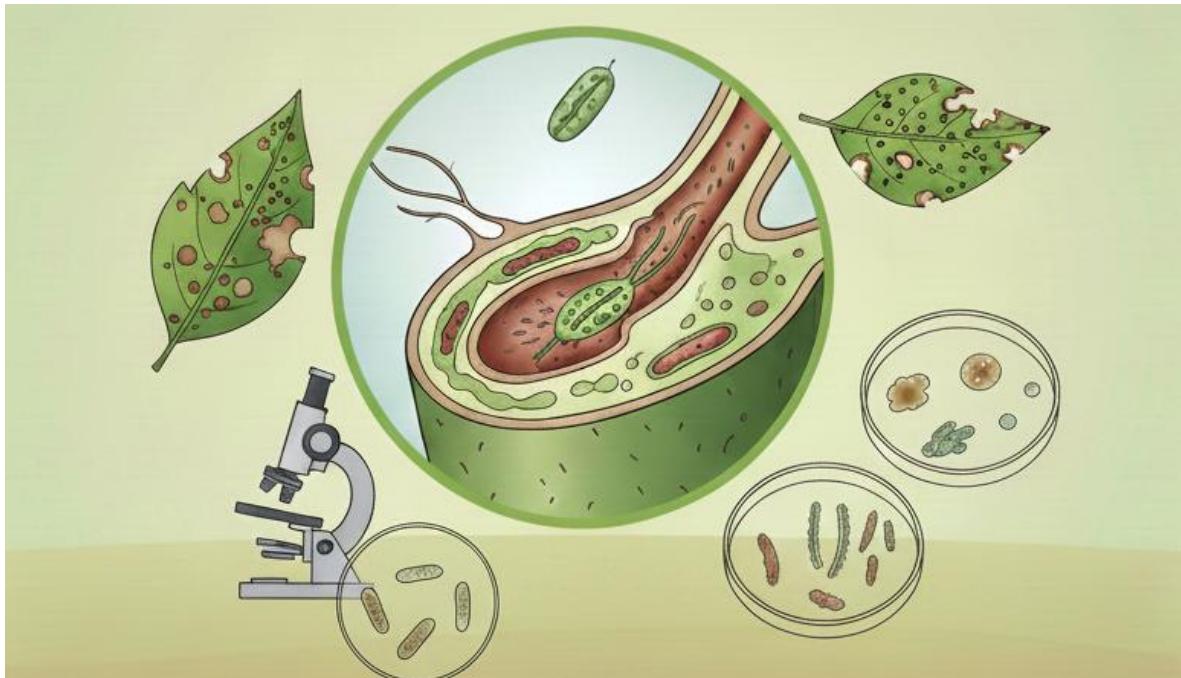




MANUAL DE LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA



Séptimo Semestre 2026

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	ACTIVIDAD
Lunes	Práctica 1: Estudio de síntomas y signos incitados por agentes fitopatógenos, técnicas de colecta y preservación de material vegetal enfermo para preparación del herbario.
Martes	Práctica 2: Identificación de síntomas en plantas enfermas.
Miércoles	Práctica 3: Identificación de principales hongos fitopatógenos
Jueves	Práctica 4: Morfología e introducción a la clasificación de nematodos fitopatógenos.

MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada estudiante deberá traer los siguientes materiales según corresponda en la práctica:

No.	Reactivos y materiales
1	<ul style="list-style-type: none"> • Material vegetal enfermo por agentes fitopatógenos, en la medida que le sea posible traer más de 5 muestras distintas (puede adquirirlo de ventas de verduras o mercados, o bien, puede dejar que el material se contamine, cualquier órgano vegetal sirve, hojas, flores, tallos, raíces o frutos). • Portaobjetos. • Cubreobjetos. • Agua destilada. • Azul de metileno. • 5 hojas de papel texcote C-16 o Cartulinas para herbario de 12in * 18in. • 1 pliego de papel mantequilla. • 5 cuadros de cartulina blanca de 10cm * 10cm.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Pala de jardinería. • Cinta adhesiva. • Tijeras de podar. • 1 rollo de papel absorbente de cocina / mayordomo.

	<ul style="list-style-type: none"> • Cajas Petri plásticas. • Navaja. • Alcohol. • Lupa. • Bolsas de papel. • Material vegetal enfermo (puede utilizar el mismo de la práctica 1).
3	<ul style="list-style-type: none"> • Portaobjetos. • Agujas de disección. • Cobreobjetos. • Fruta contaminada (Puede colocar frutas en cámara húmeda para la proliferación del hongo, la cual la puede realizar colocando en un recipiente hermético desechable un fondo de algodón o papel absorbente húmedo ligeramente y luego colocar la fruta sobre el fondo húmedo, se recomienda utilizar fresas o moras). • Azul de metíleno. • Pinzas. • Hojas de afeitar. • Lugol.
4	<ul style="list-style-type: none"> • 5 palillos para pinchos. • Anillos de PVC de 2 in de alto * 8.10 cm de diámetro. • Manguera de caucho no rígido de 10 cm. • Pinzas o ganchos de ropa. • Muestra de suelo/raíz (3 diferentes de 100 g c/u) • Hilo de pescar. • Papel filtro.

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.

3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría, (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio.** Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
- 9. Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **25 de mayo 2026 a las 8:00 al 29 de mayo 2026 a las 18:00**.

INFORME DE PRÁCTICA

Las secciones de las cuales consta un informe, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

1. Resultados
2. Resumen de la práctica
3. Conclusiones

Si se encuentran dos informes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **RESULTADOS:** Es la sección en la que se presentan de manera clara y objetiva los datos obtenidos a partir de la práctica realizada.
- b. **RESUMEN DE LA PRÁCTICA:** Esta sección corresponde al contenido del informe, aquello que se ha encargado realizar según las condiciones del laboratorio.

- c. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del informe. Son las decisiones tomadas, respuestas a interrogantes o soluciones propuestas a las actividades planteadas durante la práctica.

DETALLES FÍSICOS DEL INFORME

- El informe debe presentarse en hojas de papel bond tamaño carta.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del informe deben estar escritas a mano CON LETRA CLARA Y LEGIBLE, a menos que se indique lo contrario.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los informes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio SIN EXCEPCIONES. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. Todos los trabajos y reportes se deben de entregar en la semana de laboratorio no se aceptará que se entregue una semana después.

PRÁCTICA NO. 1

ESTUDIO DE SÍNTOMAS Y SIGNOS INCITADOS POR AGENTES FITOPATÓGENOS, TÉCNICAS DE COLECTA Y PRESERVACIÓN DE MATERIAL VEGETAL ENFERMO PARA PREPARACIÓN DE HERBARIO

1. Propósito de la práctica:

- 1.1 Reconocer los síntomas y signos que se manifiestan en los tejidos vegetales ocasionados por agentes fitopatógenos de origen biótico y abiótico.
- 1.2 Manejar las técnicas correctas y/o más comunes de colecta y preservación de material de estudio fitopatológico para análisis.
- 1.3 Preparar un herbario de enfermedades en plantas.

2 Marco Teórico:

Introducción a la enfermedad vegetal y a la fitopatología

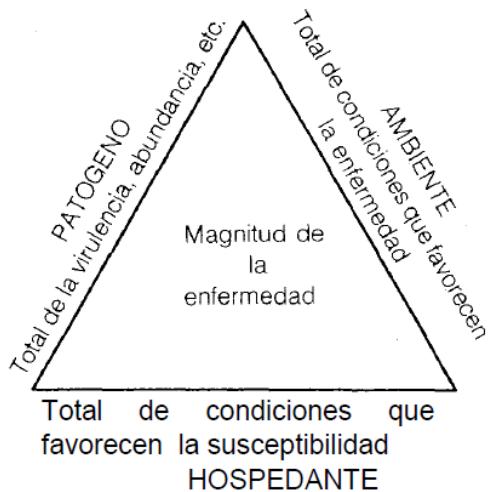
Las plantas, como organismos sésiles, están expuestas de manera constante a la acción de diversos factores biológicos y ambientales que pueden alterar su fisiología, estructura y productividad. La presencia de agentes fitopatógenos, tales como, hongos, bacterias, virus, fitoplasmas, nematodos, oomycetes y plantas parásitas, constituye una de las principales causas de pérdida de rendimiento y calidad en los sistemas agrícolas, especialmente en aquellos de alta densidad y uniformidad genética. La fitopatología se encarga del estudio integral de estos procesos, abarcando la **etiología, epidemiología, diagnóstico y manejo de las enfermedades** que afectan a las plantas cultivadas.

Según Agrios (2005), una enfermedad vegetal debe entenderse como “una alteración continua y progresiva del funcionamiento normal de una planta, causada por un agente infeccioso o por factores ambientales adversos”. Esta definición subraya que la enfermedad no es un evento aislado, sino un proceso dinámico que se desarrolla a lo largo del tiempo, influenciado por la interacción del triángulo de la enfermedad: patógeno, hospedero y ambiente, a lo que algunos autores añaden el factor tiempo para comprender el ritmo epidemiológico.

Signos y síntomas: fundamentos para el diagnóstico fitopatológico

El diagnóstico adecuado constituye la base para establecer estrategias de manejo efectivas. Para ello se recurre al análisis de síntomas (respuesta de la planta) y signos (manifestaciones directas del patógeno).

Figura 1. El triángulo de las enfermedades



Fuente: Agrios (2005)

Síntomas de enfermedades en plantas

Los síntomas representan modificaciones visibles en la morfología o fisiología de la planta de la siguiente manera.

Síntomas generales (fisiológicos)

- **Clorosis:** pérdida parcial o total de clorofila, asociada a infecciones virales, bacterianas o deficiencias nutricionales.
- **Marchitez:** resultado de fallas en la conducción hídrica, frecuentemente ocasionadas por patógenos vasculares como *Fusarium oxysporum* o *Ralstonia solanacearum*.
- **Necrosis:** muerte celular localizada; aparece como manchas oscuras, lesiones irregulares o secamiento de tejidos.
- **Enanismo:** interrupción del crecimiento normal debido a virus, nematodos o infecciones sistémicas.

Síntomas específicos (morfológicos)

- **Manchas foliares:** lesiones delimitadas causadas por hongos como *Alternaria*, *Cercospora* o *Colletotrichum*.
- **Cánceres o chancros:** hundimientos necróticos en tallos, típicos de *Botryosphaeria* o *Nectria*.
- **Podredumbres:** degradación de tejidos por acción enzimática de patógenos como *Rhizopus*, *Sclerotinia* o *Pectobacterium*.
- **Agallas:** proliferación desorganizada de células, como en *Agrobacterium tumefaciens*.
- **Mosaicos y moteados:** alteraciones en la distribución de pigmentos producidas principalmente por virus como el TMV (Virus del mosaico del tabaco).

Los síntomas, aunque útiles, pueden ser semejantes entre diferentes agentes; por ello, su interpretación debe complementarse con observación de signos, pruebas de laboratorio o técnicas moleculares.

Signos de enfermedades

Los signos evidencian la presencia activa del patógeno sobre el tejido vegetal. Algunos ejemplos son:

- Micelio, esporas y cuerpos fructíferos de hongos (picnidios, acérvulos, conidióforos).
- Exudados bacterianos, que forman masas mucilaginosas de coloración variable.
- Estructuras de resistencia como esclerocios (*Sclerotinia sclerotiorum*) o clamidosporas (*Fusarium*).
- Presencia visible de nematodos, especialmente en raíces afectadas por *Meloidogyne*.
- Plantas parásitas, como *Struthanthus*, adheridas directamente al hospedero.

La observación de signos es esencial, pues permite confirmar con mayor certeza el agente implicado, especialmente en hongos y bacterias.

Técnicas de colecta de material vegetal enfermo

La calidad del diagnóstico depende directamente de la calidad del muestreo, un material mal recolectado puede conducir a interpretaciones erróneas o pérdidas de estructura biológica relevante.

Principios para una colecta adecuada

Autores como Dhingra y Sinclair (1995) establecen que el muestreo debe ser representativo, suficiente y realizado en condiciones que preserven la integridad de los signos.

Selección del material

- Incluir tejido en fase inicial, intermedia y avanzada, para observar la evolución de la enfermedad.
- Evitar material completamente deteriorado.
- Recolectar varias partes de la planta: raíces, tallos, pecíolos, hojas, frutos.
- Acompañar con muestras de plantas sanas cercanas para comparaciones.

Procedimiento general de colecta

- Utilizar herramientas limpias y desinfectadas (alcohol al 70%).
- Colocar las muestras en bolsas de papel o sobres ventilados; evitar bolsitas plásticas que aceleran la descomposición.
- Etiquetar de manera precisa (libreta de campo).

- Tomar fotografías de la planta en su entorno natural, lo cual facilita el análisis posterior.

Manejo previo al análisis

- **Para hongos y bacterias:** mantener muestras frescas; si el traslado es largo, refrigerar sin congelar, se recomienda llevar hieleras a campo con bolsas de hielo, el material vegetal lo puede guardar en bolsas plásticas mientras llega al laboratorio.
- **Para virus:** evitar exposición prolongada al calor, ya que muchos síntomas pueden degradarse, recuerde que el tejido debe encontrarse en el mejor estado posible para conservar al agente en el tejido.
- **Para raíces:** conservar suelo adherido para análisis de nematodos o microorganismos del suelo.

Técnicas de preservación para la preparación de herbario fitopatológico

El herbario fitopatológico es un archivo biológico que documenta la presencia de enfermedades a lo largo del tiempo. Su preparación requiere procedimientos específicos para conservar síntomas y signos sin alterarlos.

Prensado del material

El prensado permite secar y aplanar la muestra sin deformarla.

- Colocar material entre hojas absorbentes y dentro de una prensa.
- Cambiar los papeles diariamente durante 3–5 días o hasta lograr una deshidratación completa.
- Mantener ventilación constante para evitar proliferación de hongos contaminantes.

Conservación de signos visibles

Cuando existen estructuras fúngicas externas (micelio, esclerocios, esporodoquios), se deben manipular con cuidado para no desprenderlas. Para muestras que no resisten bien el secado (como tejidos sobreinfectados o suculentos), se pueden almacenar en alcohol etílico al 70% o en glicerina.

Montaje en cartulina científica

- Fijar la muestra en cartulina libre de ácido.
- Añadir sobres con fragmentos relevantes (por ejemplo, esclerocios o partes con fructificaciones).
- Colocar etiqueta completa con información taxonómica y de colecta.

Condiciones de almacenamiento

Los herbarios deben tener:

- 18–22 °C.

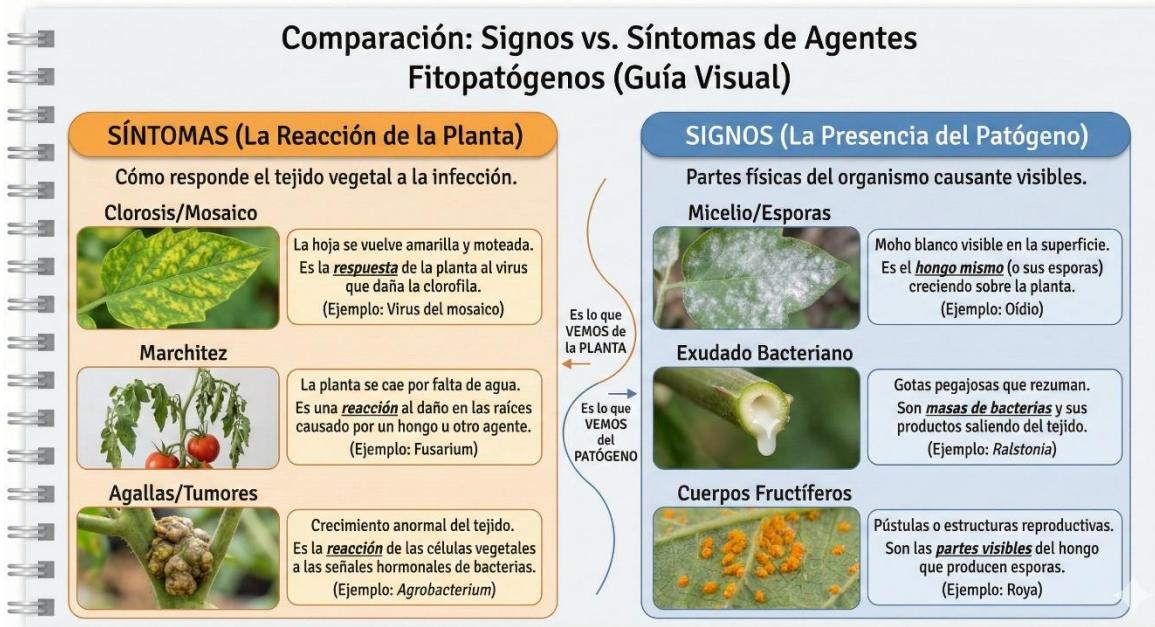
- 40–50% de humedad relativa.
- revisión periódica contra plagas (pijos del orden psocoptera principalmente).
- tratamientos como congelación temporal (-20°C por 72 h) para evitar infestaciones.

Importancia científica del material herborizado en fitopatología

El material preservado cumple funciones tales como:

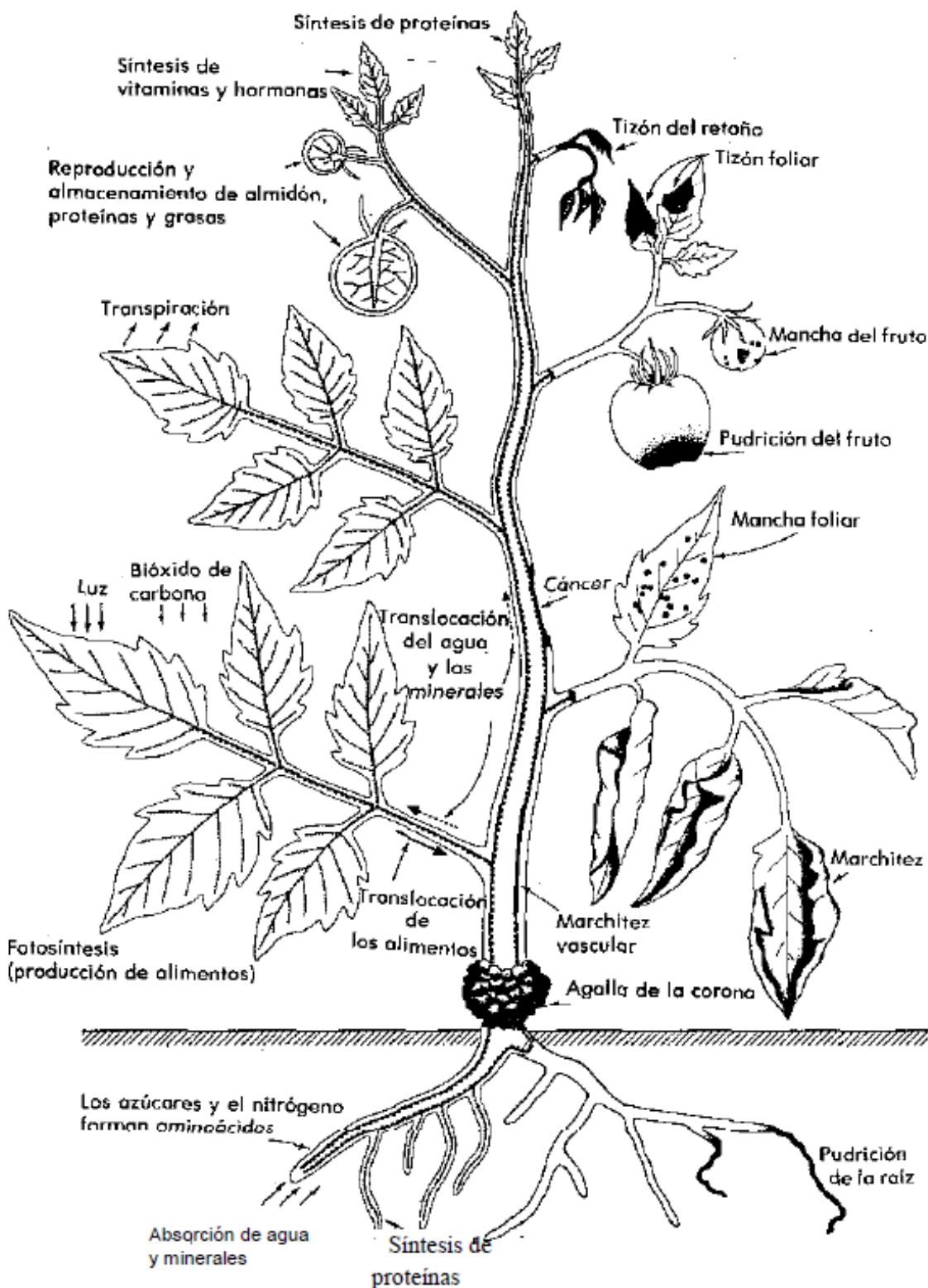
- Permite comparar patrones históricos de incidencia y severidad.
- Facilita estudios taxonómicos de patógenos difíciles de cultivar.
- Sirve como material educativo en cursos de diagnóstico y morfología.
- Apoya investigaciones epidemiológicas al documentar brotes significativos.
- Contribuye a la trazabilidad de enfermedades cuarentenarias o de alta importancia económica.

Figura 2. Signos y síntomas de fitopatógenos



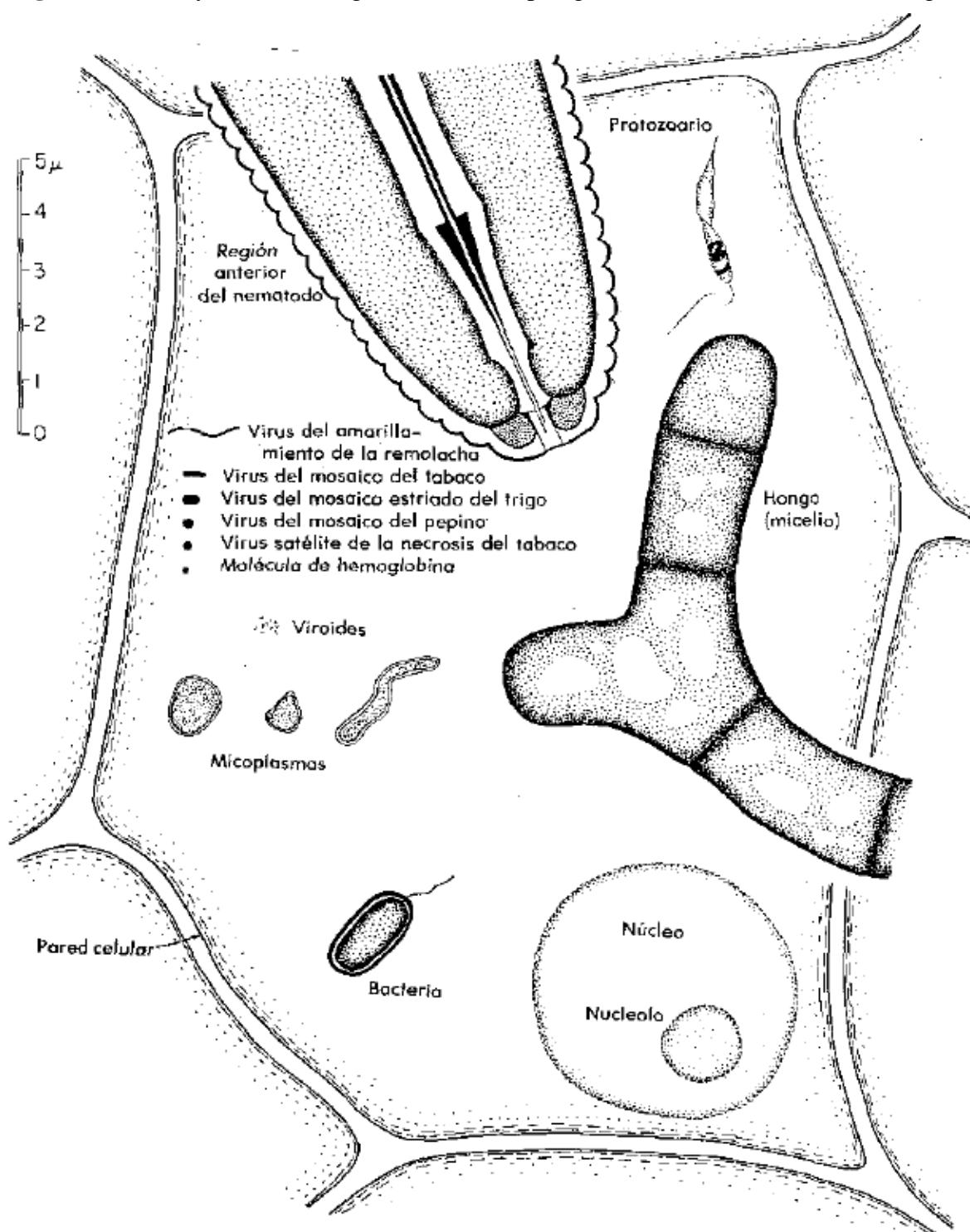
Fuente: Elaboración propia mediante Google Gemini IA (2025)

Figura 2. Funciones básicas de una planta y la interferencia que sobre ellas ocasionan algunos tipos comunes de enfermedades.



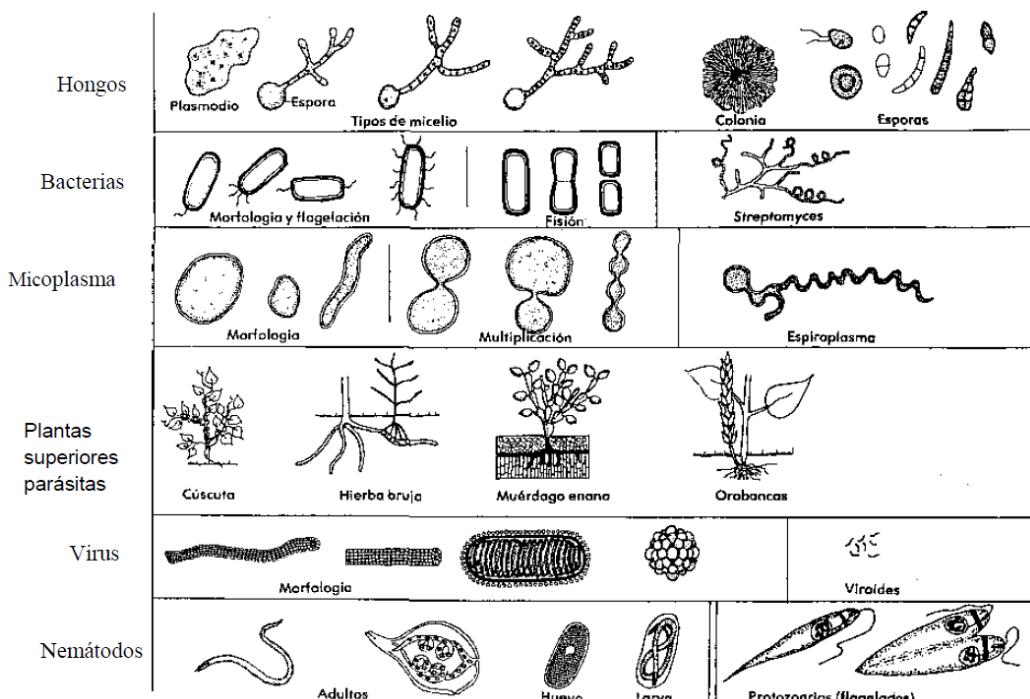
Fuente: Agrios (2005)

Figura 3. Forma y tamaño de algunos de los fitopatógenos en relación a una célula vegetal.



Fuente: Agrios (2005)

Figura 4. Morfología y división de algunos de los grupos de fitopatógenos.



Fuente: Agrios (2005)

Figura 5. Fisiopatías más comunes en el cultivo de tomate.

FISIOPATÍA	SINTOMAS	IMAGEN	CAUSAS	CORRECCIÓN
Catfacing	Deformación del fruto con hendiduras profundas.		Desarrollo de la flor anormal debido a bajas temperaturas	Controlar la temperatura y el abonado.
Cracking o rajado	Rajado del fruto radial o circular.		Exceso de riego o lluvia. Condensación en los frutos.	Evitar el exceso de riego. Abonar tras lluvias copiosas.
Golpe de sol	Depresión y manchas blanquecinas en el fruto.		Exposición del fruto al sol directo en épocas de calor.	No dejar al fruto descubierto, no deshojando la parte sur.
Fitotoxicidad	Manchas y quemaduras en hojas y frutos.		Aplicación incorrecta de fitosanitarios.	No tratar en horas de calor, respetar la dosis y compatibilidad.

Fuente: IPANA (2020)

3. Ejemplos

Estudio de síntomas y signos incitados por agentes fitopatógenos.

- Se procederá a realizar en el laboratorio una discusión sobre como realizó la colecta de muestras y preservado para el intercambio de opiniones.
- Se observarán minuciosamente los materiales colectados a simple vista y se describirá por apreciación personal los síntomas que se consideren más característicos y se clasificarán de acuerdo a la investigación realizada.
- Verifíquese la presencia de signos.
- Tome fotografías de las muestras que estén describiendo en su momento.
- Observe los materiales con ayuda de una lente de aumento o lupa seguidamente auxiliándose del estereoscopio y de ser necesario del microscopio, anote otros detalles que no habría visto a simple vista.
- Analice la forma, color de los signos visibles y otras características distintivas.
- Nuevamente aprecie los signos si están presentes y descríbalos también como parte del proceso de caracterización de la muestra.
- Realice nuevamente la toma de fotografías.
- Realice una descripción completa del síntoma.
- En su libreta de notas o cuaderno preparare un informe el cual incluya imágenes (dibujos) de las observaciones durante el proceso de laboratorio, una síntesis de lo realizado y lo obtenido.

Preparación del herbario.

- Cada estudiante deberá preparar el herbario físico con las especificaciones que se le indican con base a la colecta y preservación de especímenes de manera física.
- Proceder a la búsqueda de especímenes que presenten síntomas y/o signos de enfermedad ya sea patológica o fisiopáticas.
- Con el material en fresco identificar el hospedante y los síntomas que presenta y puede hacer un cotejo auxiliándose en internet con páginas especializadas. de laboratorios en línea de centros de investigación, Universidades, páginas oficiales de ministerios de Agricultura etc.
- No se aceptan cotejos en páginas populares o comerciales. (Inforjardin, el buen jardinero, hogarmania, entre otras).

LOS HERBARIOS SON INDIVIDUALES, NO SE PERMITIRAN MUESTRAS SIMILARES EN HERBARIOS DISTINTOS.

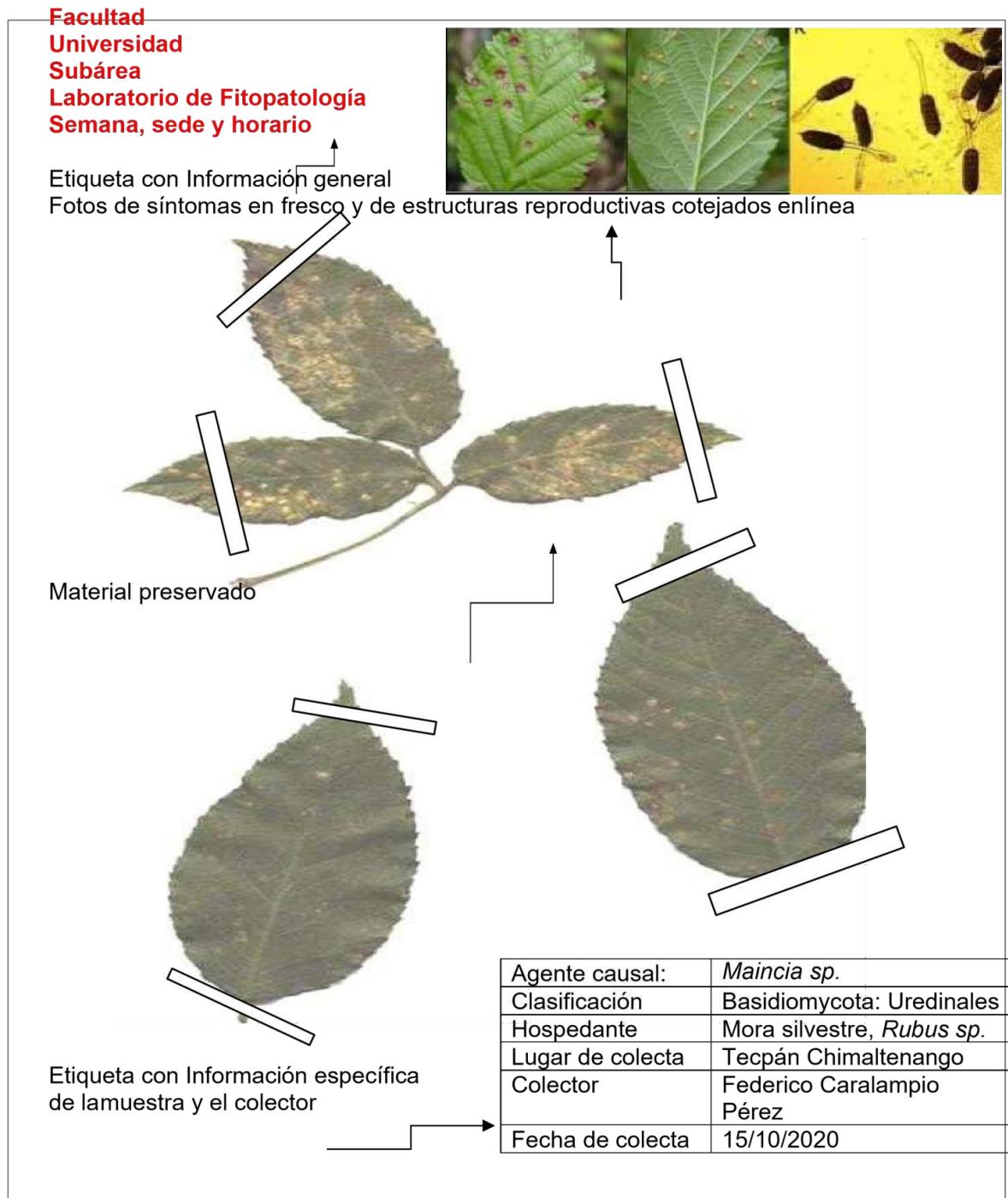
- Colectar al menos 5 enfermedades, que incluyan los grupos de patógenos (Heterokonta, Basidiomycota, Ascomycota, Anamórficos, bacterias, virus y

fisiopáticas)

El herbario deberá incluir:

1. Material preservado, sostenido por bandas de papel adherida a los extremos, para que el material preservado no se estropee, quiebre. (no pegar la muestra al cartoncillo).
2. Fotografía de estructuras reproductivas según sea el caso y de los síntomas cotejados en línea según el espécimen.
3. Fotografía del espécimen en fresco con los síntomas bien desarrollados
4. Fotografía de la referenciación y link de donde se obtuvo el diagnóstico
5. En una hoja adherida a la parte trasera de la hoja de muestra se colocará la descripción taxonómica del hospedante y del agente causal y la descripción de síntomas y signos característicos de la enfermedad
6. Las muestras serán colocadas sobre papel Texcote C-16 de 12in*18in
7. Las muestras se entregarán en dos folders manila de 24in*17in y junto a ellas una lista de los especímenes que contiene según los datos de la etiqueta del herbario
8. Cada hoja de herbario con espécimen deberá incorporar los siguientes contenidos:
 - ✓ Fotografía de los síntomas y de las estructuras que genera el patógeno
 - ✓ Cubierta de papel mantequilla
 - ✓ Encabezado de la facultad y el curso
 - ✓ Espécimen vegetal
 - ✓ Información del espécimen
 - ✓ Agente causal: Genero, Phylum, Orden, Familia
 - ✓ Cultivo: Nombre común y nombre técnico
 - ✓ Procedencia: Municipio y Departamento de colecta
 - ✓ Colector Nombre, # de carnet y sede
 - ✓ Fecha de colecta Día, mes, año

Figura 6. Ejemplo de un herborizado para formar parte de un herbario fitopatológico.



Fuente: Manual de fitopatología, Universidad Rural de Guatemala (2024).

HOJA DE TRABAJO No. 1

1. Explique con sus propias palabras la diferencia conceptual entre un síntoma y un signo en fitopatología, y discuta por qué ambos son necesarios para un diagnóstico preciso.
2. ¿Por qué es importante recolectar muestras en diferentes etapas del desarrollo de la enfermedad? Relacione su respuesta con los procesos fisiológicos de la planta y la biología del patógeno.
3. Describa el procedimiento completo que seguiría un ingeniero agrónomo para recolectar material vegetal enfermo en campo destinado a un herbario fitopatológico.
4. Mencione tres síntomas específicos de origen fúngico y explique cómo estos pueden diferenciarse de los inducidos por bacterias.
5. ¿Qué consideraciones deben tenerse al prensar hojas con signos visibles de hongos para evitar la pérdida de estructuras diagnósticas?
6. Justifique la importancia del herbario fitopatológico como herramienta de investigación y docencia en instituciones agrícolas.
7. Describa el papel de los factores ambientales en la expresión de síntomas y explique cómo pueden inducir errores de diagnóstico si no se consideran adecuadamente.
8. Elabore una propuesta de formato de etiqueta ideal para una muestra de herbario que preserve toda la información necesaria para estudios futuros.
9. Indique cómo la preservación inadecuada del material puede alterar o destruir signos importantes y cómo esto afectaría la identificación final del patógeno.
10. A partir de un caso hipotético donde observa manchas irregulares con halo clorótico y exudado bacteriano, explique el proceso de diagnóstico que seguiría y qué técnicas complementarias emplearía.

Hoja de resultados

	OBJETIVO: _____ AUMENTO TOTAL: _____ DESCRIPCIÓN:

PRÁCTICA NO. 2

IDENTIFICACIÓN DE SINTOMAS EN PLANTAS ENFERMAS

1. Propósito de la práctica:

- 1.1 Reconocer, describir y clasificar los diferentes tipos de síntomas presentes en plantas enfermas, aplicando criterios científicos de diagnóstico fitopatológico.
- 1.2 Desarrollar habilidades de observación sistemática para diferenciar síntomas causados por agentes bióticos de aquellos generados por factores abióticos.
- 1.3 Fortalecer la capacidad de análisis de los estudiantes para interpretar la interacción planta-patógeno mediante la identificación precisa de síntomas en campo y laboratorio.

2. Marco Teórico

Introducción

La identificación de síntomas en plantas enfermas constituye uno de los pilares fundamentales del diagnóstico fitopatológico, siendo una competencia esencial para ingenieros agrónomos, técnicos agrícolas e investigadores. La correcta interpretación de los síntomas permite reconocer alteraciones funcionales, inferir posibles agentes causales e iniciar procesos sistemáticos de diagnóstico. Según Agrios (2005), un síntoma es “cualquier manifestación perceptible de una alteración fisiológica o estructural en la planta, como resultado de la interacción con un agente patógeno o un factor ambiental adverso”.

En la práctica agronómica, la identificación de síntomas no solo tiene un valor académico, sino también económico, ya que permite anticipar brotes epidémicos, implementar medidas de manejo oportuno y reducir pérdidas en los cultivos. Además, los síntomas forman la base para decidir qué muestras recolectar, qué pruebas aplicar y qué métodos de laboratorio utilizar.

Concepto de síntoma en fitopatología

Los síntomas reflejan la respuesta de la planta ante un desequilibrio interno causado por un agente biótico o abiótico. A diferencia de los signos (manifestaciones físicas del patógeno), los síntomas representan un efecto indirecto, producto de la interacción fisiológica entre patógeno y hospedero. La identificación de síntomas exige una observación integral del cultivo, considerando patrones espacio-temporales, condiciones climáticas, arquitectura de la planta y estado fenológico.

Los síntomas pueden clasificarse en generales y específicos:

Clasificación de síntomas en plantas

Síntomas generales o fisiológicos

Son alteraciones funcionales que afectan procesos metabólicos esenciales:

- a. **Clorosis:** Disminución o pérdida de clorofila que produce un color amarillo característico. Se observa en infecciones virales, deficiencias nutricionales, estrés hídrico o presencia de agentes como *Phytoplasma*.
- b. **Marchitez:** Se presenta como pérdida de turgencia por falla en la conducción de agua. Es frecuente en enfermedades vasculares producidas por *Fusarium oxysporum*, *Verticillium spp.* y *Ralstonia solanacearum*.
- c. **Necrosis:** Muerte celular localizada que se expresa como manchas oscuras, tejidos colapsados o bordes quemados. Común en infecciones fúngicas y bacterianas.
- d. **Enanismo y reducciones del crecimiento:** Resultado de alteraciones hormonales frecuentemente inducidas por virus, fitoplasmas o nematodos.

Síntomas específicos o morfológicos

Comprometen estructuras particulares del tejido vegetal:

- a. **Manchas foliares:** Lesiones delimitadas causadas por hongos (*Alternaria*, *Cercospora*), bacterias (*Xanthomonas spp.*) o virus.
- b. **Cancros o chancros:** Zonas hundidas y necróticas en tallos o ramas causadas por hongos como *Nectria* o *Botryosphaeria*.
- c. **Podredumbres:** Descomposición de tejidos por acción de enzimas liberadas por hongos o bacterias. Pueden ser acuosas, blandas, secas o fibrosas.
- d. **Agallas y tumores:** Proliferación exagerada de células inducida por *Agrobacterium tumefaciens*, nematodos o ciertos hongos.
- e. **Mosaicos, moteados y distorsiones:** Cambios visibles en patrones de pigmentación atribuidos principalmente a virus como el Virus del mosaico del pepino (CMV) o el Virus del mosaico del tabaco (TMV).

Principios agronómicos para la identificación adecuada de síntomas

La observación de síntomas debe considerar:

Distribución espacial

Síntomas distribuidos en “manchas” dentro de un lote pueden indicar patógenos transmitidos por agua o suelo; patrones lineales sugieren daño mecánico o estrés abiótico.

Distribución en la planta

- Síntomas en hojas jóvenes → probables virus.
- Síntomas en hojas viejas → deficiencias nutricionales u hongos foliares.

- Síntomas basales → patógenos de suelo.

Condiciones ambientales recientes

La humedad, temperatura y radiación modifican la expresión de síntomas; por ello, los datos climáticos son indispensables en la fase diagnóstica.

Estado fenológico de la planta

Muchas enfermedades se expresan solo en estados específicos, como floración o fructificación.

Interacción hospedero-patógeno

Cada patógeno presenta características fisiológicas particulares que determinan el tipo de síntoma y su agresividad.

Importancia de la identificación correcta de síntomas

La identificación de síntomas cumple múltiples funciones en la agronomía:

- Constituye el primer paso del diagnóstico fitopatológico.
- Permite formular hipótesis para determinar el agente causal.
- Facilita la toma de decisiones sobre muestreo, pruebas de laboratorio y medidas de manejo.
- Apoya la detección temprana de epidemias en campo.
- Alimenta registros históricos para modelos epidemiológicos.
- Es esencial para la elaboración de herbarios fitopatológicos, que sirven como banco de referencia visual y morfológica para investigación y docencia.

3. Ejemplos

Identificación de síntomas y signos

Identificación de síntomas y de signos en ejemplares vegetales enfermos utilizando la clave de identificación de síntomas y signos.

Los ejemplares a identificar se observan cuidadosamente, utilizando la lupa y el microscopio cuando sea necesario, siguiendo la Clave de identificación de Síntomas y Signos.

Cuadro para identificación de síntomas y signos

1.1. PLESIONECROSIS	
El tejido foliar toma coloraciones amarillentas debido a la destrucción de la clorofila	AMARILLAMIENTO
Presencia de tejidos débiles y flácidos debido a la pérdida de la turgencia celular provocada por la carencia de agua, casi siempre por el taponamiento de los vasos conductores a causa de los patógenos.	MARCHITEZ
Manchas translúcidas, acuosas, como pequeñas gotas de agua contenidas dentro de los espacios intercelulares. Estas acumulaciones de líquidos provienen de células que han sufrido daños en sus membranas celulares.	HIDROSIS
1.2. HOLONECROSIS	
Si se presentan en tejidos de almacenamiento	1.2.1
Si se presentan en tejidos verdes	1.2.2
Si se presentan en tejidos leñosos	1.2.3
1.2.1. TEJIDOS DE ALMACENAMIENTO	
Los tejidos sufren rápidamente una descomposición	1.2.1.1. PUDRICIÓN
1.2.1.1. PUDRICIÓN	
Si es antecedida por hidrosis y con un reblandecimiento de los tejidos	PUDRICIÓN BLANDA
El agua es eliminada muy rápido de los tejidos, por lo que el órgano atacado se seca, quedando con un aspecto arrugado, duro y seco	MOMIFICACIÓN
1.2.2. TEJIDOS VERDES	
Marchitez y caída de las plantitas de almácigo, como consecuencia de la muerte (necrosis) de las células del cuello del tallo	AHOGAMIENTO O “DAMPING-OFF”
Necrosis localizada alrededor del borde de la hoja	CHAMUSCADO
Necrosis extendida en toda la lámina foliar	TIZÓN
Zonas de tejido necrótico bien definidas, de diversos colores y tamaños, en ocasiones rodeadas por un borde púrpura o de algún otro color	MANCHADO
Manchas necróticas muy pequeñas que después se rasgan y se caen dejando pequeños orificios	TIRO DE MUNICIÓN

Manchas necróticas sobre las que existe crecimiento micelial oscuro	RONCHA O ERUPCIÓN
Manchas necróticas muy pequeñas extendidas en todo el órgano	ABIGARRADO
Zonas alargadas de necrosis, a lo largo de venas y tallos	RAYADO
Zonas necróticas alargadas, en las regiones intervenales de la lámina	BANDEADO
Repentina desecación, debilitación y muerte de toda la hoja debido a la acción indirecta de la actividad del patógeno	ESCALADADURA
Necrosis epidérmica que da como resultado un blanqueado de la epidermis y de los tejidos adyacentes en el fruto y las hojas	AGOSTAMIENTO
Muerte repentina de brotes o yemas foliares	
Necrosis extensiva que provoca la caída de los frutos	DESGRANAMIENTO
1.2.3. TEJIDOS LEÑOSOS	
Necrosis restringida a los tejidos corticales del tallo o raíz, generalmente rodeado de un callo de tejido sano	CÁNCER O CANCRO
Necrosis extensiva que se origina en el ápice de brotes y corre hacia la base, por lo general después de la hibernación	MUERTE REGRESIVA
Exudado de tejidos leñosos, de consistencia acuosa, generalmente de colores vivos	SANGRADURA
Exudados de consistencia viscosa o gomosa, generalmente en frutos	GOMOSIS
3. HIPERPLASIA.	
Existe un desarrollo excesivo en tamaño y color de algún órgano de la planta o de la planta completa, o bien por un desarrollo precoz de los órganos	
Desarrollo excesivo de la planta en general	3.1. GIGANTISMO
Acumulación excesiva de pigmentos	3.2. HIPERCROMÍA
Los órganos se desarrollan fuera de lugar o con otras formas	3.3. METAPLASIA
3.1 GIGANTISMO	
Se da un torcimiento de los brotes o enrollamiento de las hojas por crecimiento excesivo de una parte del órgano	VERRUCOSIS O ENCHINAMIENTO
Marchitez causada por hinchamientos de las células epidérmicas y subepidérmicas, provocada por la acumulación excesiva de agua	COSTRA O ESCARA
Sobrecrecimiento de tejido epidérmico, en forma de pequeñas lesiones, ásperas, elevadas, formadas por células con paredes suberizadas	INTUMESCENCIA

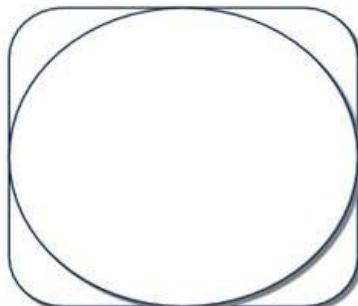
Hinchazón provocada por la acumulación excesiva de material nutritivo, generalmente encima de un área constreñida	SARCOSIS
Hinchazón localizada que envuelve a órganos completos	TUMEFACCIÓN (tumores, nódulos agallas)
Desarrollo de órganos adventicios alrededor de un punto local	FASCICULACIÓN “ESCOBA DE BRUJA”
Crecimiento laminar de tallos u otros órganos cilíndricos, provocando que estos tomen forma aplanada y extendida	FASCICACION
Desarrollo continuado después de que se alcanza el desarrollo normal	PROLIFERACIÓN
3.2. HIPERCROMIA	
Coloración verdosa en tejidos normalmente carentes de clorofila, debido a la producción y acumulación de ésta en los órganos	VIRESCENCIA
Coloración púrpura resultante del desarrollo excesivo de antocianinas	ANTOCIANESCENCIA
Coloración cobriza como resultado de diversos procesos que acumulan pigmentos, como puede ser la deficiencia de potasio	BRONCEADO
3.3 METAPLASIA	
Desarrollo de órganos en posiciones anormales	HETEROTROPIAS
Desarrollo de pétalos u otros órganos florales en forma de hojas	FILODIOS
Desarrollo de hojas juveniles en plantas maduras	JUVENILODIOS
SIGNOS	
Exudados bacterianos de tipo cremoso y de color blanquecino	ZOGLEAS
Se observa el crecimiento de organismos semejantes a los hongos, en particular sus micelios y esporangios, que dan una apariencia de fieltro suave, localizado en el envés de las hojas. Casi siempre se observa en el haz una mancha en correspondencia. Son producidos por Peronosporales	MILDIU O CENICULLA VELLOSA
Se observa el crecimiento vegetativo del hongo, como un micelio de color blanquecino o grisáceo, en pequeños manchones o de forma continua, que aparenta polvo sobre las hojas. En algunas ocasiones se observan conidios y cleistotecios. Todos son producidos por Erisifales	OÍDIO O CENICILLA POLVOSA

Presencia de pústulas que contienen una gran cantidad de esporas de hongos Uredinales. Son circulares en dicotiledóneas y alargadas en monocotiledóneas. Su color varía entre amarillo, naranja y café oscuro, dependiendo del tipo de espora que contengan (uredosporas o teliosporas)	ROYA
Se presenta una masa de color negro, compuesta por teliosporas de hongos Ustilaginales, la cual puede estar cubierta por una membrana de la planta, o bien puede estar desnuda	CARBÓN
Micelio y conidios de hongos de color oscuro, producidos por Melioalaceas o Capnodiaceas. A pesar de que son saprófitos, llegan a formar verdaderas costras sobre la epidermis de las hojas, de los frutos o de las ramas que disminuyen el área fotosintética	FUMAGINA

HOJA DE TRABAJO No. 2

1. ¿Cómo definiría un síntoma en fitopatología y cuáles son sus principales diferencias con los signos?
2. Describa paso a paso cómo procedería para identificar síntomas en una planta que presenta decaimiento generalizado.
3. ¿Por qué la clorosis puede tener múltiples causas y qué criterios utilizaría para diferenciar entre una infección patogénica y una deficiencia nutricional?
4. Analice un caso hipotético donde una planta presenta manchas foliares necróticas. ¿Qué tipo de patógenos consideraría primero y por qué?
5. Explique la relación entre factores ambientales y variabilidad en la expresión de síntomas.
6. Mencione y describa tres síntomas específicos que indiquen un posible ataque de patógenos fúngicos.
7. ¿Cómo influye el estado fenológico de la planta en la manifestación de síntomas? De un ejemplo.
8. ¿Qué importancia tiene la distribución espacial de los síntomas en el diagnóstico fitopatológico?
9. Si observa mosaicos en hojas jóvenes, ¿qué hipótesis diagnósticas plantearía y qué pruebas realizaría para confirmarlas?
10. ¿Por qué es fundamental realizar una observación general del cultivo antes de examinar individualmente una planta enferma?

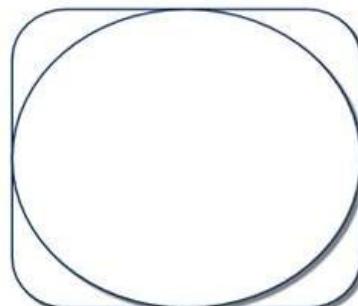
Hoja de resultados



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

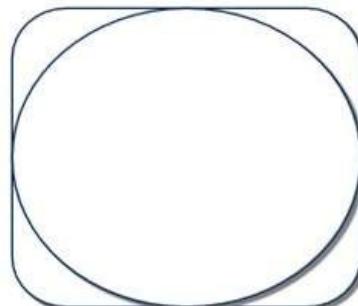
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

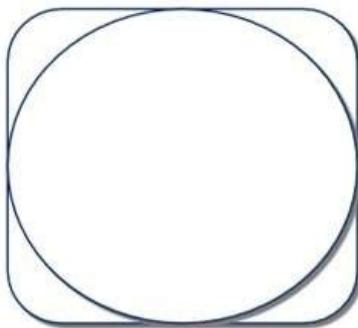
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

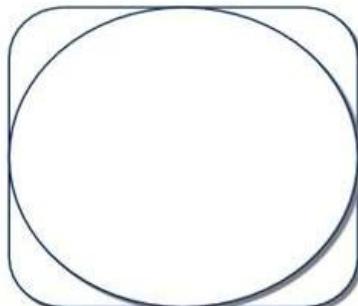
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

DESCRIPCIÓN:

PRÁCTICA NO. 3

IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES HONGOS FITOPATÓGENOS

1. Propósito de la práctica:

- 1.1 Reconocer y describir, mediante observación en campo y en laboratorio, las características morfológicas (síntomas y signos) de los principales hongos fitopatógenos que afectan los cultivos de importancia en Guatemala.
- 1.2 Aplicar técnicas de muestreo, aislamiento y microscopía básica para obtener y caracterizar aislamientos fúngicos representativos de muestras de cultivo.
- 1.3 Interpretar los resultados de diagnóstico (observación, aislamiento e información climática) para formular recomendaciones de manejo integrado adaptadas a la región y cultivo.

2. Marco Teórico:

Introducción

Los hongos fitopatógenos son agentes biológicos que producen enfermedades en plantas cultivadas y silvestres, con impactos que van desde pérdidas locales de rendimiento hasta crisis socioeconómicas en regiones dependientes de cultivos específicos. La identificación temprana y precisa de los hongos responsables es una competencia clave del ingeniero agrónomo, porque informa decisiones de manejo integrado, selección de variedades, prácticas culturales y muestreo para análisis de laboratorio. El diagnóstico combina observación de síntomas (respuesta de la planta) y signos (estructuras o productos del propio hongo), con pruebas de laboratorio (aislamiento, microscopia, pruebas bioquímicas y métodos moleculares). Los hongos y los organismos semejantes a estos comprenden el grupo más numeroso de microorganismos fitopatógenos (ocho mil especies) y son los causantes de la mayoría de las pérdidas económicas agrícolas, debido al gran número de enfermedades que ocasionan. Se considera que todas las plantas son atacadas al menos por un hongo, y muchas son afectadas por un gran número de estos organismos.

Clasificación funcional y morfológica de los hongos fitopatógenos

Desde la perspectiva práctica, los hongos patógenos se agrupan por su modo de vida y estructuras diagnósticas:

- **Biotrofos obligados:** dependen de tejidos vivos para completar ciclos (ej. muchos oídios y roya).
- **Hemibiotrofos:** fase biotrófica seguida de necrosis (ej. *Colletotrichum*, *Moniliophthora roreri*).
- **Necrotróficos:** matan tejido y se alimentan de la materia muerta (ej. *Alternaria*, *Sclerotinia*, *Botrytis*).

Morfologías útiles para identificación incluyen conidios, esporangios, esclerocios, acérvulos, peritecios y estructuras de fructificación específicas. Conocer la biología (sobrevivencia en suelo, sustrato o tejidos, requisitos climáticos) es esencial para interpretación en campo.

Principios agronómicos de identificación: síntomas y signos

La identificación inicia en el campo:

- **Síntomas:** clorosis, necrosis, manchas foliares (morfología: anulares, angulares, concéntricas), marchitez vascular, podredumbre (blanda/acuosa vs seca/fibrosa), defoliación, agallas, deformaciones y mosaicos.
- **Signos:** presencia de micelio algodonoso, masas de esporas (polvillo), esclerocios (estructuras duras de supervivencia), acérvulos o picnidios (conidióforos y conidios visibles en la superficie), fructificaciones, exudados bacterianos (cuando están presentes mezclas), o pústulas de roya.

La distribución espacial (manchas en parches, línea, dispersión uniforme), la distribución en la planta (órganos afectados y edad de tejido), el historial del cultivo y las condiciones ambientales (temperatura, humedad, lluvia) son determinantes para acotar posibles agentes.

Métodos de diagnóstico complementarios

Para pasar de una sospecha en campo a un diagnóstico confirmado se emplean:

- Observación macroscópica y fotográfica documentada (establecer patrón y contexto).
- Aislamiento en medio selectivo: colocación en PDA, CMA u otros medios según el grupo (ej., medios con antibióticos para evitar bacterias) y posterior observación de colonias.
- Microscopía: observación de conidios, esporas sexuales, hifas y estructuras sexuales con tinciones adecuadas.
- Pruebas de patogenicidad (postulados de Koch simplificados): re-inoculación en planta testigo para confirmar la capacidad del aislado de reproducir la enfermedad.
- Técnicas moleculares: PCR con cebadores específicos, secuenciación de ITS o genes de referencia (EF-1 α , β -tubulina, tef1) para identificación de especie y razas cuando es necesario.
- Herramientas de diagnóstico rápido: pruebas inmunocromatográficas o qPCR en laboratorios bien equipados, especialmente útiles en programas de cuarentena y manejo de plagas de alto impacto.

(Cada método tiene limitaciones; la integración de observación en campo + aislamiento + prueba molecular ofrece mayor resolución.)

Muestreo y preservación para análisis de hongos

Recomendaciones prácticas:

- Recolectar tejidos representativos en fases tempranas y avanzadas; incluir órganos afectados y sanos cercanos.
- Utilizar herramientas limpias; llevar muestras en bolsas de papel o cajas ventiladas; evitar plástico sellado que favorezca condensación y crecimiento de hongos secundarios.
- Para aislamiento inmediato: mantener muestras refrigeradas (4 °C) y procesar en un periodo de 24–48 h.
- Para herbario fitopatológico: prensado y secado cuidadoso; cuando el signo incluye esporulación superficial frágil, tomar fotografías y conservar muestras en sobres independientes con fragmentos sueltos (esporas, esclerocios) o en alcohol 70% si se requiere preservar tejido fresco para análisis histológico o molecular.

Estrategia de diagnóstico diferencial (puntos clave)

Para reducir falsos positivos/negativos:

- Distinguir daños abióticos (deficiencias, heladas, quemaduras químicas) que pueden mimetizar síntomas fúngicos.
- Tomar en cuenta sintomatología temporal (si el patrón empeora con alta humedad, sugiere infección fúngica foliar).
- Observar presencia de esporulación en tejido afectado (gran indicador de hongo foliar activo).
- Correlacionar con historial de cultivo y rotación (ejemplo, esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* indican riesgo por históricos).

Cómo se identifica cada enfermedad en la práctica (resumen)

Para cada enfermedad, el procedimiento operacional que aplica un ingeniero agrónomo sería:

- Registro en campo: foto + ubicación + historial del lote (rotación, variedades, manejo).
- Inspección macroscópica: descripción de lesiones (forma, tamaño, distribución), búsqueda de signos (micelio, esclerocios, pústulas).
- Muestreo representativo: tomar tejidos tempranos y avanzados, sanos de control, guardar en papel ventilado, refrigerar si va a demorarse el análisis.
- Aislamiento y observación microscópica: cultivo en laboratorio y examen de conidios/estructuras.
- Confirmación molecular cuando sea necesario (alteración de manejo, cuarentena o investigación).
- Elaboración de informe técnico con recomendaciones de manejo (rotación, fungicidas, prácticas culturales, selección varietal).

Recomendaciones agronómicas para el reconocimiento temprano

- Capacitar a técnicos y agricultores en rasgos visuales claves: distinguir “dianas” de *Alternaria*, “pústulas” de roya, “polvillo blanco” de *Moniliophthora roreri*.
- Mantener registros meteorológicos locales para correlacionar brotes con condiciones de riesgo.
- Implementar redes de monitoreo y muestreos periódicos en altitudes y microclimas representativos.
- Coordinar con laboratorios universitarios o institutos de investigación (USAC, ANACAFÉ, GUATECAÑA, entre otros) para confirmar patógenos y asesorar manejo.

3. Ejemplos

Preparaciones temporales.

- Se colocará una gota de agua en un portaobjetos y se agregará una pequeña cantidad de micelio y esporas provenientes de un cultivo de hongos.
- Se observará al microscopio.
- Si se observan micelio y esporas, se añadirá una pequeña gota de colorante para mejorar la visibilidad de las estructuras.
- Se colocará el cubreobjetos y se realizará una nueva observación al microscopio.
- Se esquematizará lo observado al microscopio.

Preparaciones semi-permanentes

- Se colocará una gota de lugol o azul de metileno en un portaobjetos y se agregará una masa de micelio y esporas provenientes de un cultivo de hongos.
- Se observará al microscopio.
- Si se observan micelio y esporas, se añadirá una pequeña gota del colorante para mejorar la observación de las estructuras.
- Se colocará el cubreobjetos y se realizará una nueva observación al microscopio.
- Se esquematizará lo observado al microscopio.

FINALMENTE, SE SELLARÁ LA PREPARACIÓN CON BARNIZ TRANSPARENTE (PINTAUÑAS TRANSPARENTE O ESMALTE DE UÑAS TRANSPARENTE Y SE ETIQUETARÁ ADECUADAMENTE)

Principales síntomas y signos de enfermedades causadas por hongos.

Cambio de color en las hojas: Manchas foliares



Manchas foliares en vid ocasionadas
por
Plasmopara viticola

Manchas foliares en manzana
ocasionadas por
Venturia inaequalis

Muerte celular: Manchas necróticas



Manchas necróticas en
níspero ocasionadas
por *Entomosporium* sp.

Manchas necróticas en
lechuga ocasionadas
por *Bremia lactucae*

Manchas necróticas con
círculos concéntricos en h
ojas de
tomate ocasionadas
por *Alternaria* sp.



Manchas de centros claros, puntuaciones negras y bordes oscuros en hoja de tomate ocasionadas por *Septoria* sp.

Cibrado



Hoja de vid
presentando cribado
ocasionado por
Sphaceloma ampelinum.

Cancro



Cancro en rama de durazno producido por *Monilinia fruticola*.

Cancro en rama de manzano ocasionado por *Botryosphaeria* spp.

Cancro en tronco de manzano producido por *Phytophthora* spp.

Tizón



Tizón de la planta de papa ocasionado por *Phytophthora infestans*.

Tizón en flor y rama de duraznero producida por *Monilinia fruticola*

Momificado



Frutos momificados de durazno ocasionados por *Monilinia fruticola*

Podredumbre húmeda



Podredumbre en fruto de tomate producida por *Rhizopus* sp.

Podredumbre en fruto de zapallo producida por *Fusarium* spp.

Podredumbre en fruto en manzana producida por *Penicillium expansum*

Podredumbre seca



Podredumbre cúbica de la madera

Muerte de plántulas



Muerte de plantines en tomate,
"Damping off"

Desarrollo anormal de tejidos



Abolladura, enrollamiento y antocianescencias en hojas de durazno producido por *Taphrina deformans*

Deformación en frutos de durazno ocasionado por *Taphrina deformans*

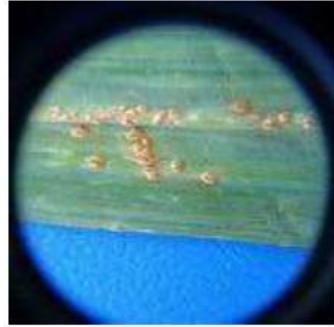
Costra

	
Costras en fruto de limón producidas por <i>Elsinoe</i> sp. / <i>Sphaceloma</i> sp.	Costras en frutos de manzano producidas por <i>Venturia inaequalis</i> .

Pérdida de turgencia: Marchitez

	
Marchitamiento en planta de morrón producido por <i>Sclerotium rolfsii</i>	Marchitamiento en planta de tomate producido por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>

Ruptura de epidermis: Pústulas

	
Pústulas con uredosporas en hojas de ajo producida por <i>Puccinia allii</i>	Pústulas con esporangios en hoja de nabo producidas por <i>Albugo</i> sp.

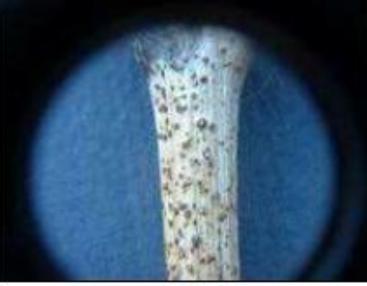
Sustitución



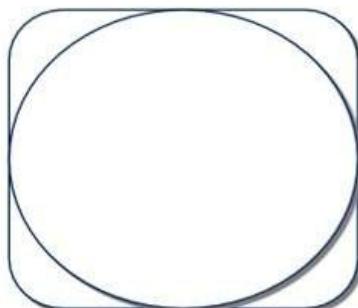
Sustitución de órganos florales por
teliosporas de
Ustilago tritici.

Sustitución de granos de centeno por
esclerotos de *Claviceps sp.*

Signos

		
Esporulación en fruto de tomates de <i>Colletotrichum sp.</i>	Micelio y esporulación en fruto de zapallo <i>Phytophthora spp.</i>	Esporulación en fruto de durazno <i>Monilinia fruticola</i> .
		
Esporulación en flor de <i>Botrytis cinerea</i>	Esclerotos en hoja de morrón de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Micelio en cuello de morrón de <i>Sclerotium rolfsii</i>
		
Esporulación en hojas de vid de <i>Plasmopara viticola</i>	Picnidios en sarmiento de vid producidos por <i>Phomopsis viticola</i>	

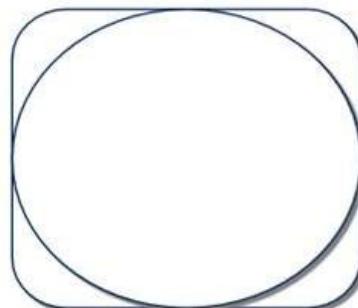
Hoja de resultados



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

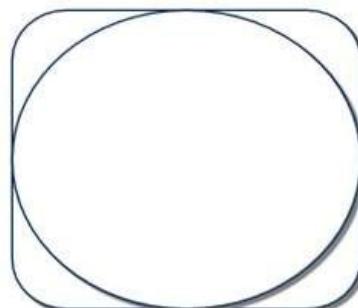
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

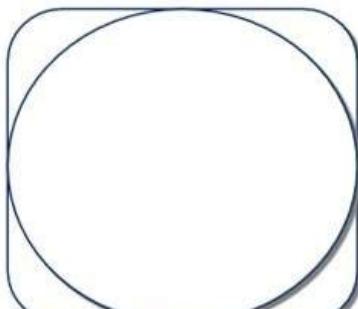
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

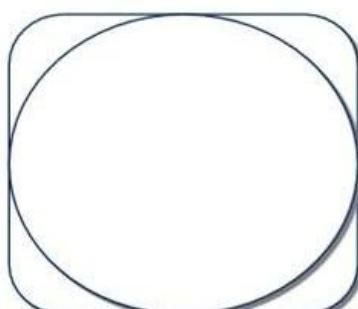
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

DESCRIPCIÓN:

HOJA DE TRABAJO No. 3

1. Describa detalladamente los rasgos morfológicos (síntomas y signos) que permitirían diferenciar una mancha foliar por Alternaria de una causada por Colletotrichum.
2. Explique por qué la presencia de esclerocios en el suelo es un indicador crítico para la planificación de la rotación de cultivos y de un ejemplo concreto.
3. Describa el protocolo de muestreo que usaría para enviar muestras de cacao sospechosas de moniliasis a un laboratorio regional. Incluya embalaje y datos de campo necesarios.
4. Con base a condiciones climáticas de alta humedad y temperaturas moderadas, ¿qué enfermedades fúngicas priorizaría para monitorear en banano y por qué?
5. Describa los pasos básicos para aislar un hongo foliar en el laboratorio y cómo confirmaría la identidad del aislado.
6. Explique cómo las características de la distribución espacial de los síntomas en un lote le ayudan a diferenciar entre un problema abiótico (p. ej., deficiencia de nutrientes) y una enfermedad fúngica.
7. Tome el caso del frijol con síntomas de agallas y lesiones necróticas: plantee una hipótesis sobre agentes posibles y detalle las pruebas que realizaría para confirmar cada una.
8. ¿Qué limitaciones tienen las observaciones visuales y qué papel juega la biología del patógeno (ej. biotrofía vs necrotrófica) en la interpretación de los síntomas?
9. Plantee un plan de manejo integrado para una plantación de cacao afectada por *Moniliophthora roreri*, considerando medidas agrícolas, fitosanitarias y de seguimiento.
10. Describa cómo y por qué emplearía técnicas moleculares para discriminar razas o linajes de *Colletotrichum* o *Magnaporthe* que afectan cultivos locales. ¿A qué hace referencia el término "síntoma"?

PRÁCTICA NO. 4

TÉCNICAS O MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE NEMÁTODOS FITOPATÓGENOS PARA SU RECONOCIMIENTO

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Aplicar y comparar los principales métodos de extracción de nemátodos fitopatógenos para su recuperación eficiente desde el suelo y tejidos vegetales.
- 1.2. Observar e identificar estructuras morfológicas diagnósticas en nemátodos fitopatógenos mediante microscopio compuesto.

2. Marco Teórico:

Introducción

Los nemátodos fitopatógenos constituyen uno de los grupos de patógenos más importantes en la agricultura mundial. En Guatemala, afectan cultivos fundamentales como café, banano, tomate, chile pimiento, hortalizas de raíz, maíz, frijol y ornamentales. Su impacto radica en su capacidad de parasitar raíces, inducir deformaciones, funcionar como vectores de virus y activar procesos de deterioro fisiológico que reducen el rendimiento.

El diagnóstico correcto depende de una extracción adecuada, observación morfológica detallada y uso de claves taxonómicas, lo cual exige dominio técnico por parte del ingeniero agrónomo. Los nemátodos poseen estructuras específicas (esófago, estilete, glándulas esofágicas, espículas, gubernáculo, vulva, morfología caudal, anillos cefálicos) que permiten identificar género y, en muchos casos, especie. La correcta interpretación de estas estructuras es esencial para el manejo integrado. Los nematodos son organismos que pertenecen al reino Animalia y son quizás los animales pluricelulares más abundantes en el mundo, después de los insectos, su tamaño fluctúa entre unas cuantas micras hasta 0.5 – 1 mm.

Estructuras y morfología del cuerpo de los nemátodos

La morfología de los nemátodos es la base del diagnóstico. Las estructuras clave incluyen:

Forma corporal general

- Cuerpo alargado, vermiforme, con simetría bilateral.
- Cutícula externa flexible, con estriaciones transversales visibles bajo microscopio.
- Extremo cefálico ligeramente redondeado; extremo caudal variable según especie (afilado, cónico, redondeado o hialino).

Cutícula

- Formada por capas proteicas.
- Presenta anillamientos o estrías que apoyan la identificación.

- En géneros como *Rotylenchulus* o *Meloidogyne* puede presentar engrosamientos o patrones específicos.

Cavidad bucal y estilete

- El estilete es una estructura rígida y punzante, usada para perforar células vegetales. Consta de las siguientes estructuras:
 - ✓ Cuerpo del estilete
 - ✓ Perillas basales (knobs), cuya forma ayuda a identificación
 - ✓ Orificio apical
 - ✓ Es el carácter morfológico más importante para identificar nemátodos fitopatógenos.

Esófago

Se divide en las siguientes partes:

- Región procorporal
- Metacorporal (bulbo medio)
- Glándulas esofágicas (dorsales y subventrales), estas glándulas producen enzimas que permiten la infección.

La forma del bulbo y la superposición del esófago sobre el intestino son características diagnósticas claves.

Sistema reproductivo

Hembras

- Típicamente didelfas (dos ovarios) o monodelfas (uno).
- La vulva suele ubicarse hacia la parte posterior del cuerpo.
- La forma de la vulva y posición son claves diagnósticas.

Machos

- Presencia de espículas (par) y gubernáculo (estructura guía).
- Cola muy variable morfológicamente, útil para taxonomía.

Cola

Esta puede ser:

- Cónica
- Afilada
- Hialina
- Redondeada

- Con hendidura ventral

La morfología caudal frecuentemente diferencia géneros similares.

Técnicas y métodos de extracción de nemátodos fitopatógenos

Una extracción correcta determina la calidad del diagnóstico.

1. Método de Baermann (embudo Baermann)

Principio: Los nemátodos activos se movilizan del suelo al agua por gravedad y movilidad innata.

Materiales:

- ✓ Embudo Baermann
- ✓ Malla o papel absorbente (Mayordomo o de cocina)
- ✓ Tubo colector
- ✓ Soporte y pinza
- ✓ Agua destilada

Procedimiento:

- ❖ Colocar el suelo o raíces picadas en papel o malla sobre el embudo.
- ❖ Llenar con agua hasta cubrir apenas la muestra.
- ❖ Esperar entre 24–48 horas.
- ❖ Recuperar el sedimento del tubo colector.

Ventajas:

Ideal para nemátodos móviles (*Pratylenchus*, *Helicotylenchus*).

Desventajas:

Extrae pocos huevos o estadíos inmóviles.

2. Método de elutriación y tamizado

Utilizado en laboratorios profesionales.

Procedimiento:

- ❖ Mezclar suelo con agua.
- ❖ Dejar sedimentar partículas pesadas.
- ❖ Pasar por tamices de 20–500 µm.

- ❖ Recuperar nemátodos en fracción inferior a 45 µm.

Ventajas:

Rápido y eficiente para extraer grandes volúmenes.

3. Centrifugación en solución de azúcar (Jenkins modificada)

Permite separar nemátodos mediante gradiente de densidad.

Procedimiento:

- ❖ Suspender suelo en agua y tamizar.
- ❖ Centrifugar para concentrar partículas.
- ❖ Añadir solución de sacarosa al 40–45 %.
- ❖ Centrifugar nuevamente para que los nemátodos floten.
- ❖ Recolectar sobrenadante y lavar.

Ventajas:

Excelente recuperación de nemátodos de cualquier tamaño.

Desventajas:

Requiere centrífuga y manipulación cuidadosa para evitar daño en estructuras.

4. Método Hussey & Barker (extractor para raíces)

Específico para extracción de *Meloidogyne* en raíces.

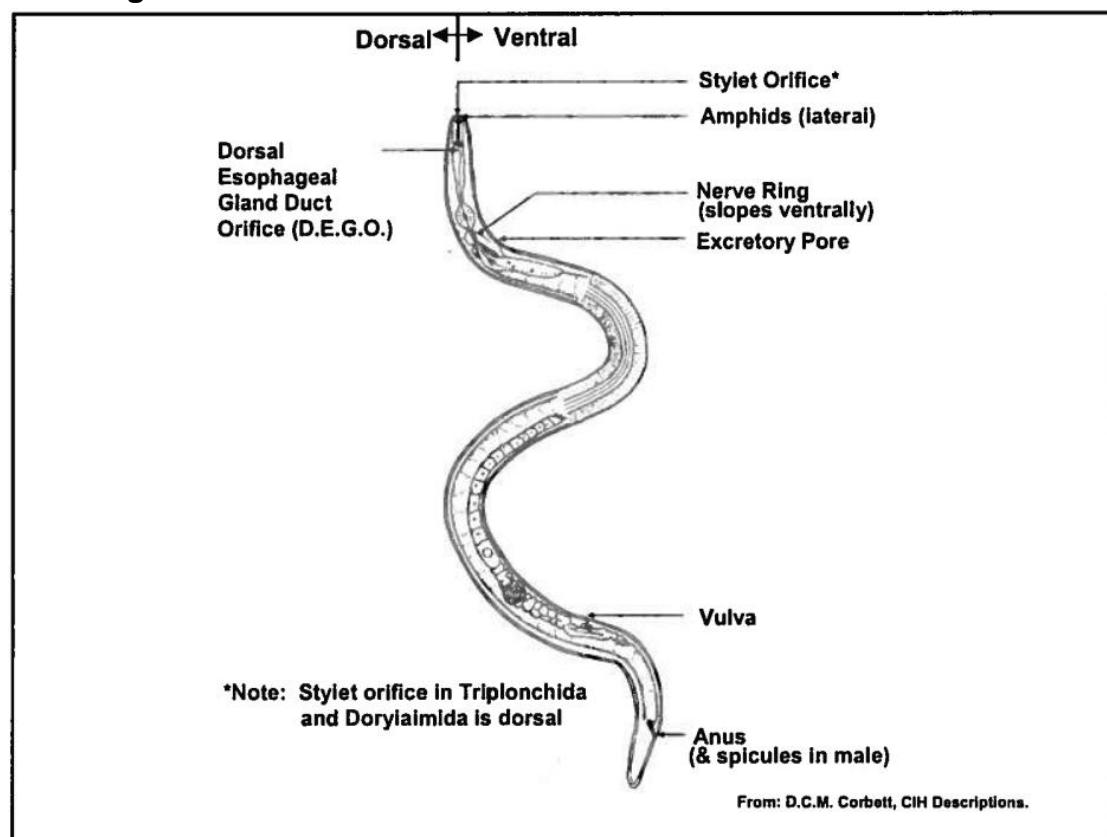
Procedimiento:

- ❖ Triturar raíces parasitadas.
- ❖ Homogeneizar en solución de hipoclorito de sodio (NaOCl).
- ❖ Lavar y tamizar para recuperar huevos o juveniles.

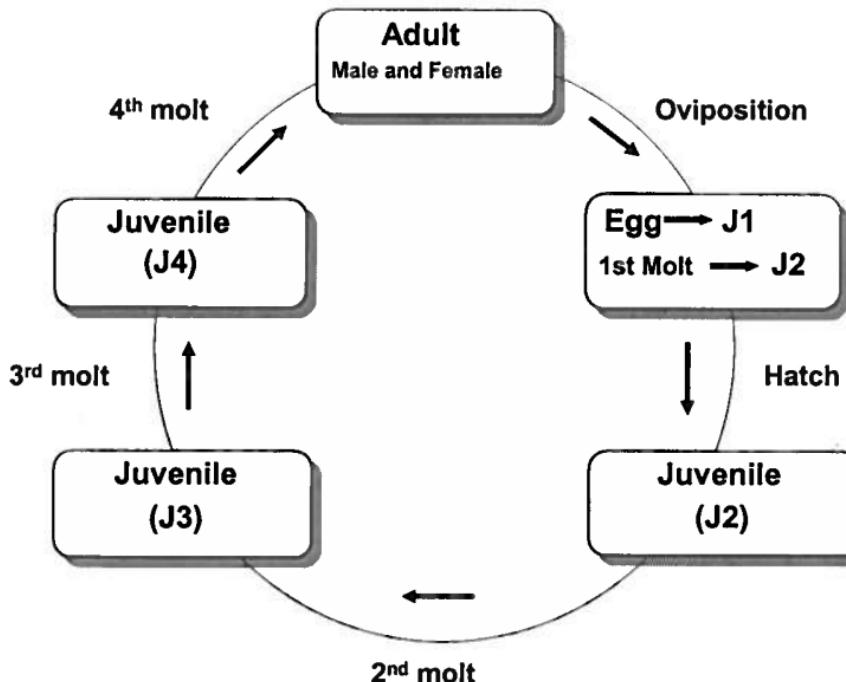
5. Extracción manual mediante disección

Utilizado para observar *Meloidogyne* dentro de agallas. Consiste en abrir agallas con Gillette, navaja o agujas de disección para observar hembras y masas de huevos.

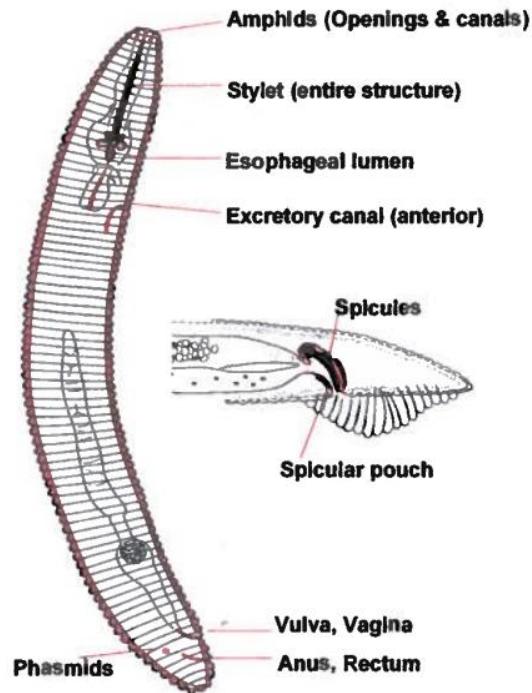
Morfología de los nemátodos



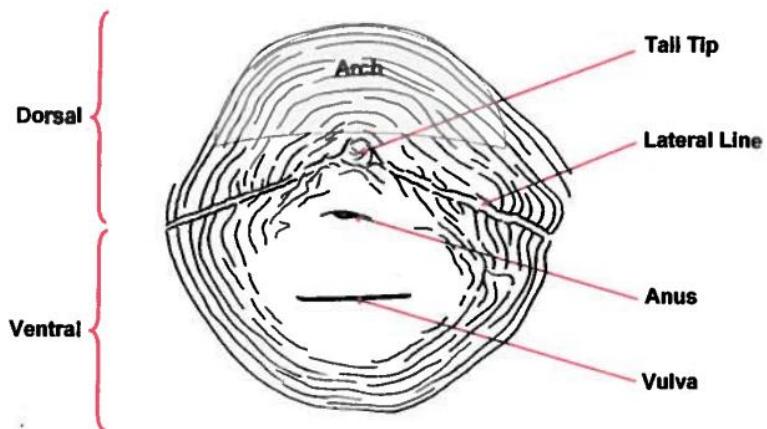
Basic Life Cycle of a Plant-parasitic Nematode



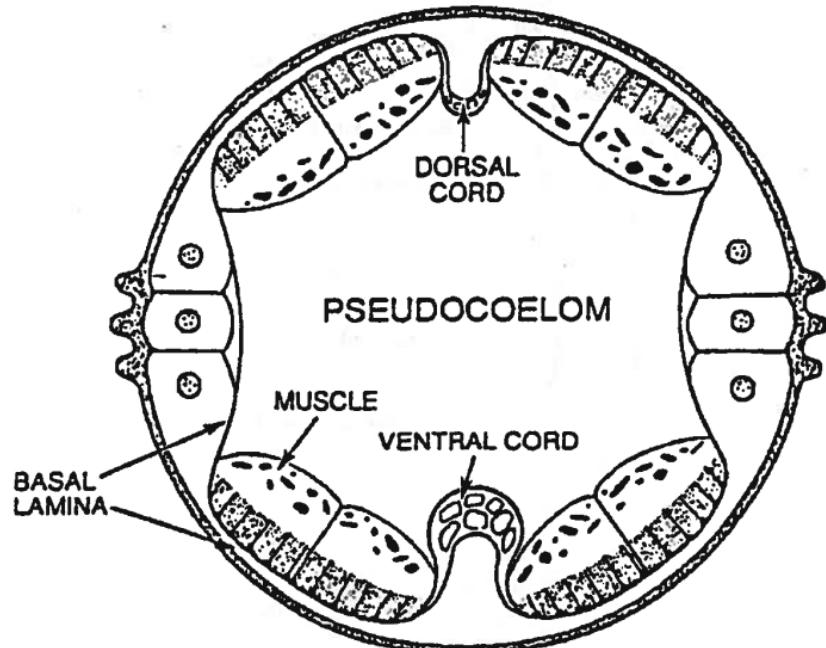
Cuticular Invaginations



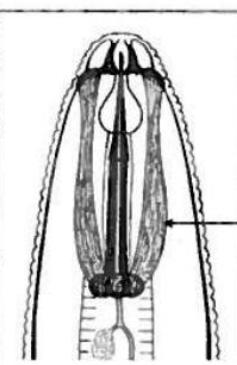
Perineal Pattern of *Meloidogyne* female



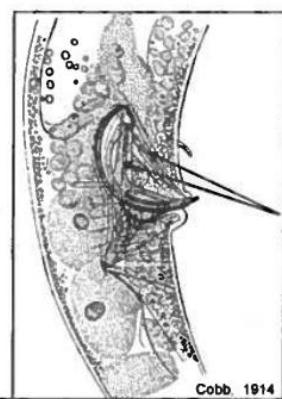
From Franklin, 1978



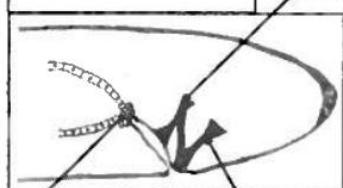
Specialized Muscles



Stylet protractors

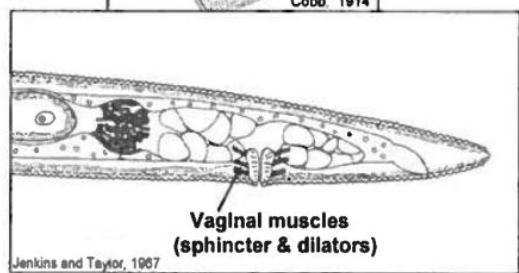


Spicule muscles
(Protractors and
Retractors)



Rectal dilator

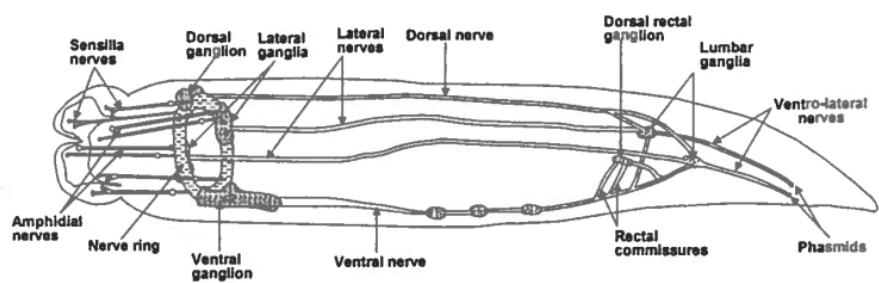
Intestino-rectal sphincter Anal depressor



Vaginal muscles
(sphincter & dilators)

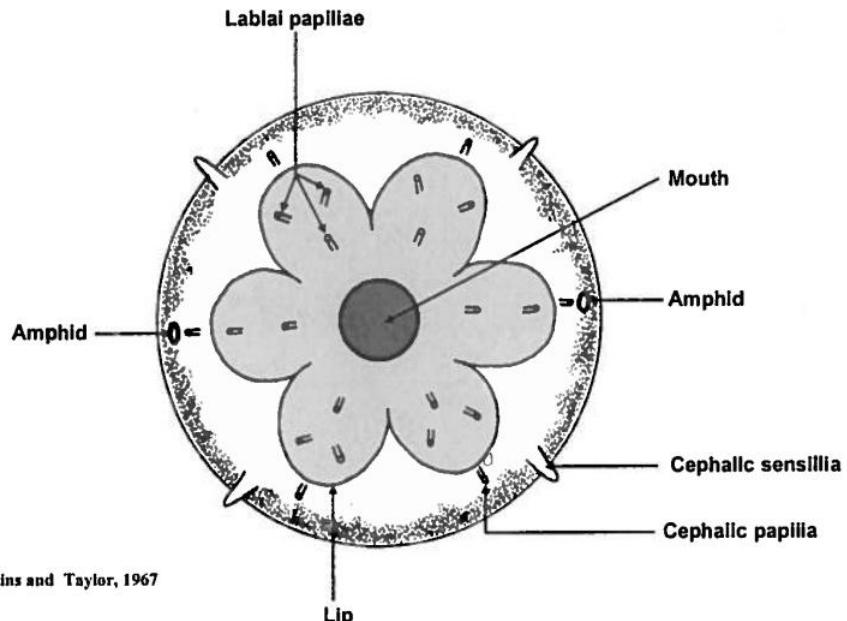
Jenkins and Taylor, 1967

Nervous System



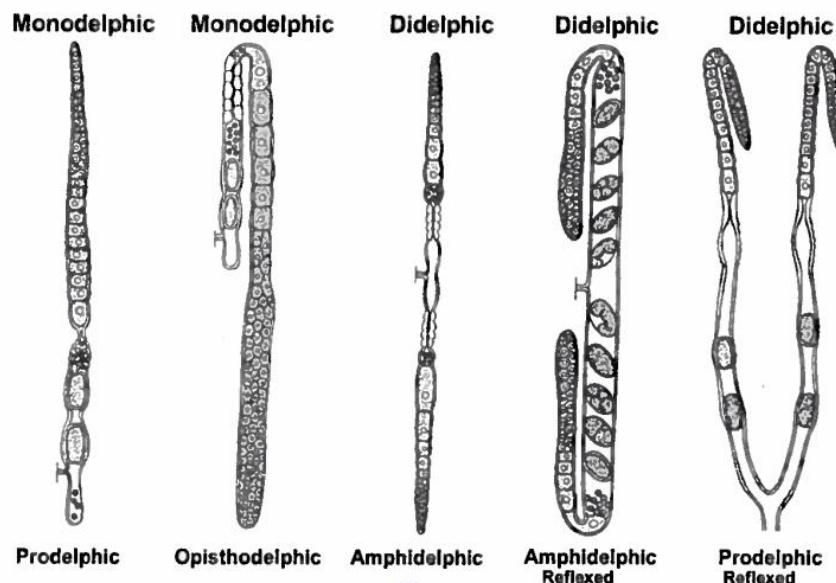
After Bird and Bird, 1991

Head Region (*En Face View*)



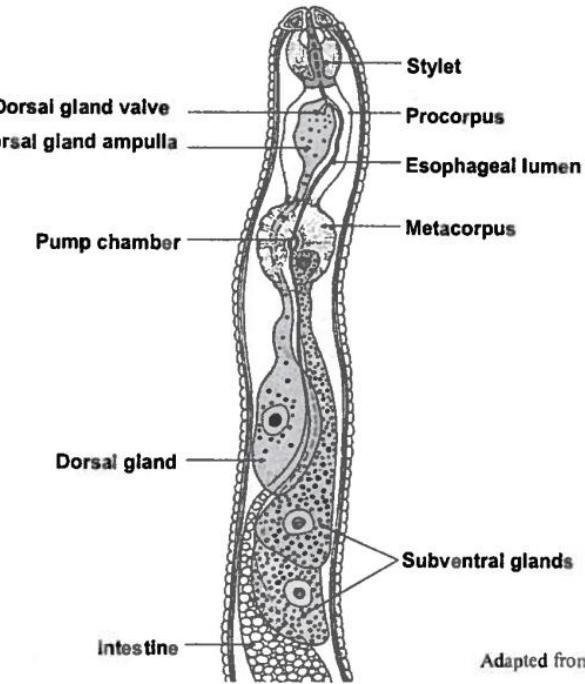
After Jenkins and Taylor, 1967

Female Gonads



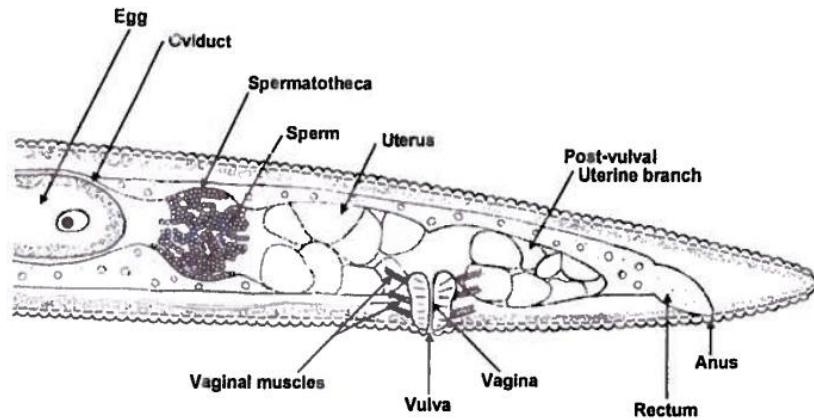
From H. Hirschman, 1960

Meloidogyne sp. Infective Juvenile



Adapted from Hussey, 1989

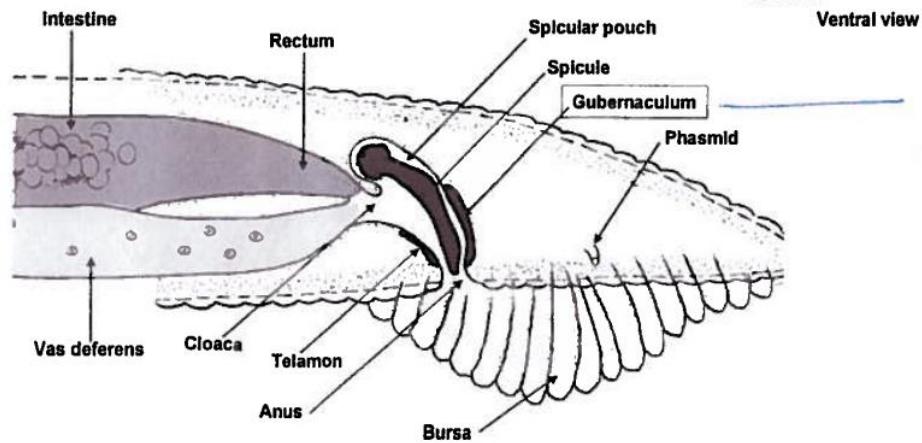
Female Tail



From Jenkins and Taylor, 1967

Imp. to sonnen → T

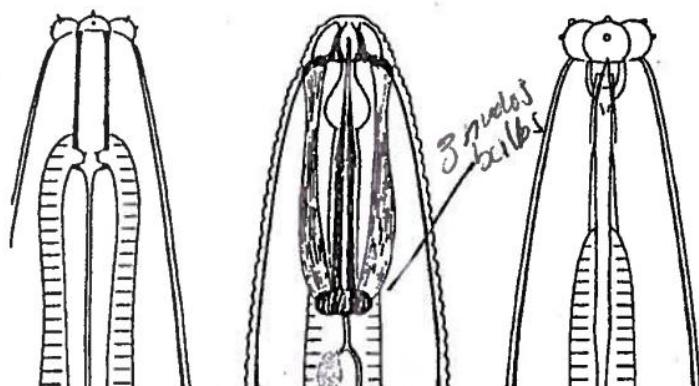
Male Tail



7

VARIATIONS OF BUCCAL CAPSULE

flange
+ larynx



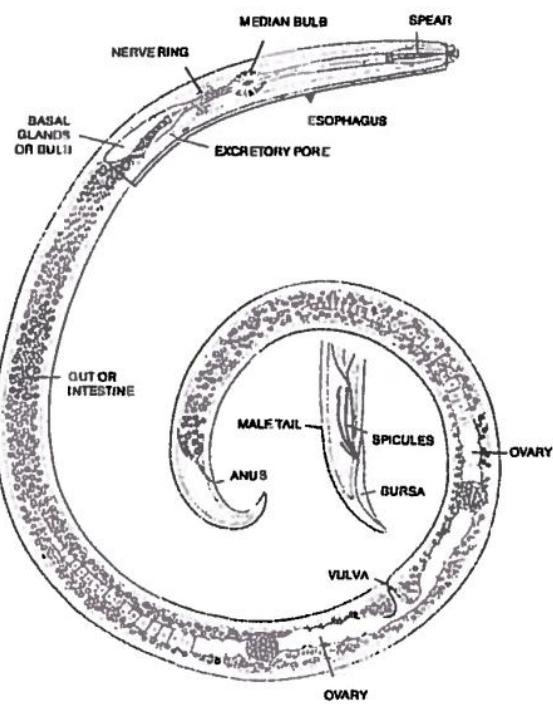
Cylindrical
(*Rhabditis*)

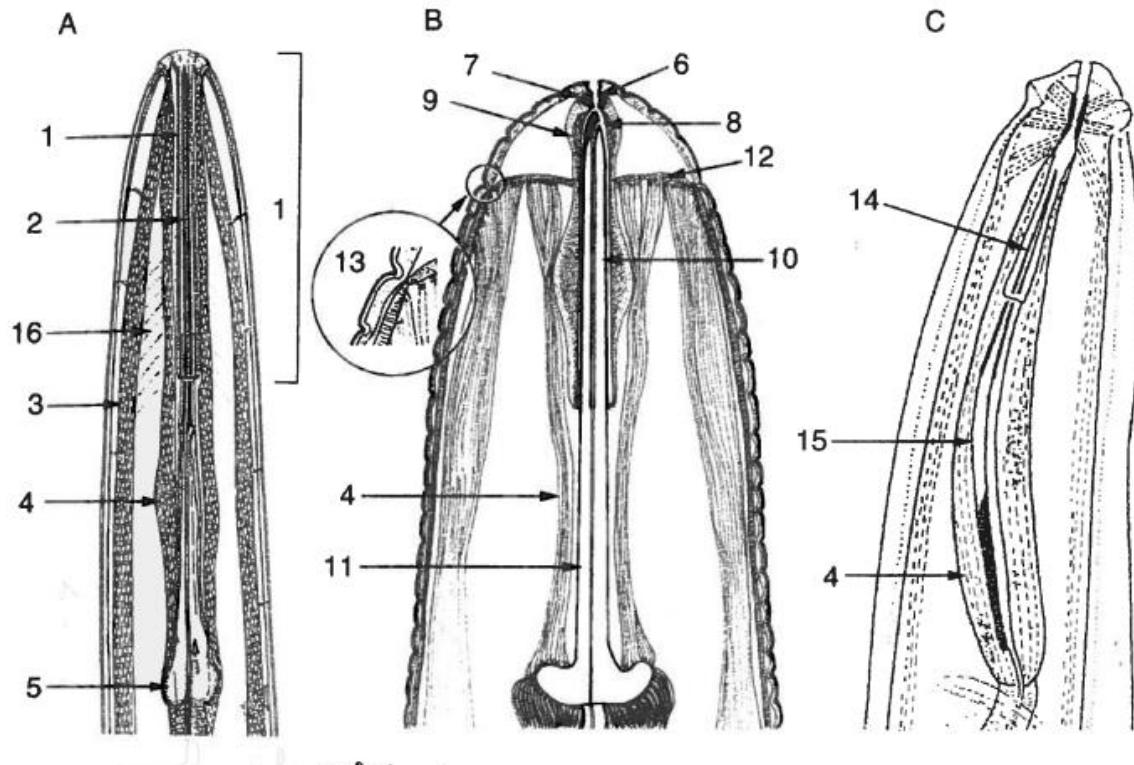
Stomatostylet
(*Rotylenchus*)

Odontostylet
(*Dorylaimus*)

mas com
3 partes
- forma de bulbo -

TYPICAL PLANT-PARASITIC NEMATODE



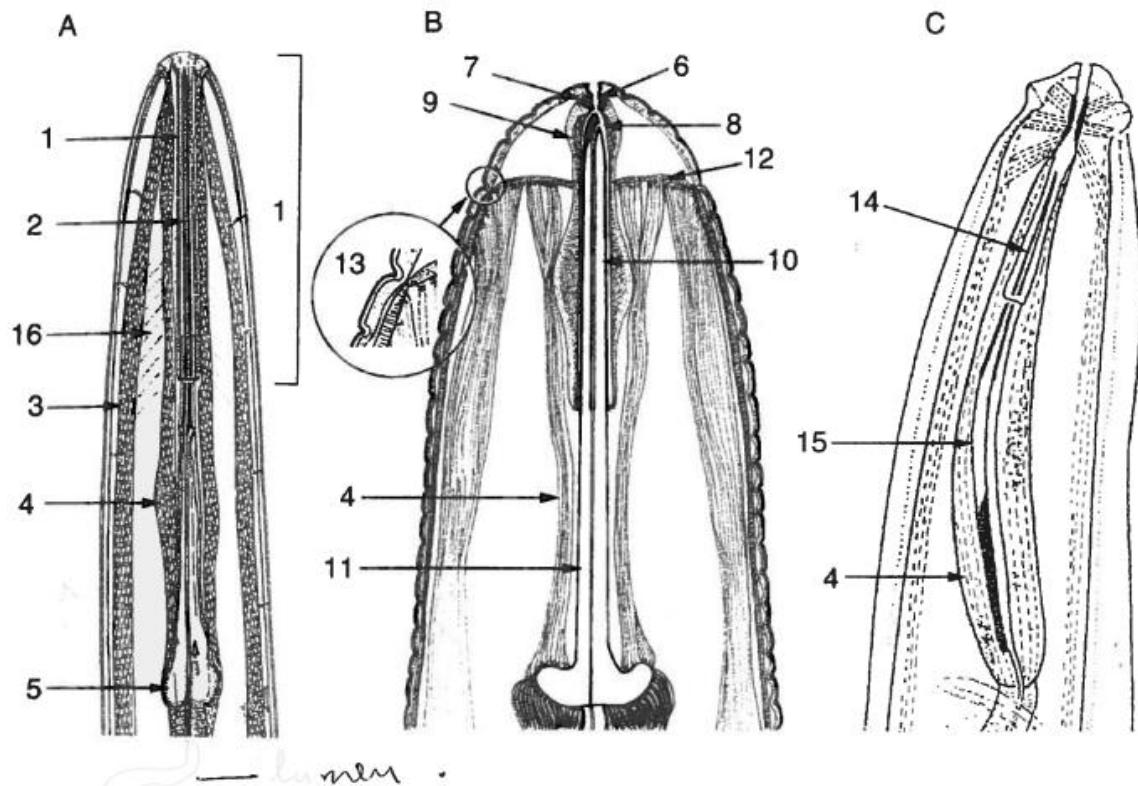


Stoma region and types of feeding apparatus in plant-parasitic nematodes.

A. Odontostyle and odontophore (Longidoridae). B. Stomatostylet with detail of body cuticle (inset) at base of cephalic framework (Tylenchomorpha). C. Onchiostyle (Trichodoridae).

1, Cheilostome; 2, odontostyle; 3, somatic muscles; 4, stylet protractor muscles; 5, odontophore with flanges; 6, pre-stoma; 7, thickening of cuticle around pre-stoma; 8, stylet opening; 9, stoma; 10, stylet conus; 11, stylet shaft and knobs; 12, basal cephalic framework; 13, body cuticle in detail, showing disappearance of median and striated basal zone in head region; 14 and 15, onchiostyle with onchium (14) and onchiophore (15); 16, dilatores buccae. A, From Coomans (1985); B, adapted from Endo (1980); C, from Maafi and Decraemer (2002).

2-
3-
1.



Stoma region and types of feeding apparatus in plant-parasitic nematodes.

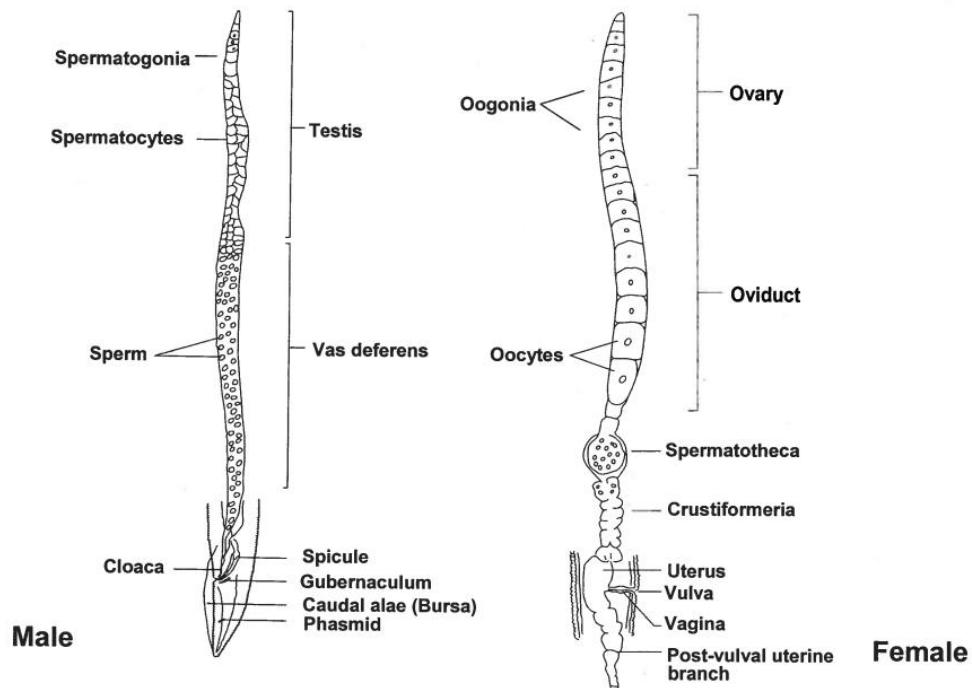
A. Odontostyle and odontophore (Longidoridae). B. Stomatostylet with detail of body cuticle (inset) at base of cephalic framework (Tylenchomorpha). C. Onchiostyle (Trichodoridae).

1, Cheilostome; 2, odontostyle; 3, somatic muscles; 4, stylet protractor muscles; 5, odontophore with flanges; 6, pre-stoma; 7, thickening of cuticle around pre-stoma; 8, stylet opening; 9, stoma; 10, stylet conus; 11, stylet shaft and knobs; 12, basal cephalic framework; 13, body cuticle in detail, showing disappearance of median and striated basal zone in head region; 14 and 15, onchiostyle with onchium (14) and onchiophore (15); 16, dilatores buccae. A, From Coomans (1985); B, adapted from Endo (1980); C, from Maafi and Decraemer (2002).

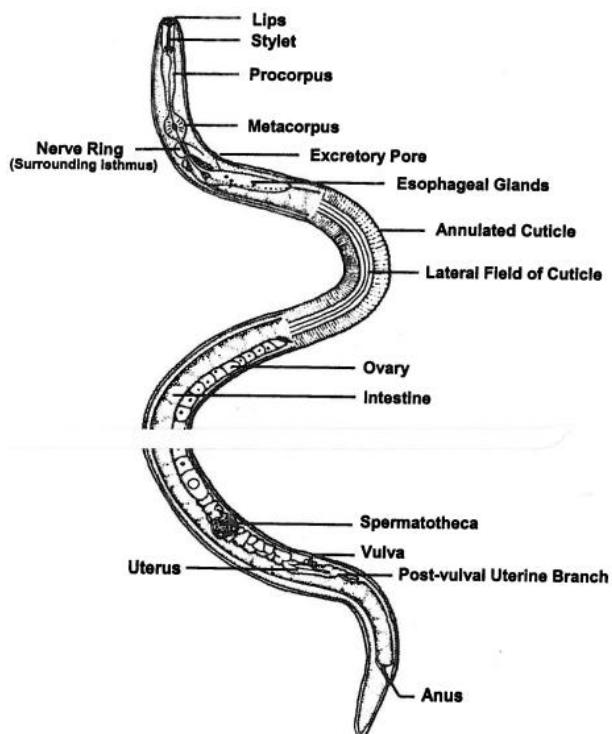
2-
3
1.

Reproductive System

Pratylenchus penetrans



Pratylenchus penetrans



Relative Sizes of Some Plant-Parasitic Nematodes (from Agrios, 1997)

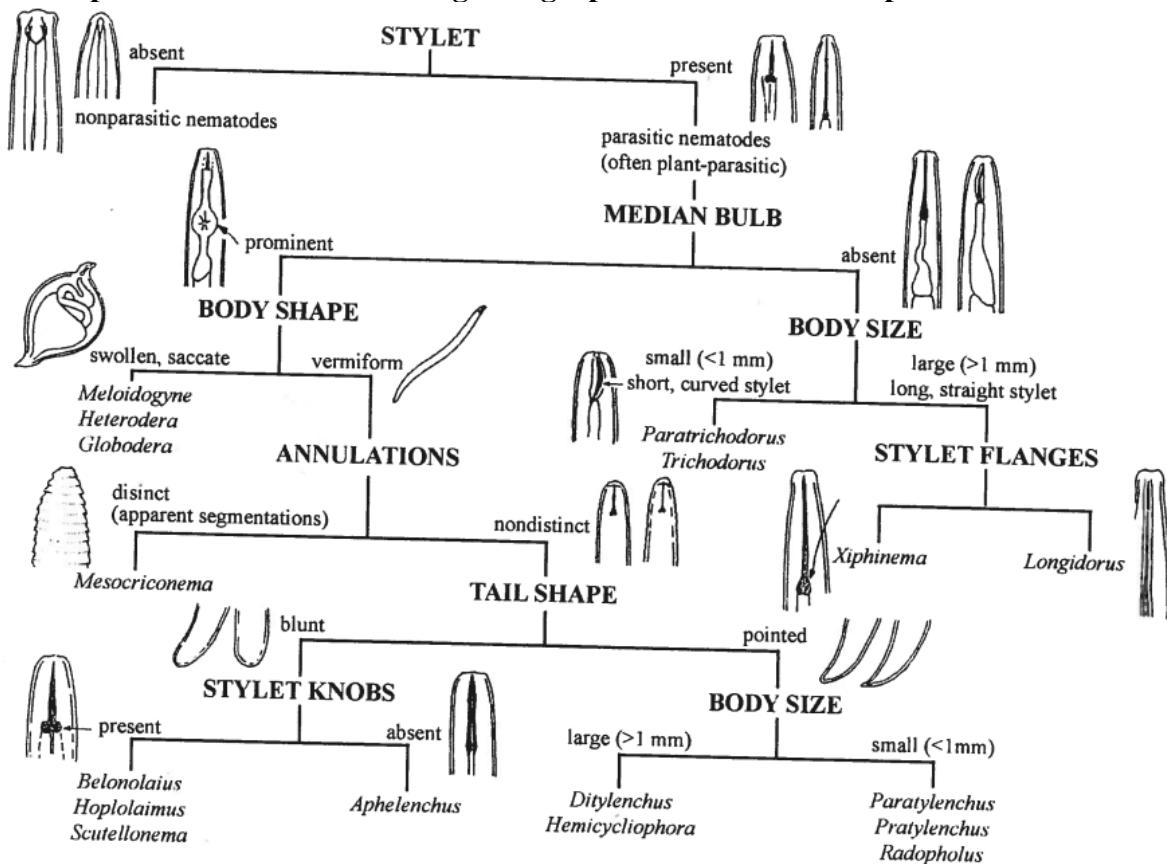


Clave dicotómica para los géneros más comunes de nemátodos fitoparásitos.

1. Stylet absent.....	nonparasitic nematodes
1'. Stylet present: Mainly plant-parasitic nematodes.....	2
2. Two-part esophagus, median bulb absent, odontostyle;.....	Dorylaimida.....3
2'. Three-part esophagus, distinct metacorpus, stomatostyle;.....	Tylenchida.....5
3. Stylet long, straight; body long, slender; very large nematodes;	Longidoridae.....4
3'. Stylet short, curved, weak; body short, thick;.....	Trichodoridae..... <i>Trichodorus</i> <i>Paratrichodorus</i>
4. Stylet with flanges, guiding ring near base.....	<i>Xiphinema</i>
4'. Stylet without flanges, guiding ring near apex.....	<i>Longidorus</i>
5. Metacorpus more than 3/4 body width; DGO in metacorpus;.....	Aphelenchina.....6
5'. Metacorpus less than 3/4 body width; DGO in procorpus;	Tylenchina.....7
6. Female tail blunt, male without bursa; Aphelenchidae.....	<i>Aphelenchus</i>
6'. Female tail conoid with mucro, male without bursa;	<i>Aphelenchoidae</i> <i>Aphelenchoides</i>
7. Procorpus separated from metacorpus.....	8
7'. Procorpus fused with metacorpus; Criconematidae.....	21
8. Female vermiform; Tylenchoidea.....	9
8'. Female swollen; Heteroderoidae.....	19
9. Stylet very long; head region distinctly rounded;	Belonolaimidae.....10
9'. Stylet moderately long to short.....	11
10. Tail rounded.....	<i>Belonolaimus</i>
10'. Tail pointed.....	<i>Dolichodorus</i>
11. Stylet weak;	Tylenchidae.....12
11'. Stylet strong.....	13
12. Tail subacute, pointed; vulva in posterior 1/3.....	<i>Ditylenchus</i>
12'. Tail filiform, more than 6x body width at anus.....	<i>Tylenchus</i>
13. Vulva in middle of body;	Tylenchorhynchidae... <i>Tylenchorhynchus</i>
13'. Vulva in posterior of body.....	14

14. Stylet strong; 2 ovaries; female tail less than BWA;.....	Hoplolaiminae.....	15
14'. Stylet relatively strong; head flattened;.....	Pratylenchinae.....	18
15. Scutella.....		16
15'. Phasmids.....		17
16. Anterior and posterior to vulva.....	<i>Hoplolaimus</i>	
16'. Both in anal region.....	<i>Scutellonema</i>	
17. Ventral overlap; DGO > 1/4 stylet length.....	<i>Helicotylenchus</i>	
17'. Dorsal overlap; DGO < 1/4 stylet length.....	<i>Rotylenchus</i>	
18. One ovary; vulva posterior.....	<i>Pratylenchus</i>	
18'. Two ovaries; vulva medial.....	<i>Radopholus</i>	
19. Body white, no cyst, eggs deposited in a matrix;.....	Meloidognidae.....	<i>Meloidogyne</i>
19'. Body brown hard cyst, most eggs retained;.....	Heteroderidae.....	20
20. Round cyst.....		<i>Globodera</i>
20'. Lemon shaped cyst.....		<i>Heterodera</i>
21. With a sheath; Hemicycliophoridae.....		<i>Hemicycliophora</i>
21'. Without a sheath.....		22
22. Female posterior swollen, ex. pore posterior; on roots;...Tylenchulidae... <i>Tylenchulus</i>		
22'. Female posterior not swollen.....		23
23. Body short, thick; apparent segmentation;	Cricconematidae.....	24
23'. Female small, slender, vulva posterior, no stylet in other stages.....	<i>Paratylenchus</i>	
24. Cuticular annulations rounded.....		<i>Mesocricconema</i>
24'. Cuticular annulations serrated.....		<i>Cricconema</i>

Clave para la identificación de algunos grupos de nemátodos fitoparásitos.



Nemátodos de importancia agrícola

Nombre técnico	Nombre común	Características morfológicas clave	Daño causado	Cultivos que afecta
Meloidogyne spp.	Nematodos formadores de agallas / Nematodos agalladores	Hembras sedentarias, piriformes, blanquecinas, machos vermiformes móviles, estilete robusto y corto, sistema esofágico con glándulas dorsales prominentes, huevos en masas gelatinosas en la superficie de la raíz.	Induce agallas radiculares por hiperplasia e hipertrofia celular, reduce absorción de agua y nutrientes, enanismo, clorosis generalizada, marchitez, reducción significativa del rendimiento.	Hortalizas (tomate, chile, berenjena), frutales (papaya), ornamentales, café, plátano, tabaco, leguminosas, cucurbitáceas y más de 3 000 especies hospedantes.
Pratylenchus spp.	Nematodos migradores lesionadores de raíces	Vermiformes, móviles, con cutícula fina con anillos tenues, estilete delgado y moderadamente largo, cavidad esofágica bien desarrollada, hembra anfídelfa, se reproducen por partenogénesis en varias especies.	Causan lesiones necróticas en raíces por su hábito endoparásito migrador, favorecen infecciones fúngicas secundarias, reducción del sistema radicular y pobre crecimiento.	Café, banano, papa, maíz, frijol, caña de azúcar, fresa, ornamentales y hortalizas en general.
Globodera spp.	Nematodos del quiste de la papa	Hembras esféricas que forman quistes marrones altamente resistentes, larvas J2 vermiformes infectivas, estilete corto y robusto, cutícula con diseños característicos en la región perineal.	Causan reducción del crecimiento, clorosis, marchitez y menor desarrollo de tubérculos, disminución drástica del rendimiento en papa, quistes permanecen viables por más de 20 años en el	Papa (principal), tomate y algunas solanáceas.

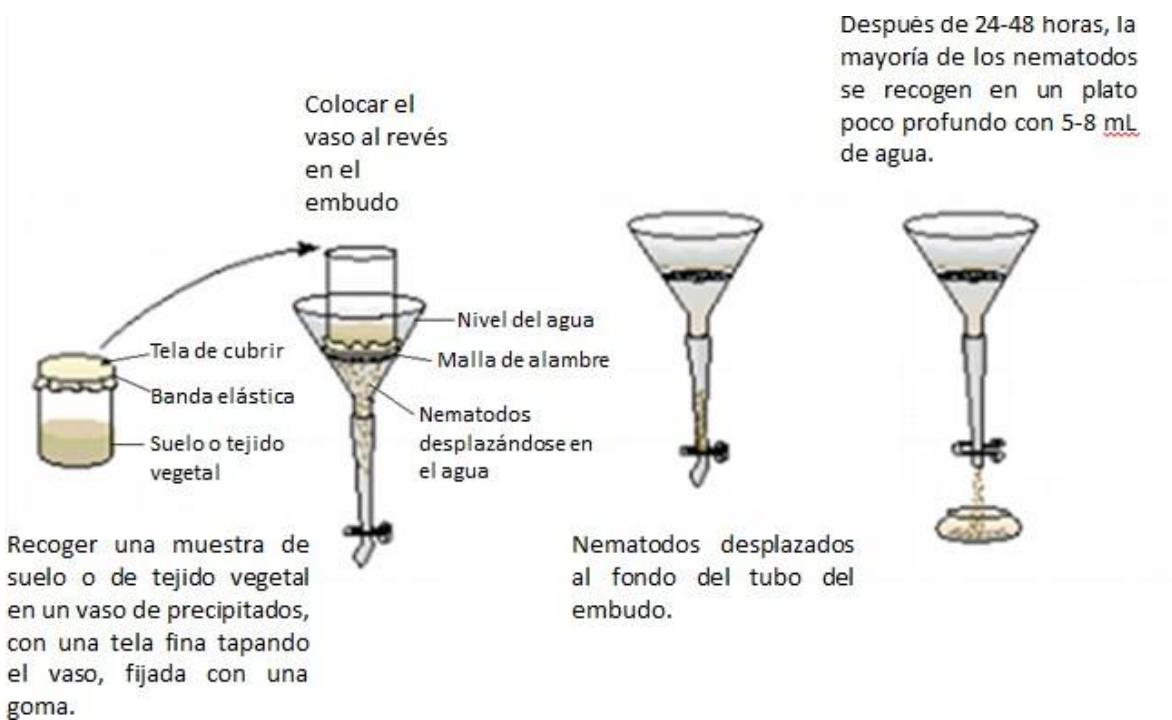
Nombre técnico	Nombre común	Características morfológicas clave	Daño causado	Cultivos que afecta
			suelo.	
Heterodera spp.	Nematodos del quiste (de leguminosas y cereales)	Hembras sedentarias en forma de limón (“citroides”), formación de quistes marrones con alta longevidad, J2 infectivos vermiformes, estilete corto, robusto, con perillas prominentes.	Reducción de crecimiento radicular, clorosis generalizada, enanismo, marchitez, pérdida severa de rendimiento en leguminosas y gramíneas.	Soya, frijol, garbanzo, trigo, maíz, sorgo, avena y otras gramíneas.
Aphelenchoides spp.	Nematodos foliares	Vermiformes delgados, estilete fino con pequeñas perillas basales, esófago con bulbo posterior bien definido, capacidad de alimentarse de tejidos aéreos (hojas, brotes).	Mancha foliar, necrosis en parches, deformación de hojas, ingreso por estomas, produce áreas cloróticas, distorsión y marchitez apical.	Ornamentales, fresas, arroz, crisantemos, plantas de vivero y múltiples especies foliares.

3. Ejemplos

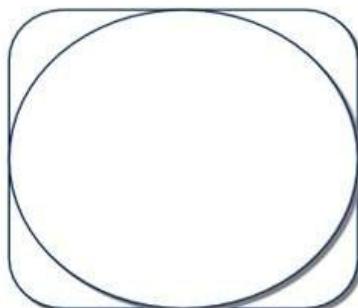
3.1 Extracción de nematodos por embudo Baermann.

- ❖ Colocar la muestra de suelo sobre la funda plástica, extenderla y retirar piedras, terrones o cualquier resto vegetal.
- ❖ Homogenizar y unir las submuestras para formar una muestra compuesta.
- ❖ Armar el embudo de Baermann, colocar un tubo de goma de 8-10cm de largo, al cuello de un embudo de 10.15mm de diámetro.
- ❖ Colocar una pinza de presión en el tubo de goma para cerrar el paso de agua.
- ❖ Llenar con agua hasta 1cm bajo del borde del embudo.
- ❖ Colocar el embudo en el soporte.
- ❖ En la tela delgada colocar la muestra de suelo, hacer una forma de bolsa y cerrar con un elástico.

- ❖ Dejar reposar la muestra por 24 horas mínimo.
- ❖ Pasado el tiempo se colectan unos 10mL de agua, en ellos van a estar los nematodos que pasaron por la tela.
- ❖ En un vidrio reloj colocar 5mL de la suspensión y observar en el estereomicroscopio.



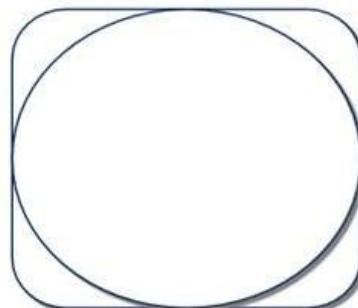
Hoja de resultados



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

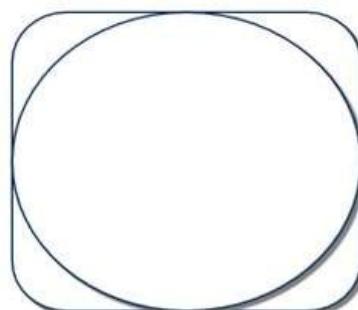
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

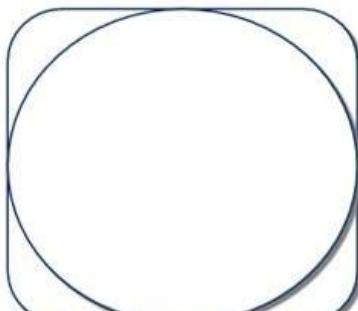
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

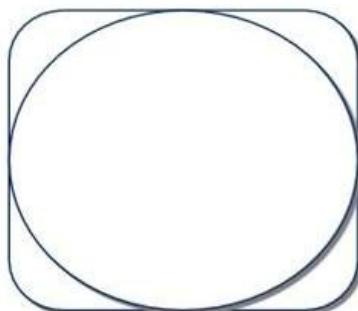
DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

DESCRIPCIÓN:



OBJETIVO: _____

AUMENTO TOTAL: _____

DESCRIPCIÓN:

HOJA DE TRABAJO No. 4

1. ¿Qué son los nematodos fitopatógenos y cómo afectan a las plantas?
2. ¿Cuáles son los principales tipos de nematodos fitopatógenos que atacan los cultivos agrícolas?
3. ¿Cómo se identifican los nematodos fitopatógenos en una muestra de suelo?
4. ¿Qué impacto tienen los nematodos fitopatógenos en la producción agrícola y la economía global?
5. ¿Cuáles son las principales plantas huésped que los nematodos fitopatógenos atacan?
6. ¿Qué síntomas visibles pueden presentar las plantas afectadas por nematodos fitopatógenos?
7. ¿Cómo se puede diferenciar una infección por nematodos fitopatógenos de otras enfermedades de las plantas?
8. ¿Qué métodos de control biológico existen para manejar las poblaciones de nematodos fitopatógenos?
9. ¿Cómo influyen las prácticas de manejo del suelo en la proliferación de nematodos fitopatógenos?
10. ¿Cuáles son los nematodos más comunes que afectan a las raíces de las plantas y cómo causan daño?
11. ¿Qué factores ambientales, como la temperatura y la humedad, afectan la actividad de los nematodos fitopatógenos?
12. ¿Cuál es el ciclo de vida de los nematodos fitopatógenos y cómo influye en su propagación?
13. ¿Qué consecuencias tiene el uso de pesticidas en el control de nematodos fitopatógenos en términos de resistencia y salud del suelo?

BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.
2. Barker, K. R., Pederson, G. A., & Windham, G. L. (eds.) (1998). *Plant and Nematode Interactions*. ASA, CSSA, SSSA.
3. De la Cruz, M. (2016). Identificación morfológica de nemátodos fitopatógenos en cultivos de Guatemala. Tesis, USAC.
4. Dhingra, O. D., & Sinclair, J. B. (1995). *Basic Plant Pathology Methods* (2nd ed.). CRC Press
5. Ferrer, R., & Hernández, A. (2013). *Manual de Diagnóstico Fitopatológico*. Universidad Politécnica de Valencia.
6. Hunt, D. J., Luc, M., & Manzanilla-López, R. H. (eds.) (2005). *Identification, Morphology and Biology of Plant Parasitic Nematodes*. CAB International.
7. Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E., & Zitter, T. A. (1991). *Compendium of Tomato Diseases*. APS Press.
8. Lucas, J. A. (1998). *Plant Pathology and Plant Pathogens*. Blackwell Scientific Publications.
9. Mai, W. F., Mullin, P. G., Lyon, H. H., & Loeffler, K. (1996). *Plant-Parasitic Nematodes: A Diagnostic Guide to the Genera*. Cornell University Press.
10. McSorley, R., & Duncan, L. (1995). Interacciones de nemátodos en cultivos tropicales. *Journal of Nematology*.
11. Pérez, R., & Gómez, L. (2011). Presencia de *Radopholus similis* en plantaciones de banano en Guatemala. *Nematropica*.
12. Perry, R. N., & Moens, M. (2018). *Plant Nematology* (2nd ed.). CABI.
13. Ploetz, R. C., et al. (2018). *Diseases of Tropical and Subtropical Fruits*. CABI Publishing.
14. Salgado, S. M., et al. (2014). Distribución de *Meloidogyne* spp. en hortalizas de Centroamérica. *Nematropica*, 44.
15. Schumann, G. L., & D'Arcy, C. J. (2010). *Essential Plant Pathology* (2nd ed.). APS Press.
16. Siddiqi, M. R. (2000). *Tylenchida: Parasites of Plants and Insects*. CABI.
17. Sinclair, J. B., & Dhingra, O. D. (1992). *Diseases of Plants and their Control*. CRC Press.
18. Strange, R. N. (2003). *Introduction to Plant Pathology*. Wiley-Blackwell.