Gran parte de su ciclo de vida como patógeno y en algunas condiciones puede desarrollarse de manera saprofita sobre la materia orgánica muerta.

### **PARASITOS FACULTATIVOS:**

Mayor parte de su vida en la materia orgánica muerta y se adaptan bien a ella pero dadas ciertas condiciones pueden atacar a las plantas vivas.

 No hay correlación entre el grado de parasitismo de un patógeno y la severidad de la enfermedad.

## ■ PARÁSITOS OBLIGADOS Y NO OBLIGADOS

Difieren en la forma en que atacan a sus hospedantes y obtienen sus nutrientes a partir de él.

■ PARÁSITOS NO OBLIGADOS secretan: Toxinas

Enzimas

■ Destruyen la célula

Parásitos obligados y algunos no obligados:

No destruyen a las células de sus hospedantes.

## RANGO DE HOSPEDANTE

Patógenos difieren en:

- ✚ Tipo de planta que afectan
- ✚ Órganos y tejidos que infectan
- ✚ Edad de la planta

Algunos específicos de una especie en particular o de cierto genero de plantas

Otros amplio rango que incluye a muchos grupos taxonómicos.

Parásitos obligados generalmente bastante específicos.

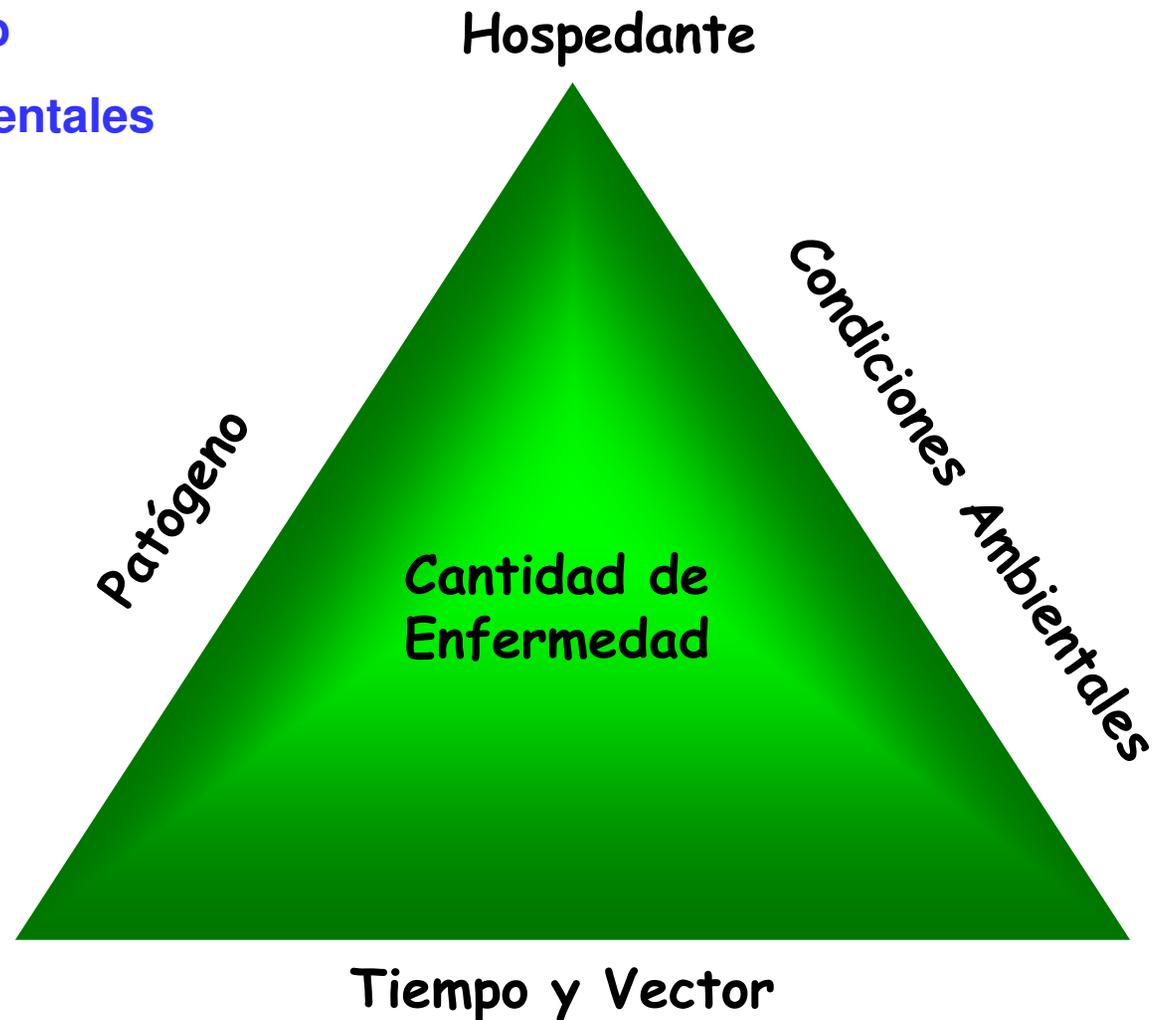
	NECROTROFOS	BIOTROFOS	HEMIBIOTROFOS
Estrategia de ataque	Segregan toxinas y enzimas degradadoras de pared celular.	Establecen íntimo contacto intracelular con el hospedero	Fase inicial biotrófica y luego pasan a Necrotrofos
Características de la Interacción	Dstrucción y maceración de tejidos previo a la colonización.	Tejidos de la planta permanecen vivos. Hay un daño mínimo a la planta	Tejidos vivos al inicio y en fase final hay destrucción masiva
Rango de Hospedero	Amplio	Por lo general, una sola especie es atacada	Intermedio
Ejemplos	<i>Erwinia</i> , <i>Pectobacterium</i> <i>Botrytis cinerea</i>	Mildiu polvoriento y royas. Virus, nemátodos. <i>Xylella</i> , <i>Agrobacterium</i>	<i>Phytophthora infestans</i>

## DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD

Planta susceptible

Patógeno virulento

Condiciones ambientales



# ETAPAS EN EL DESARROLLO DE LAS ENFERMEDADES

**CICLO DE LA ENFERMEDAD:** Eventos sucesivos mas o menos distintos que propician el desarrollo y la prevalencia de la enfermedad y del patógeno.

**EL CICLO INCLUYE:** los cambios y síntomas que sufre una planta así como los que se producen en los patógenos y los periodos comprendidos en estación de crecimiento al cabo de estaciones de crecimiento consecutivos.

# EVENTOS EN EL DESARROLLO DE UNA ENFERMEDAD

 Inoculación

 Prepenetración - Penetración

 Infección

 Colonización (Invasión)

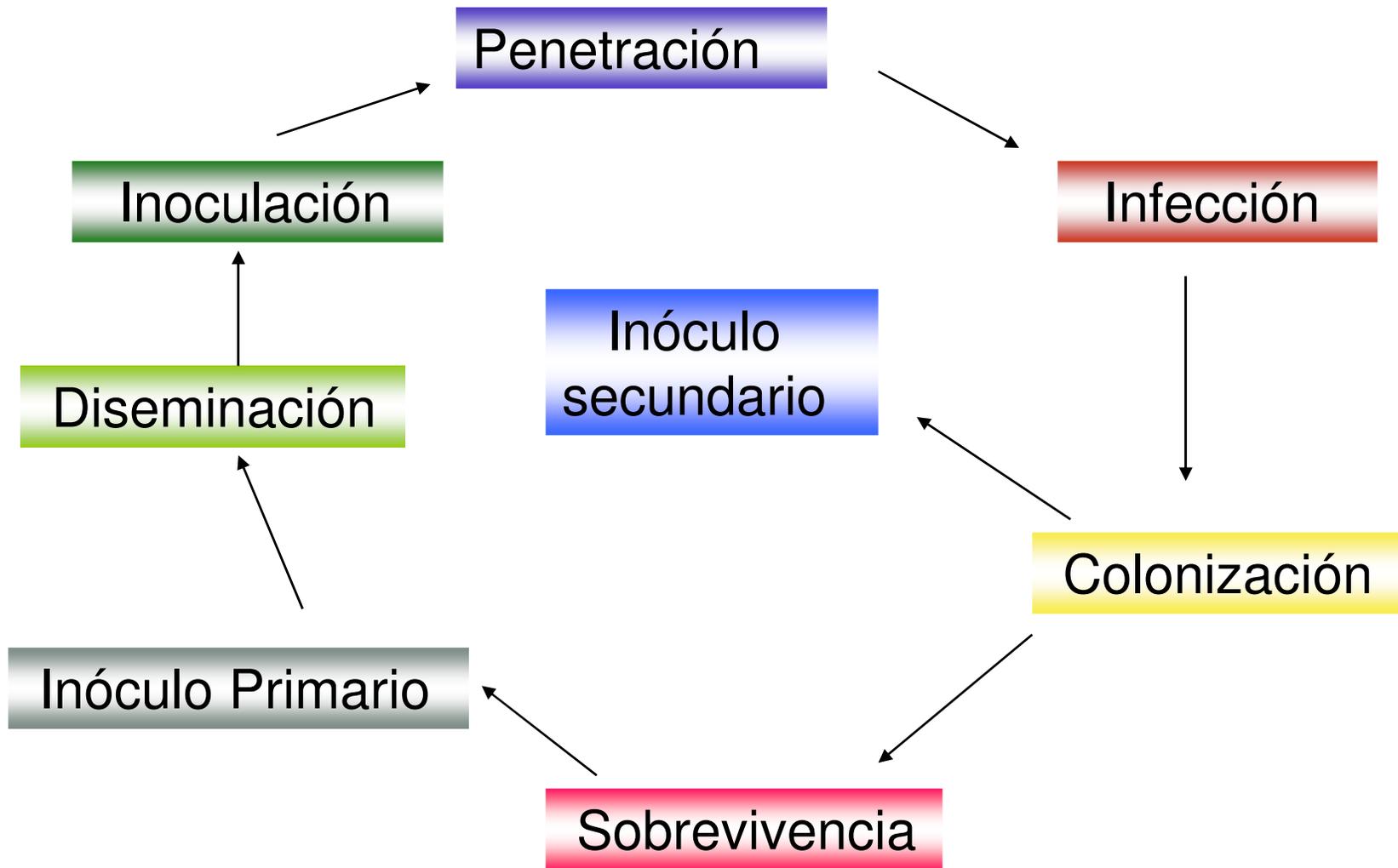
 Crecimiento

 Reproducción

 Dispersión y Supervivencia del patógeno

# EVENTOS EN EL DESARROLLO DE UNA ENFERMEDAD





## ETAPAS PRINCIPALES DEL CICLO DE LA ENFERMEDAD

## 1.-INOCULACIÓN:

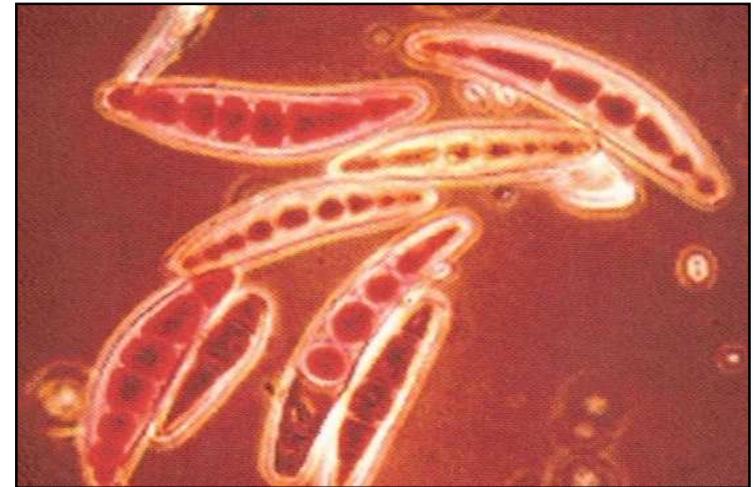
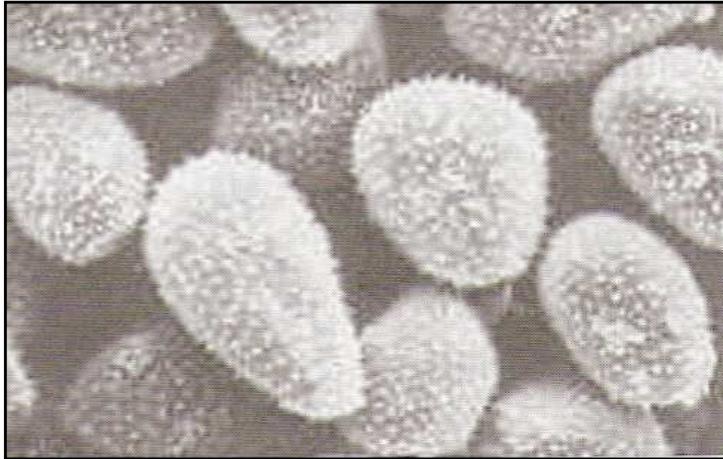
Proceso mediante el cual un patógeno y su hospedante entran en contacto.

### INÓCULO:

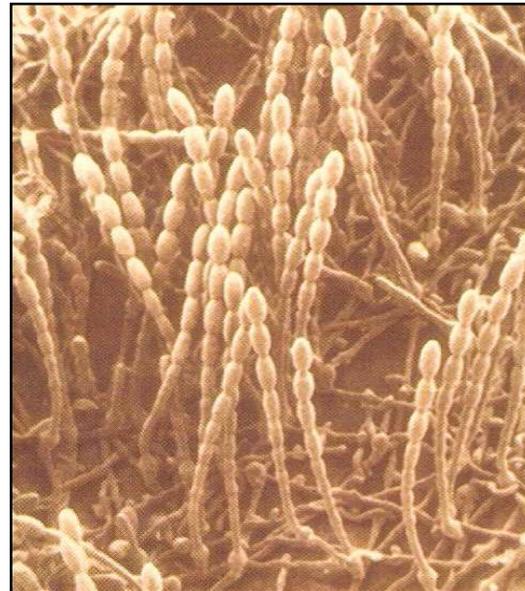
Patógeno(s) que llegan a la planta.

Cualquier parte del patógeno que puede producir infección.

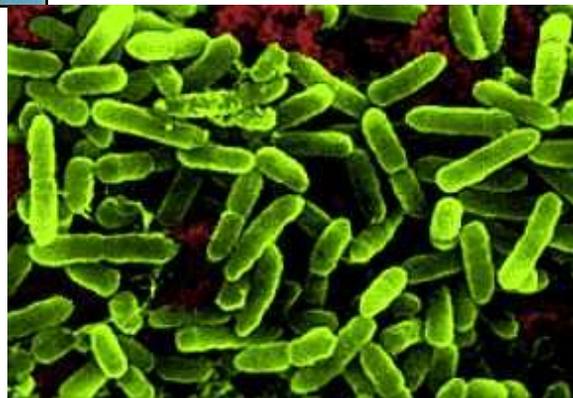
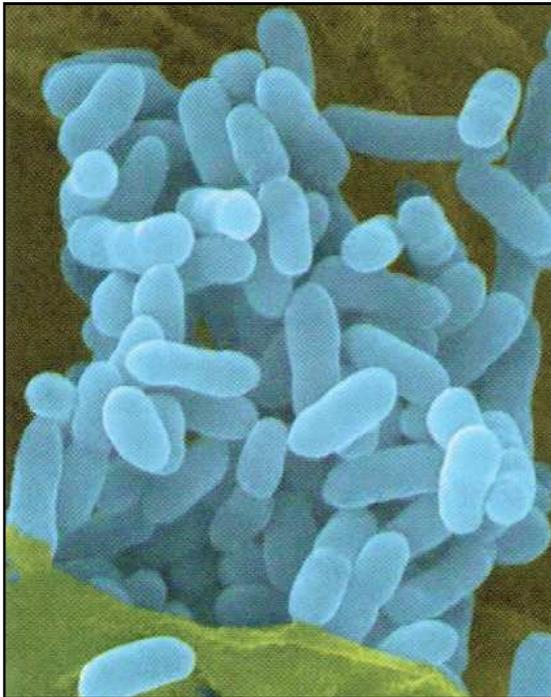
# TIPOS DE INOCULO



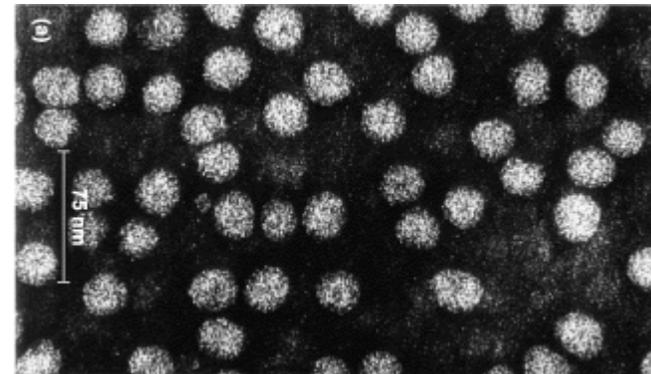
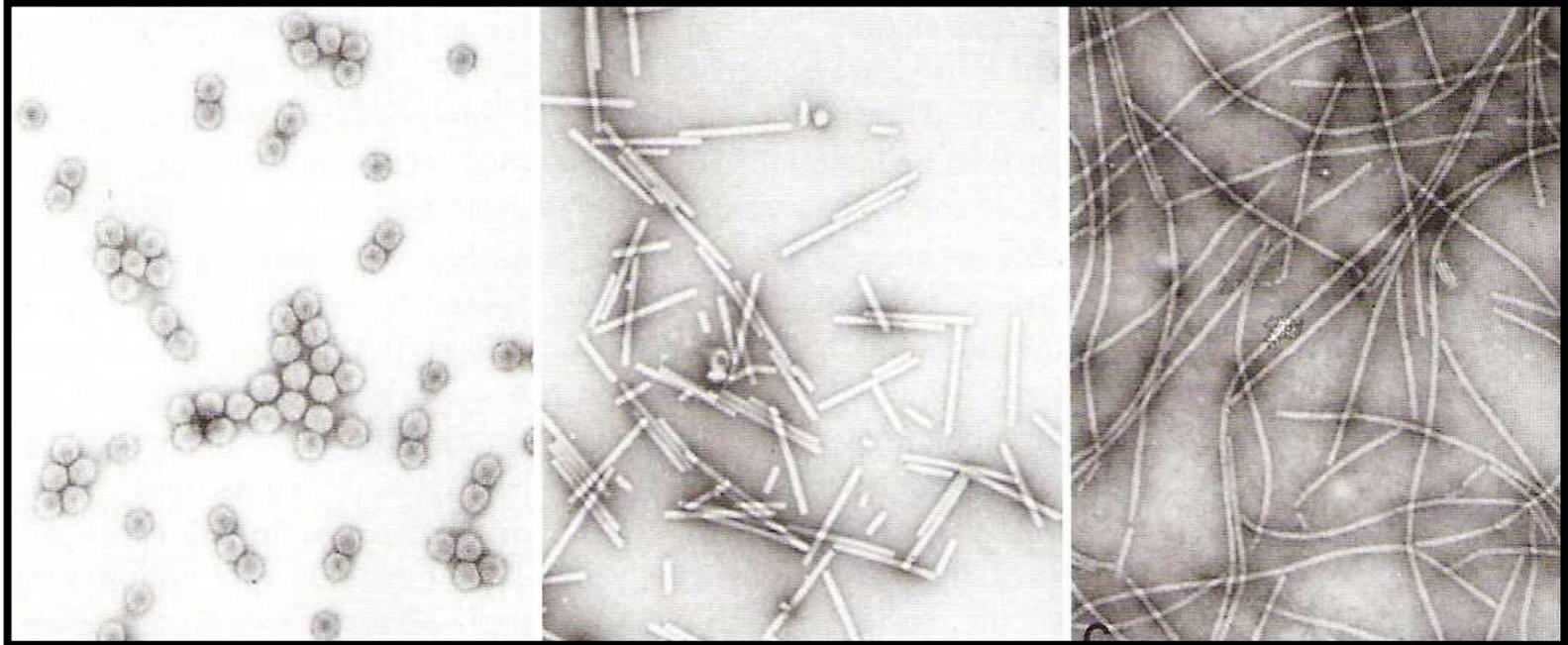
## Hongos



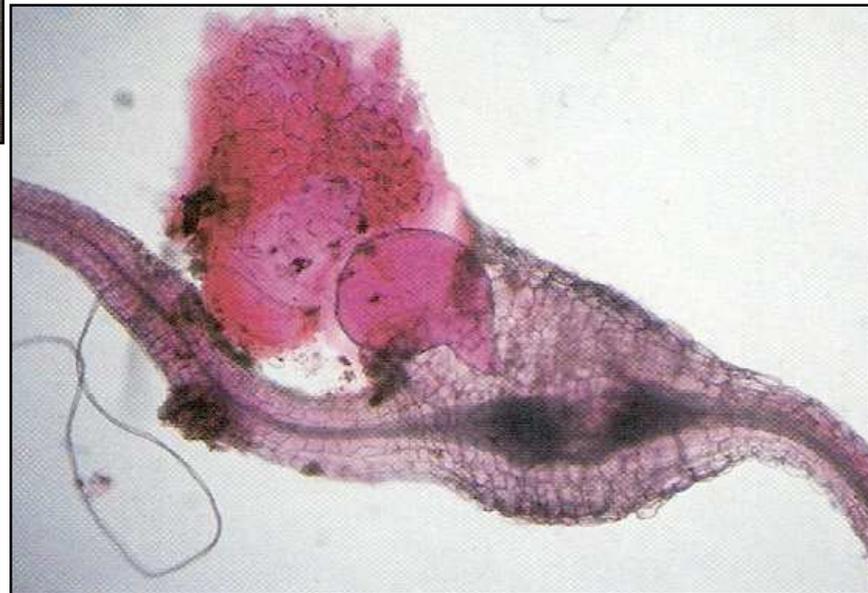
# Bacterias



# Virus



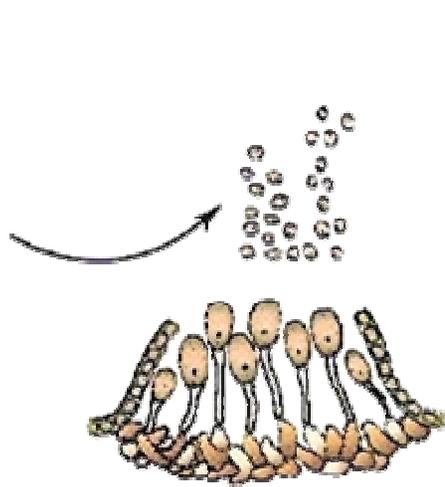
# Nematodos



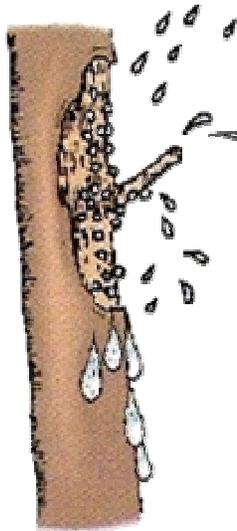
# FACTORES QUE AFECTAN LA INOCULACIÓN

- 1-. Tipo de inóculo
- 2-. Distancia de la fuente de inóculo
- 3-. Condiciones ambientales

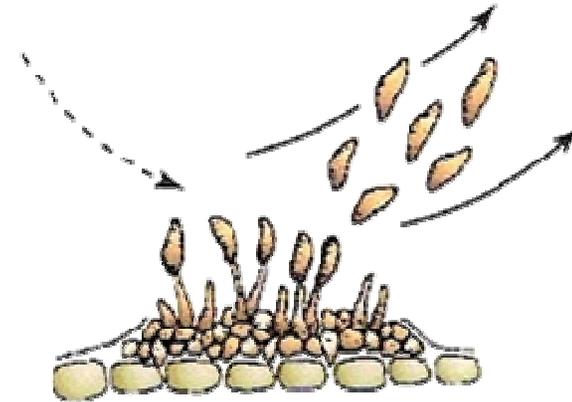
# MEDIOS DE DISEMINACIÓN DE HONGOS, BACTERIAS Y VIRUS



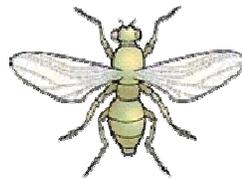
Viento



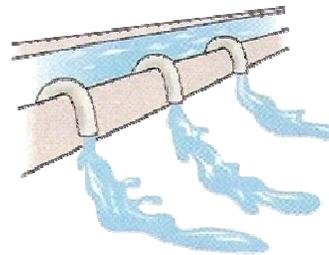
Salpique por  
Agua de lluvia



Gotas lluvia llevadas  
por el viento



Insectos



Riego o Inundación

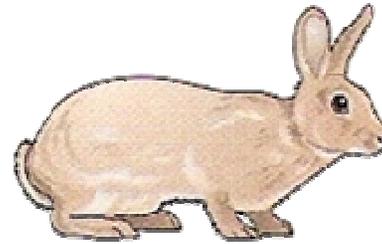
# MEDIOS DE DISEMINACIÓN DE HONGOS, BACTERIAS Y VIRUS



**Semillas  
contaminadas**



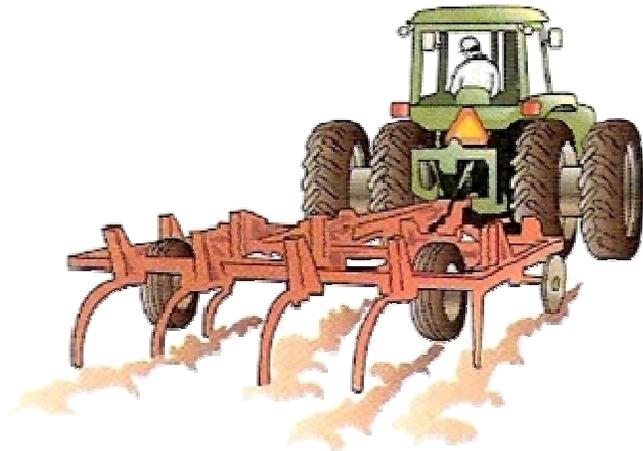
**Transplante  
infectados**



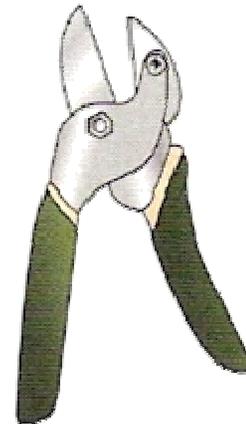
**Animales**



**Botas o zapatos**



**Tractores o implementos**



**Tijeras, cuchillo u otras  
herramientas**

# ***Eventos en el desarrollo de una enfermedad***

## **2-. Pre-penetración**

### **Adherencia del patógeno al hospedante**

**Hongos, bacterias, plantas superiores parásitas**

#### **Sustancias mucilaginosas:**

**agua soluble**

**polisacáridos**

**glicoproteínas**

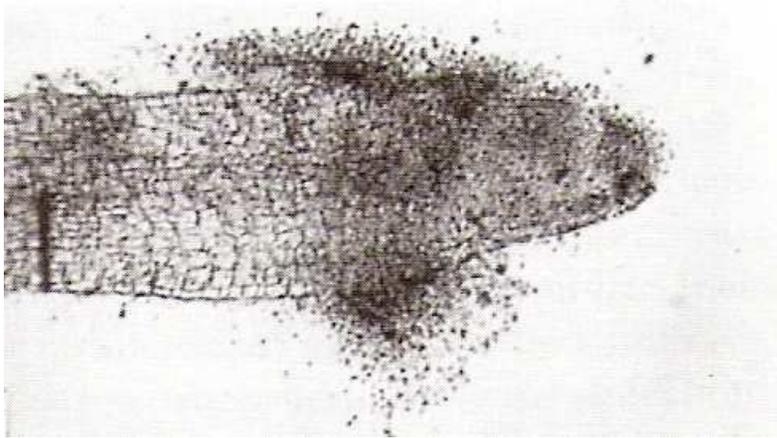
**lípidos**

**Material fibrilar**

**Atracción y germinación de esporas: exudados radicales, azúcares, aminoácidos.**

# PREPENETRACIÓN

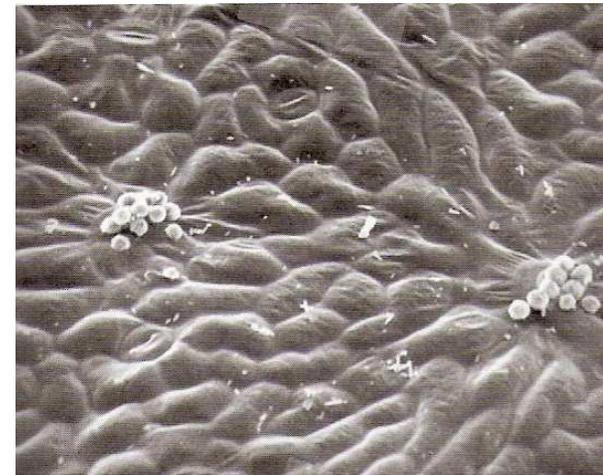
*Eventos en el desarrollo de una enfermedad*



**Atracción de zoosporas de *Phytophthora cinnamomi* sobre raíces de una variedad de arandano susceptible**



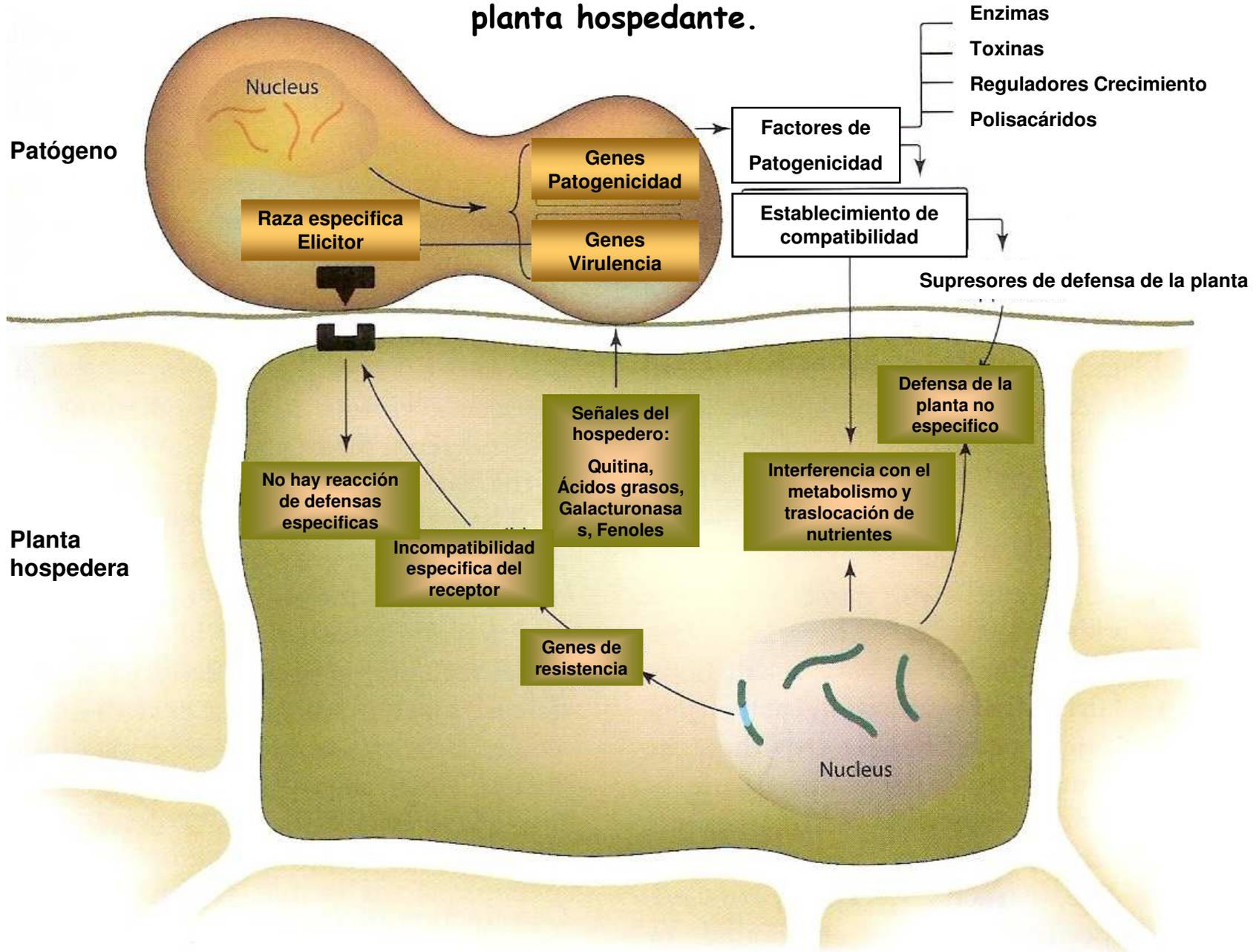
**Células de *Pseudomonas syringae* pueden ser vistas alrededor de los estomas en hojas de cerezo**



**Dos grupos de zoosporas de mildiu en uva cerca de los estomas de las hojas**

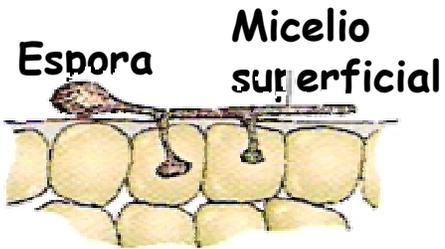
# FENÓMENO DE RECONOCIMIENTO

Establecimiento de infección en una reacción compatible entre un patógeno y su planta hospedante.

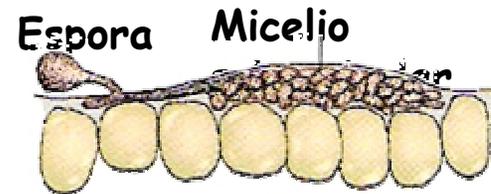


### 3-. PENETRACIÓN DIRECTA

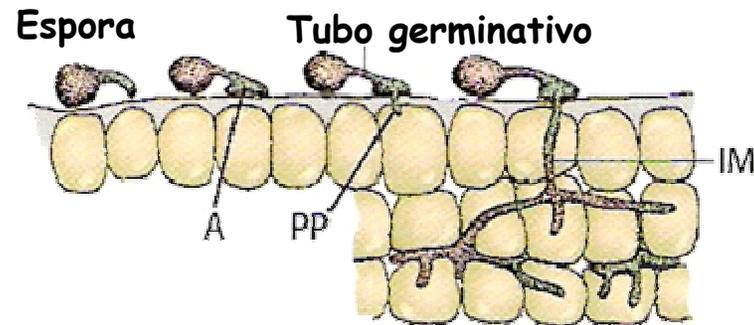
*Eventos en el desarrollo de una enfermedad*



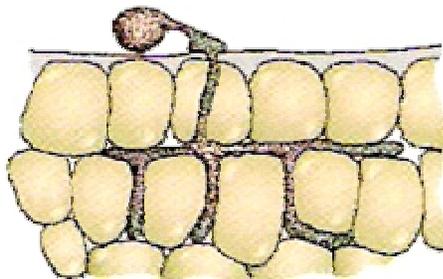
Directo con el haustorio



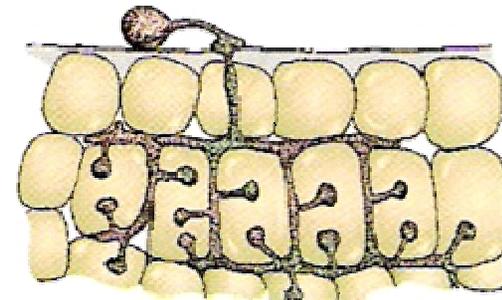
Directo, solo subcuticular



Directo con el apresorio (A), Penetración Fija (PP), y Micelio intracelular (IM).



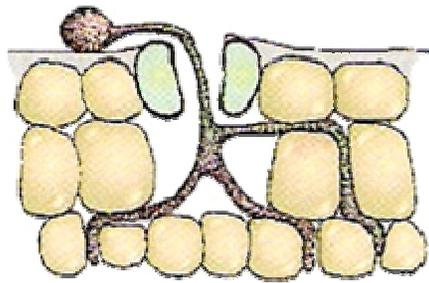
Directo, micelio intercelular



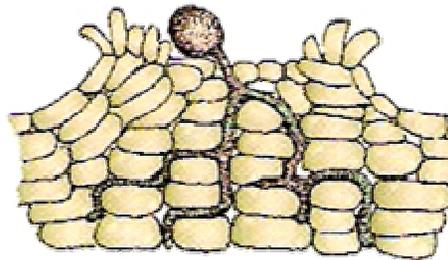
Directo, micelio intercelular con haustorio

# PENETRACIÓN ABERTURAS NATURALES

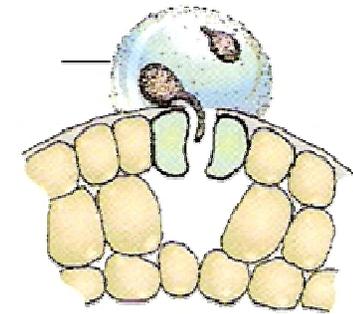
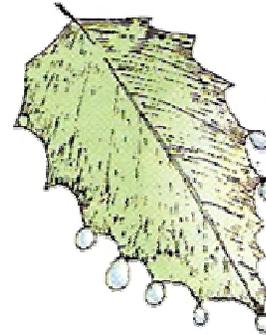
*Eventos en el desarrollo de una enfermedad*



**Estomas**

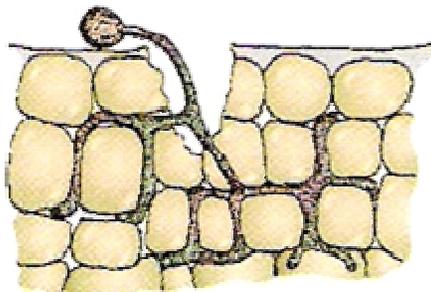


**Lenticelas**

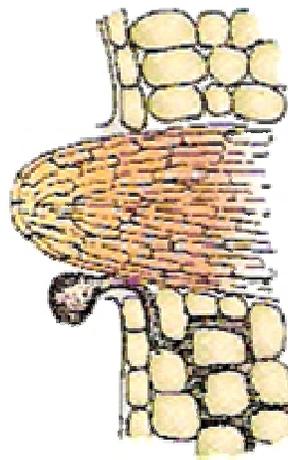


**Hidátodos**

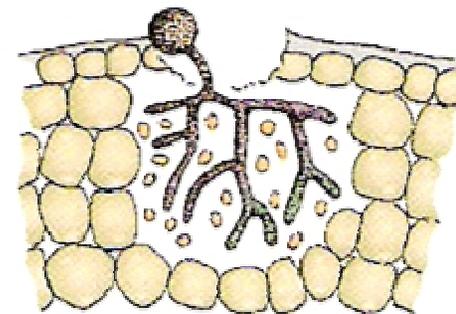
# PENETRACIÓN POR ABERTURAS NATURALES Y HERIDAS



**Heridas**



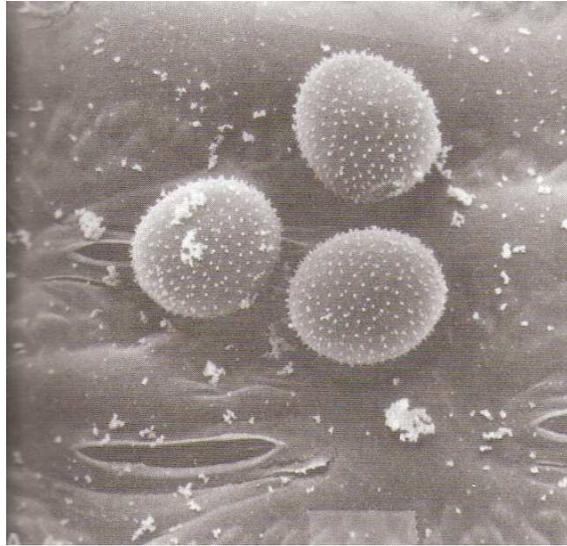
**Heridas naturales entre las raíz principal y secundaria**



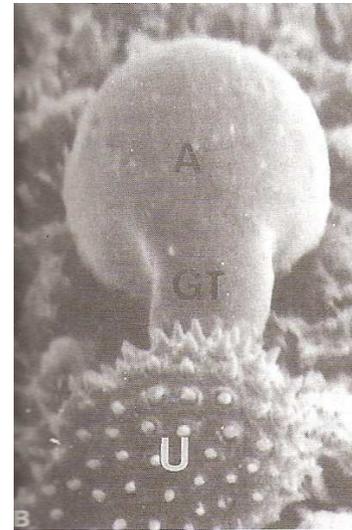
# GERMINACIÓN Y PENETRACIÓN POR HONGOS

*Eventos en el desarrollo de una enfermedad*

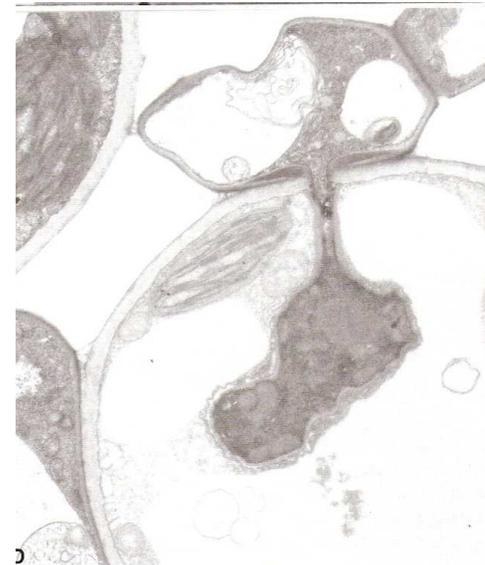
Uredosporas de "Roya", sobre los estomas de hojas de grama



La uredospora germina y produce un tubo germinativo con un apresorio

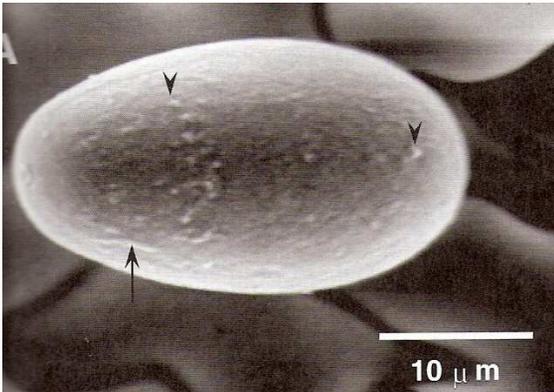


Luego penetración del apresorio a través del estoma

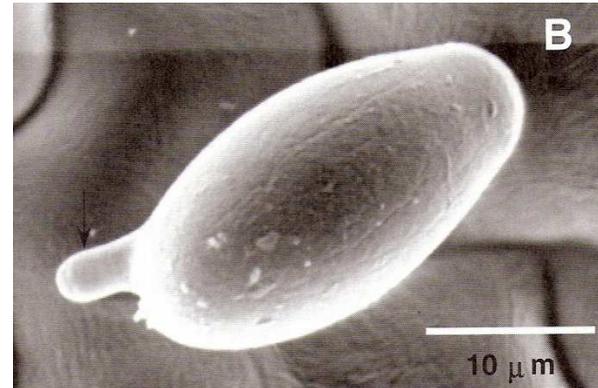


Un haustorio de Roya dentro de la célula hospedera.

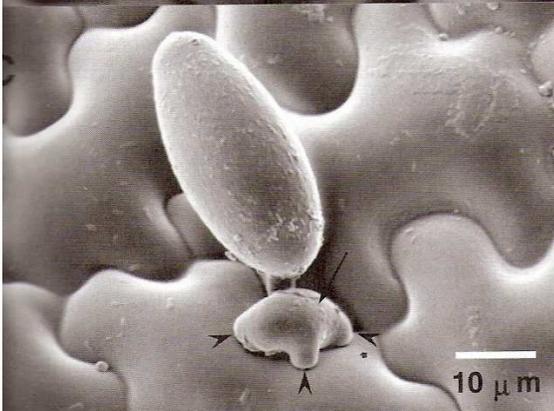
# Micrografía electrónica de las fases de infección en una hoja de tomate por un conidio de *Mildiu Polvoriento* (*Oidium neolycopersici*)



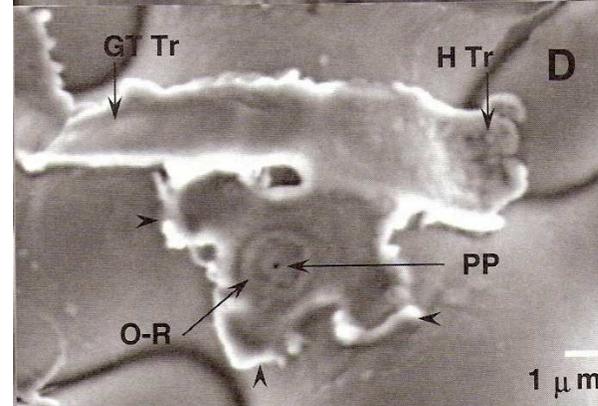
Conidio



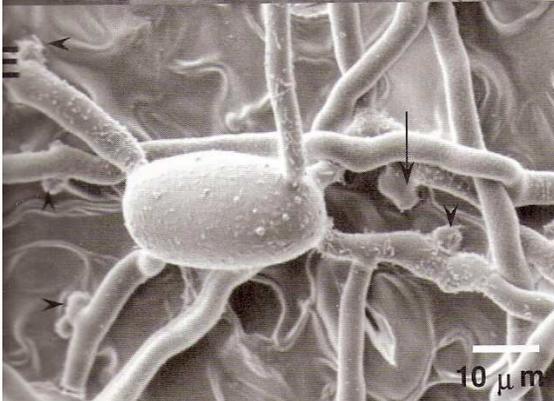
Conidio con un tubo germinativo



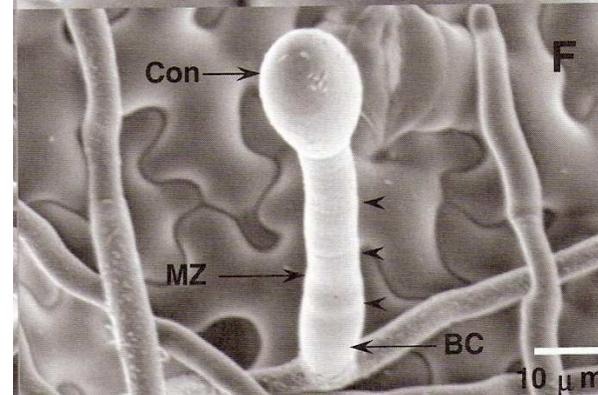
Formación del apresorio al final del tubo germinativo 10 h después de la inoculación.



Agujero circular en el centro del apresorio que muestra el poro de penetración

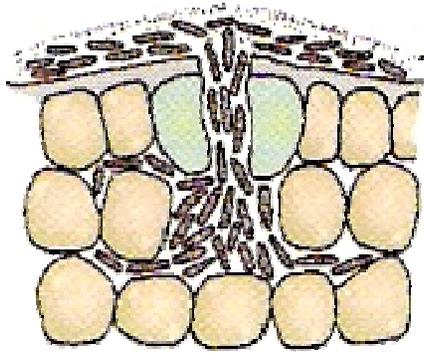


Micelio y pares de hifas apresorias

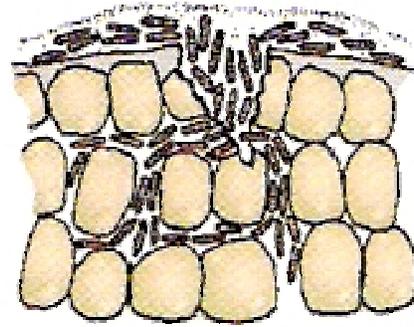


Un conidioforo sosteniendo un conidio

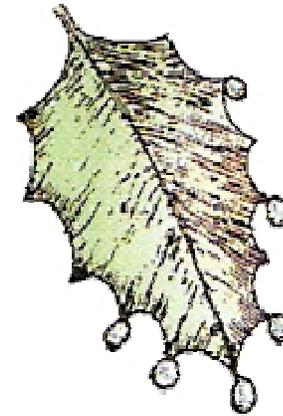
# FORMAS DE PENETRACIÓN E INVASIÓN POR BACTERIAS



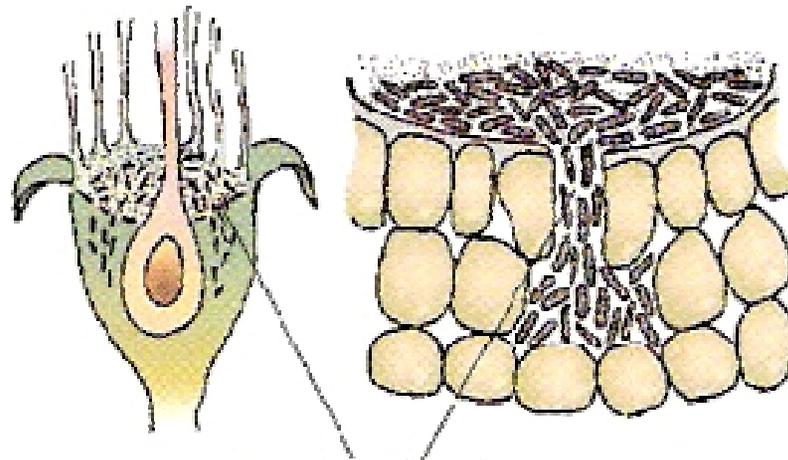
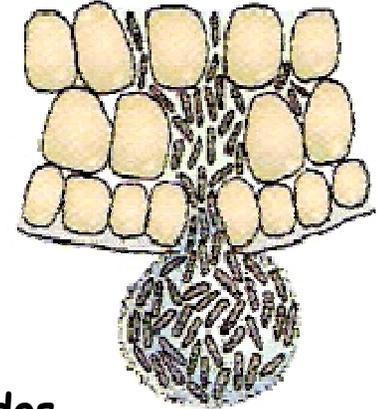
**Estomas**



**Heridas**

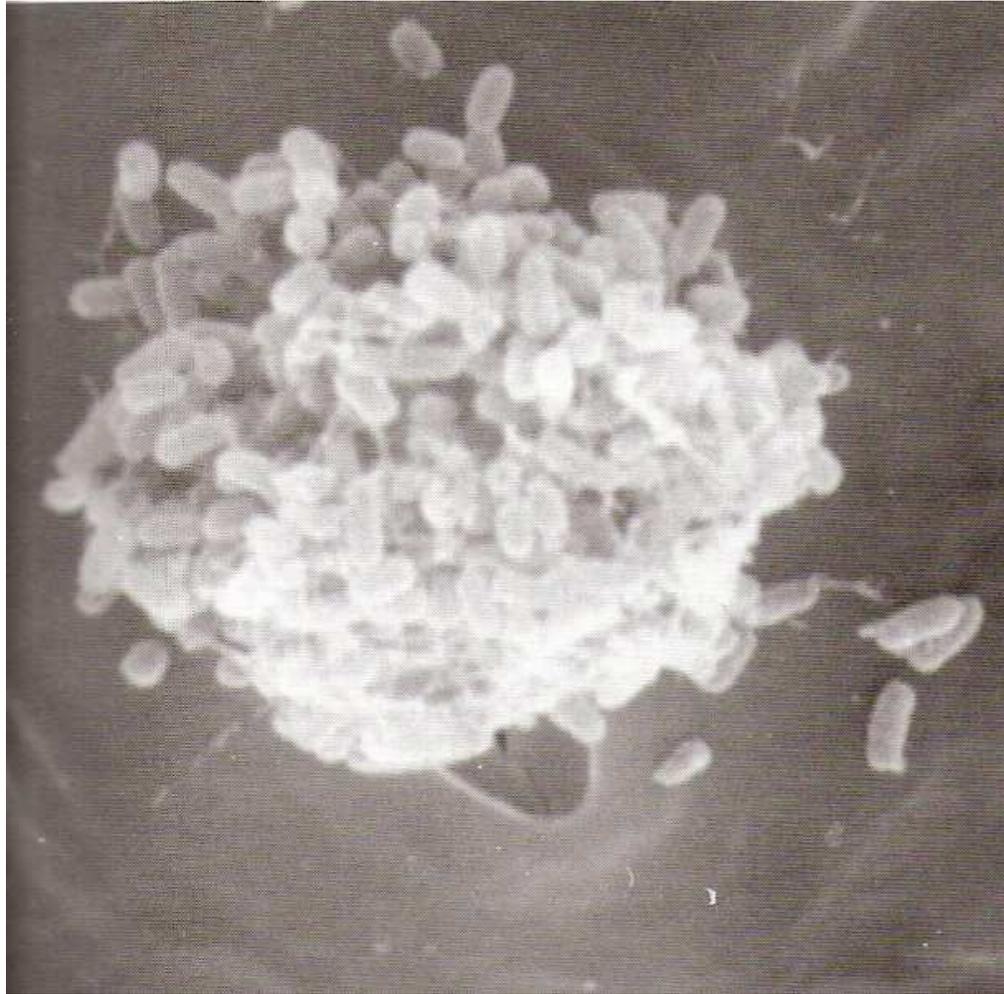


**Hidátodos**



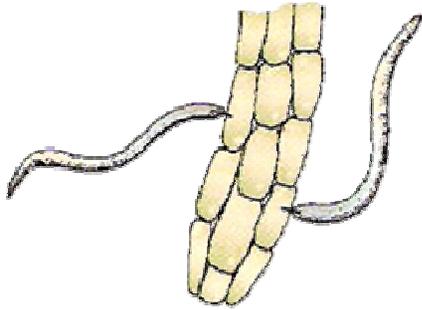
**Bacterias en néctar y a través de nectarios**

*Eventos en el desarrollo de una enfermedad*

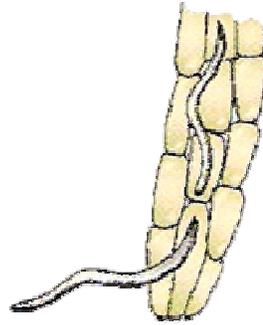


**Exudado de *Pseudomonas syringae* sobre el estoma de una hoja de Cerezo (2500x)**

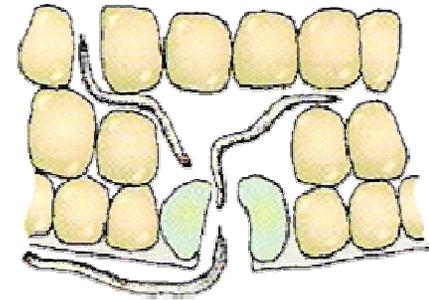
# FORMAS DE PENETRACIÓN POR NEMATODOS



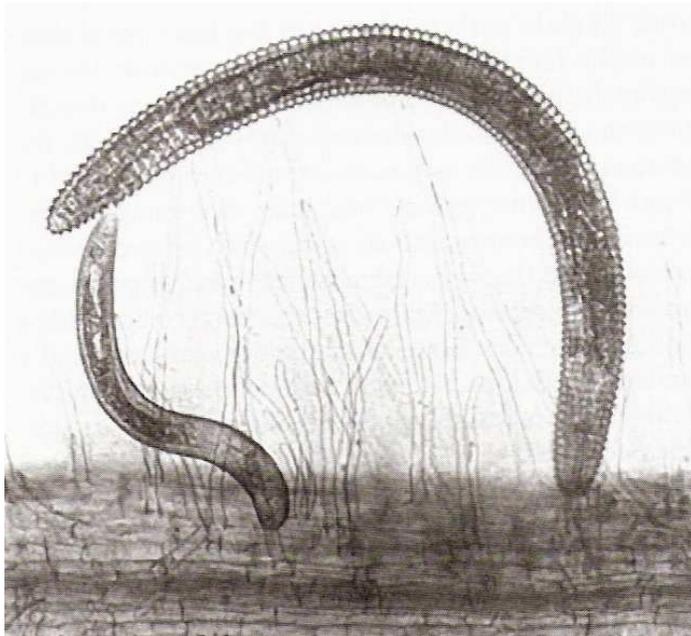
Penetración directa  
Nematodos ectoparásitos



Penetración directa  
Nematodos  
endoparásitos



Penetración a través de los  
estomas Nematodo Endoparásito

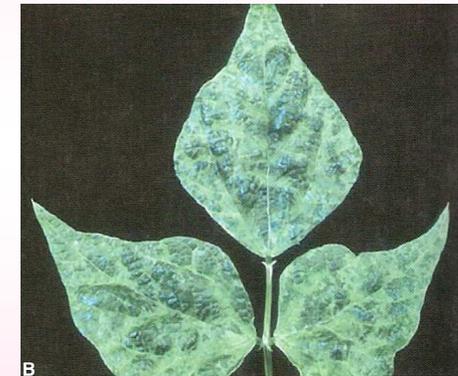
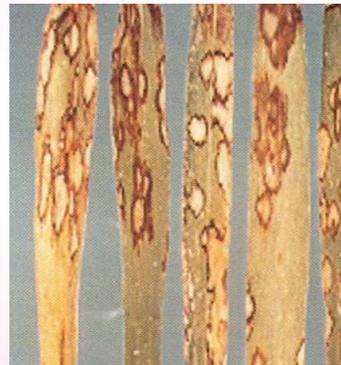


## 3-. INFECCIÓN

Proceso por el cual el patógeno establece contacto con células o tejidos del hospedero susceptible y procura su alimento de él.

Después de la infección: patógeno crece, invade y coloniza.

**Infección exitosa-----Aparición de síntomas**



**Periodo de Incubación:** Es el intervalo de tiempo entre la inoculación y la aparición de síntomas de la enfermedad.

Depende de: la interacción hospedante-patógeno.

Edad de la planta

Condiciones ambientales



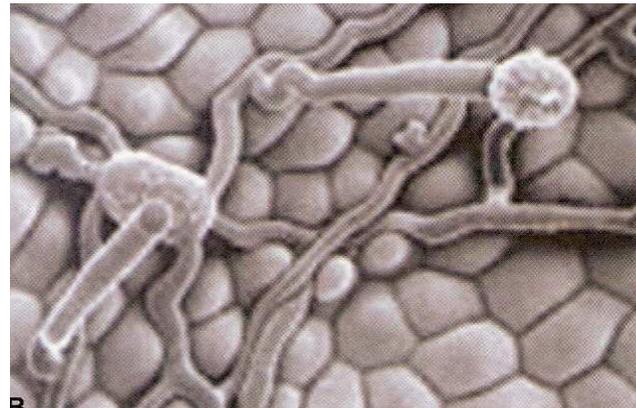
# 4- .INVASIÓN

Eventos en el desarrollo de una enfermedad

Tipos de invasión de patógenos que infectan plantas



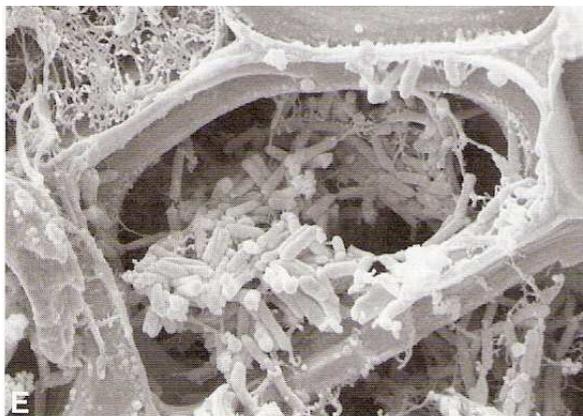
En la enfermedad de la sarna de la manzana, el hongo crece solamente entre la cutícula y las células epidérmicas de hojas y frutos



Micelio del hongo del mildiu polvoriento creciendo sobre la superficie de la planta pero enviando haustorios sobre las células epidérmicas



En muchas enfermedades el micelio del hongo (teñido de rojo) crece solo intercelularmente.



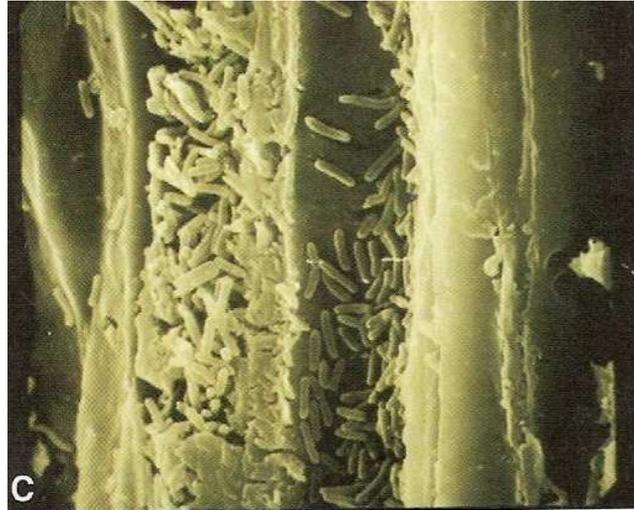
En enfermedades bacteriales vasculares, la bacteria crece y puede taponar los vasos xilemáticos



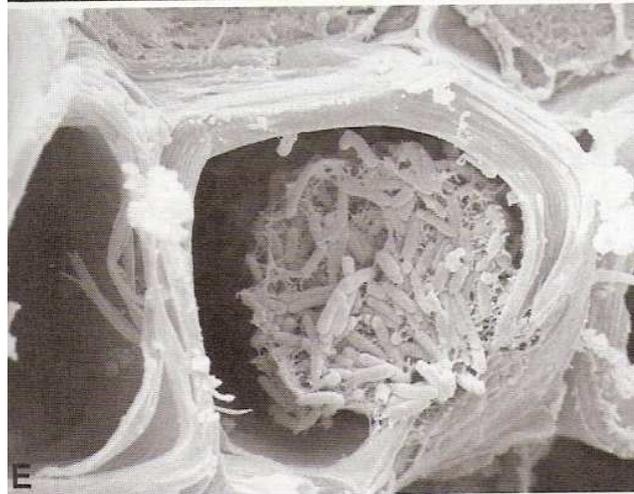
Hifa del hongo *Ustilago* en una hoja infectada.



**Bacteria *Pseudomonas*  
taponando vasos  
xilemáticos de una planta  
joven.**



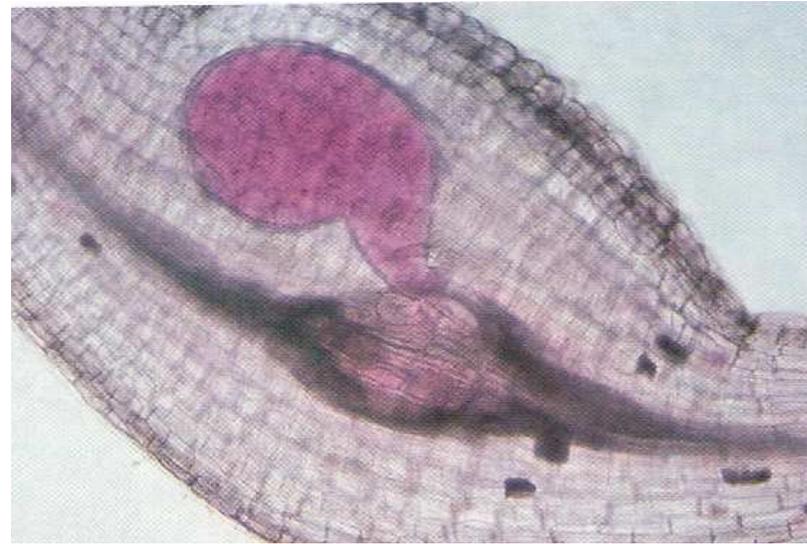
**Vasos xilemáticos de una  
planta de uva habitada  
por la bacteria *X.  
fastidiosa*,**



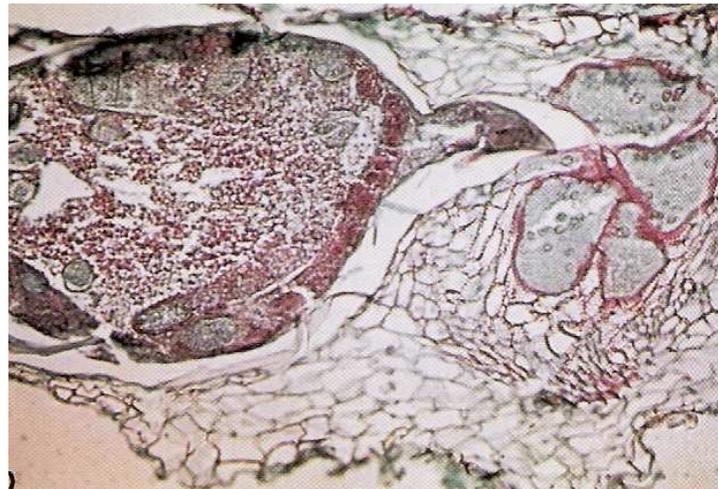
**Bacteria *X. fastidiosa*  
en una sección del vaso  
xilemático de una hoja  
infectada.**



**Nematodo *Radopholus*  
alimentándose dentro de la raíz  
de una planta**



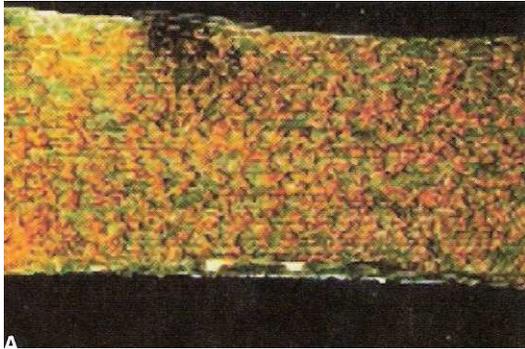
**Nematodo femenino, alimentándose  
dentro de la raíz y causando la  
formación de células gigantes.**



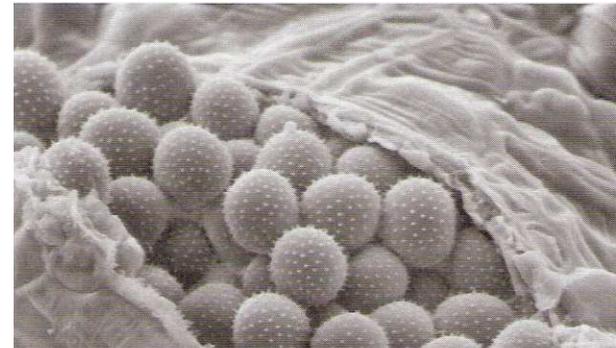
**Nematodo *Meloidogyne* hembra, alimentándose de células gigantes**

## 5-. COLONIZACIÓN

*Eventos en el desarrollo de una enfermedad*



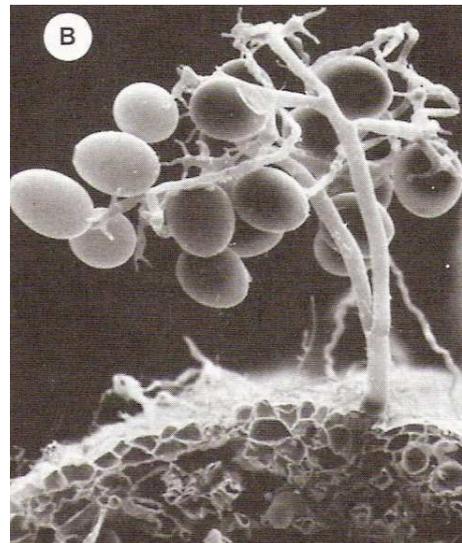
Roya en hoja de trigo producido por *Puccinia recondita*, produce millones de pústulas debajo de la epidermis de la hoja.



Uredosporas rompen la epidermis y emergen a la superficie del tejido infectado



Bacteria desplazándose en los vasos hacia otros vasos y células del parénquima adyacente del xilema.



Esporangioforos y esporangios sobre la raíz de una planta de lechuga infectada con *Plasmopara lactucae-radiciis*

## ESTRATEGIAS DE LOS FITOPATOGENOS

- 1.- Producen enzimas degradantes de pared celular y cutícula.
- 2.- Producen toxinas que reducen la actividad fisiológica de las células del hospedero, parcial o totalmente.

# ESTRATEGIAS DE LOS FITOPATOGENOS

- **3.-** Producen sustancia específicas de las plantas (por ejemplo, hormonas) que disturbán el equilibrio hormonal del hospedero y causan alteraciones de crecimiento, desarrollo y diferenciación de células y tejidos.
- 
- **4.- Polisacáridos.** Obstrucción de haces vasculares

# Enzimas

## **Degradación de sustancias de pared celular**

- **Cutinasas (Cutina)**
- **Pectinasas (Sustancias pécticas)**
- **Celulasas (Celulosa)**
- **Ligninasas (Lignina)**

## **Degradación de sustancias de las células**

**Proteinasas, amilasas, lipasas, fosfolipasas**

## 1.-Secreción de enzimas degradantes de la pared celular

Ejemplo: polygalacturonasas.

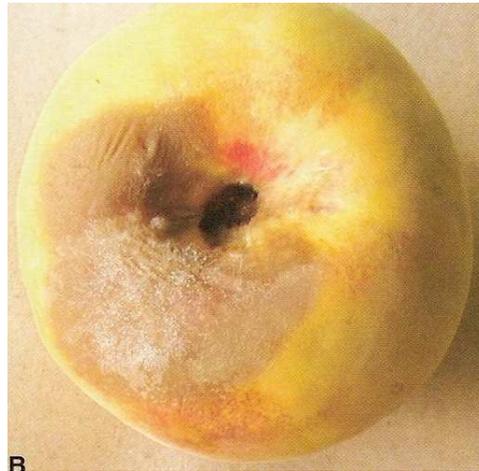
Atacan solamente la fracción de pectina y celulosa de la pared celular, pero no el marco o encofrado de celulosa.

Característico de especies necrotróficas, con amplio rango de hospederos, como porejemplo *Pythium* y *Botrytis* que atacan cada uno mas de 1000 sp de plantas

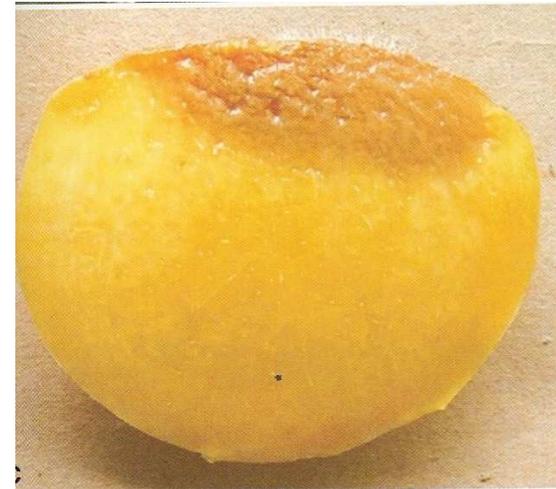
## Desarrollo de enfermedades que involucran las enzimas Pépticas



Durazno infectado con el hongo *Monilinia fructicola*



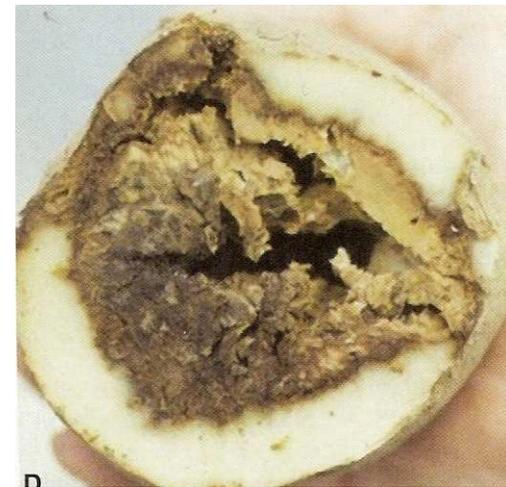
Coloración marrón en melocotón provocada por el hongo *Rhizopus* sp en postcosecha



Cebolla afectado por enzimas de hongo *Botrytis*

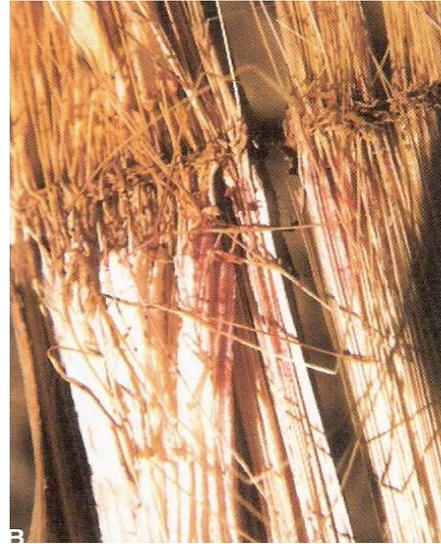


Papa afectado por enzimas de la bacteria *Erwinia*



Papa afectada por enzimas del hongo *Fusarium*, resultando la pérdida de agua del tubérculo

# Enzimas celulolíticas



Celulosas en tallos de maíz producidas por el hongo *Fusarium* sp.

Lignasa de los hongos Basidiomicetes *Phellinus*. En pinos causando la desintegración y decoloración del centro de la corteza y afectando las raíces, provocando la caída de la parte baja del árbol



# Toxinas

## Toxinas que afectan un amplio número de plantas:

- **Tabtoxina** (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*)
- **Faseolotoxina** (*P. syringae* pv. *phaseolicola*)
- **Tentoxina** (*Alternaria tenuis*)
- **Fusicoccina** (*Fusicoccum amygdali*)
  
- **Otras:**
  - **Acido fumárico** (*Rhizopus* spp.)
  - **Acido oxálico** (*Sclerotium*)
  - **Piricularina** (*Pyricularia oryzae*)
  - **Siringomicina** (*P. syringae* pv. *syringae*)

# Toxinas

## Toxinas específicas del hospedante

- **Victorina o toxina HV** (*Helminthosporium victoriae*)
- **Toxina T** (raza T de *H. maydis*)
- **Toxina AM** (patotipo de *A. alternata* que afecta manzano).
- **Otras: AL** (*A. alternata* f. sp. *lycopersici*), **HS** (*H. sacchari*)

## 2.-Producción de toxinas hospedante selectivas

Algunos necrotrófos producen toxinas selectivas activas solo en grupos pequeños de especies de plantas.

Cada toxina un modo de acción altamente específico e inactiva solamente una enzima.

Ejemplo: El patógeno del maíz,  
*Cochliobulus carbonum* segrega

La HC- toxina que inhibe la actividad de la histona desacetilasa requerida para la activación de los genes de defensa de la planta



Síntomas tempranos causados por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*



Síntomas avanzados causados por *P. syringae* pv. *tabaci*



Sintomas en hoja y halo causado por toxinas Phaseolotoxinas producidas por *Pseudomonas phaseolicola*



Manchas y clorosis causada por la toxina del hongo *Alternaria alternata*



**Síntomas en hojas de Zinnia (A) manchas grises en hojas de maíz (B) causado por la fotosensibilidad a las toxinas cercosporin, producidas por diferentes especies de hongos *Cercospora***

## Síntomas causados por toxinas hospedante selectivas



Síntomas causado por el hongo *Cochliobolus heterostrophus* y su toxina, T toxina



Síntomas causado por el hongo *Cochliobolus carbonum* y su toxina, HC toxina



Síntomas en fruto de pera japonesa causado por el hongo *Alternaria alternata* y su toxina, AK toxina



Síntomas hojas de manzana causado por *A. alternata* y su toxina, AM toxina

# **REGULADORES DE CRECIMIENTO (HORMONAS)**

**Auxinas, Giberelinas, Citocininas**

**Otros: Etileno, ácido abscísico**

**Actúan a bajas concentraciones**

**Patógenos pueden producir, promover o  
Retardar los RC**

**Mecanismo de acción: desbalance en RC**

## 3.- Producción de hormonas

**Auxinas:** hiperplasia: *A. tumefaciens*,  
*Exobasidium azaleae*, *Plasmodiophora brassicae*

**Giberelinas:** Excesivo crecimiento

**Citocininas:** activan el incremento en el crecimiento  
Involucrada en las escobas de bruja

**Etileno:** clorosis, abscisión de hojas, epinastía,  
estimulación de raíces adventicias y maduración de  
frutos

**Acido abscísico:** achaparramientos



Síntomas en hojas y flores de Azalea, causados por infección del hongo *Exobasidium azaleae*.



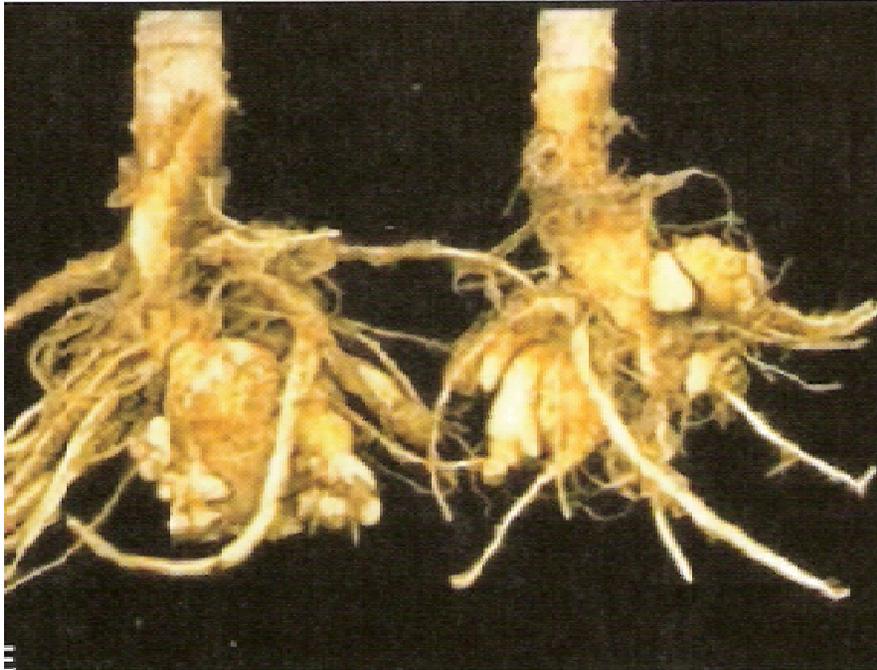
Síntomas en maíz causado por infección del hongo *Ustilago maydis*



Síntomas en plantas de guisante dulces, causados por infección de la bacteria *Rhodococcus fascians*



Síntomas en pino, causado por el hongo *Cronartium sp.*



Síntomas en raíz de repollo infectado por el hongo *Plasmodiophora brassicae*

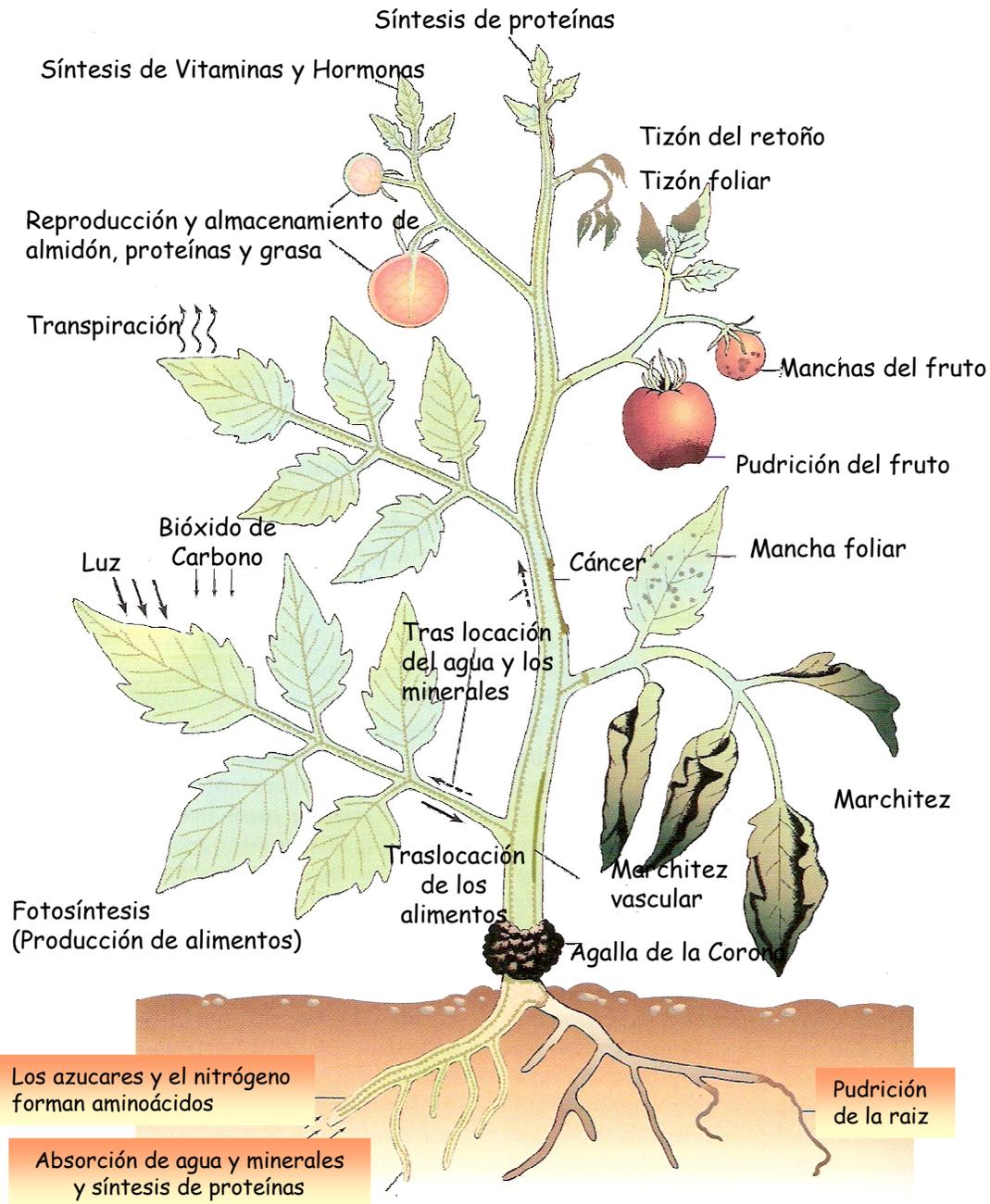


Síntomas en raíces de judías provocado por nematodos del género *Meloidogyne*.

# EFECTOS DE LOS PATÓGENOS SOBRE EL HOSPEDANTE

## **SOBRE:**

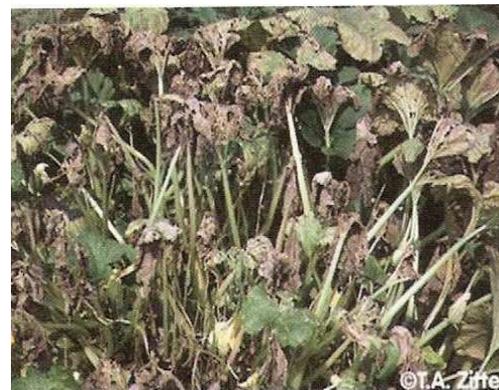
-  **Fotosíntesis**
-  **Translocación de agua y nutrientes**
-  **Respiración**
-  **Permeabilidad de la membrana celular**
-  **Transcripción y translación**
-  **Crecimiento**
-  **Reproducción**



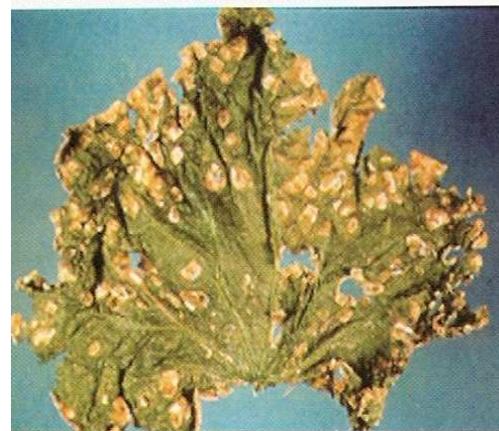
## Vías por los cuales los patógenos reducen el área fotosintética



Manchas foliares en cebada causada por el hongo *Rhynchosporium* sp.



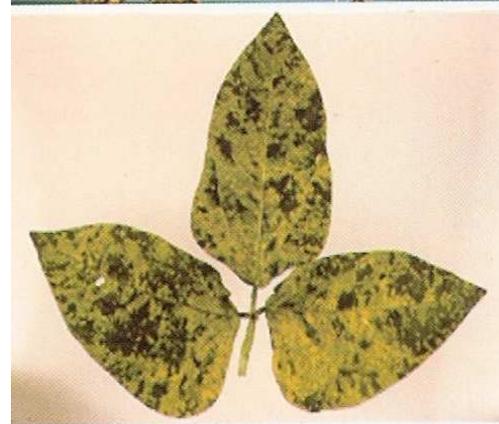
Casi completa destrucción de hojas de auyama causada por el hongo *Pseudoperonospora cubensis*



Mancha angular en pepino causada por *Pseudomonas lachrymans*



Lesiones en hojas y tallo de trigo causadas por *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*



Reducción de la clorofila y áreas amarillentas en fríjol causadas por el virus del moteado clorótico del fríjol

# Ejemplos de reducción de absorción de agua por las plantas

Raíces de trigo en diferentes fases de destrucción por el hongo *Gaeumannomyces tritici*



Raíces y tallo de pimentón atacadas por el hongo *Phytophthora* sp.



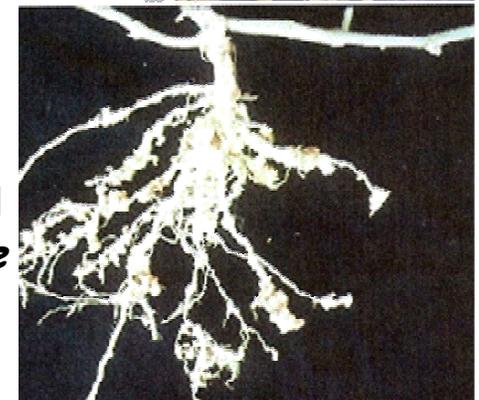
Numerosas agallas causadas por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* en raíces de cerezo



Infección de la corona de raíces en maíz por el hongo *Fusarium* sp.



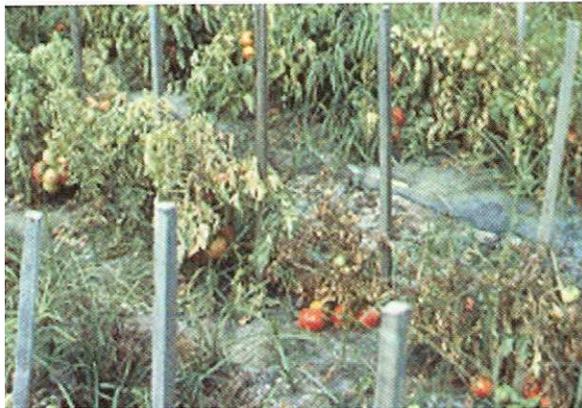
Agallas en raíces de melón causadas por el nematodo *Meloidogyne*



## Ejemplos de reducción de translocación de agua y nutrientes por las plantas



Tallos de melón infectados con el hongo *Phomosis* sp.



Marchitamiento vascular en tomate por el hongo *Fusarium* sp.



Marchitamiento en tomate por la bacteria *Ralstonia solanacearum*.



Cancer en tallo causado por el hongo *Ceratostyis fagacearum*

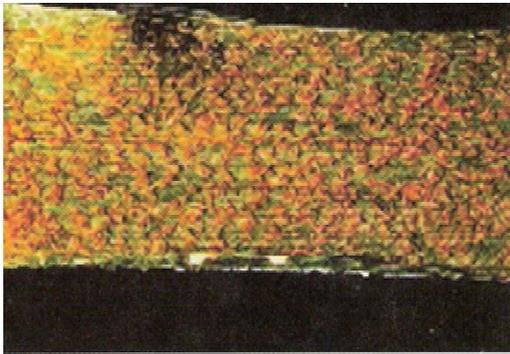


Decoloración del tejido vascular en tomate por *Fusarium* sp.

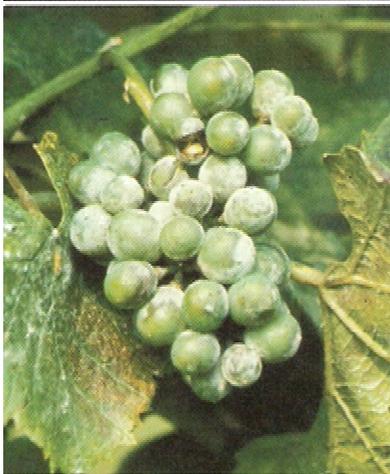
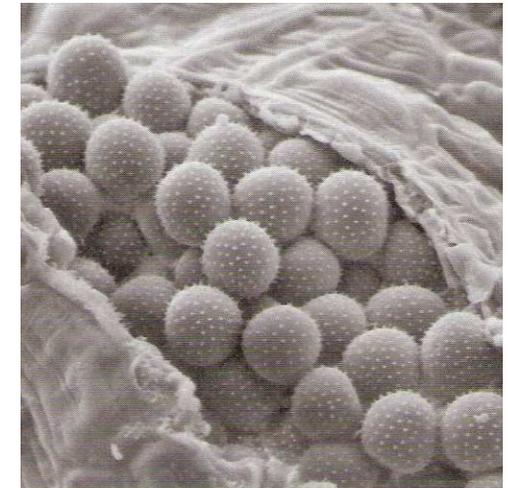


Decoloración del tejido vascular en tomate por *Ralstonia solanacearum*

# Vías por los cuales los patógenos aumentan la transpiración

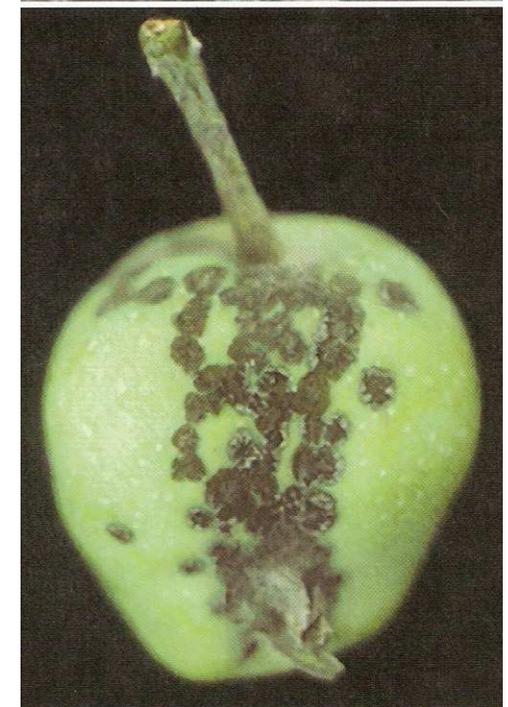


Roya en hoja de trigo producido por *Puccinia recondita*, produce millones de pústulas debajo de la epidermis de la hoja.



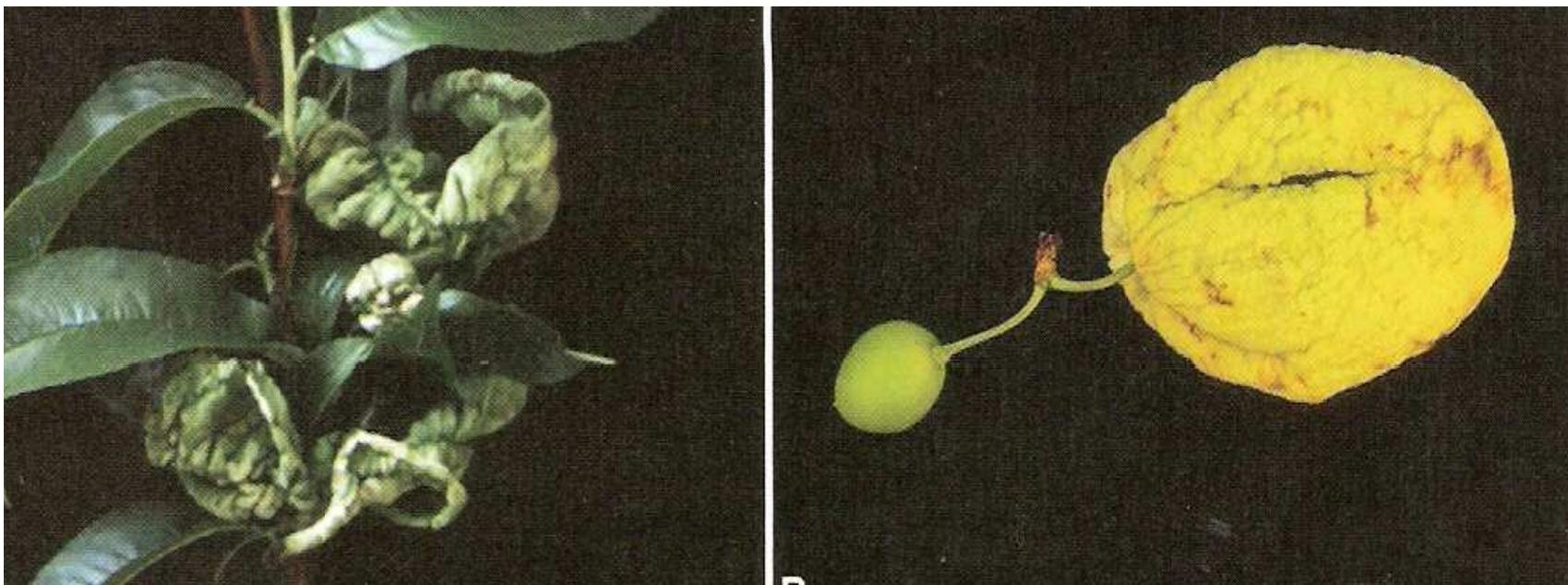
Mildiu polvoriento (*Uncinula necator*) infectando uvas

Costra en manzana causada por *Venturia inaequalis*, crece entre la cutícula y la epidermis



Hojas de tomate con lesiones de *Septoria* sp.

## Efecto de los patógenos sobre el crecimiento de las plantas



Deformación de la hoja y aumento de tamaño en fruto en durazno causado por el hongo *Taphrina deformans*

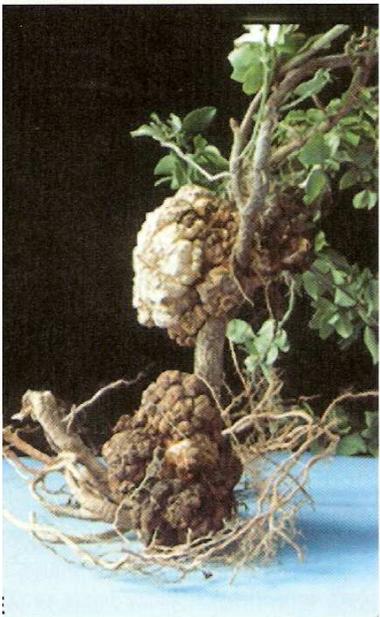
## Efecto de los patógenos sobre el crecimiento de las plantas



Malformaciones de hoja causadas por el virus del mosaico del frijol



Planta sana y planta con enanismo causada por el virus rayado del maíz



Agallas a lo largo del tallo y raíz causada por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*



Agallas a lo largo de la raíz causada por el nematodo *Meloidogyne* sp.

GRACIAS