

Marcos Manobanda Mg. Duie.
Julio Gabriel PhD.
Fernando Ayón MSc.
Carlos Castro MSc.
Máximo Vera MSc.
Washington Narváez PhD.
Jéssica Morán MSc.
Alfredo Castro MSc.

Nociones de protección vegetal



compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica

Nociones de protección vegetal

Autores:

Marcos Manobanda Mg. Duie.

Julio Gabriel PhD.

Fernando Ayón MSc.

Carlos Castro MSc.

Máximo Vera MSc.

Washington Narváez PhD.

Jéssica Morán MSc.

Alfredo Castro MSc.

Nociones de protección vegetal

Marcos Manobanda Mg. Duie.
Julio Gabriel PhD.
Fernando Ayón MSc.
Carlos Castro MSc.
Máximo Vera MSc.
Washington Narváez PhD.
Jéssica Morán MSc.
Alfredo Castro MSc.



Primera edición: febrero 2019

© Ediciones Grupo Compás 2019
Editor: Julio Gabriel-Ortega

ISBN: 978-9942-33-107-6

Diseño de portada y diagramación: Grupo Compás

Este texto ha sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Guayaquil-Ecuador 2019

Cita.

Manobanda M, Gabriel J, Ayón F, Castro C, Vera M, Narváez W, Morán J, Castro A (2019) Nociones de protección vegetal. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. 150 p.

Prólogo

El deseo de escribir este libro académico fue proporcionar a los estudiantes una visión global de la protección vegetal y sus aplicaciones. En la actualidad las ciencias de la protección vegetal cobraron mayor relevancia por su papel en la productividad de los cultivos en los sistemas agrícolas. Debido a sus diferentes capacidades fisiológicas los patógenos plantas y plagas podrían considerarse como los factores más importantes en la sostenibilidad agrícola debido a que influyen en la disponibilidad de nutrientes.

Se debe mencionar que aun cuando existen muchas publicaciones dedicadas a la protección vegetal, en Ecuador no se cuenta con un documento de consulta que resuma de manera sistemática y sencilla a los diversos agentes biológicos causantes de daños y pérdidas en las cosechas y en la calidad de los productos. Es por esto que consideramos la presente obra de gran utilidad para el desarrollo de programas de enseñanza de la protección vegetal. En este compendio se cubren aspectos de actualidad, como son los hongos, bacterias, virus, nematodos, malezas, microorganismos, y los diferentes tipos de control utilizados.

Cabe resaltar que cada unidad fue escrita por profesores especialistas en el área, por tal razón estamos seguros que será de mucha utilidad en la enseñanza, aprendizaje e investigación en nuestro país y esperamos también a nivel de América Latina.

Acerca de este libro

Se ha escrito esta obra teniendo en mente a estudiantes con nivel universitario en Agropecuaria, Agronomía, Biología, Forestal, Ambiental, etc., que se introducen en el complejo mundo del conocimiento de la protección vegetal como: la fitopatología, entomología, nematología, virología, bacteriología, marerbiología, fitomejoramiento y microbiología. Al escribir este documento se hizo un esfuerzo en proporcionar toda la información teórica y de aplicación práctica, de experiencias y literatura actualizada disponible, para explicar los conceptos sobre la protección vegetal.

Organización flexible del material

Este libro académico se estructuro en cinco unidades temáticas. Estas unidades temáticas cubren aspectos sobre el manejo integrado de enfermedades, el manejo integrado de insectos-plaga, el manejo integrado de nemátodos, el manejo integrado de malezas y conocimientos sobre los tipos de microorganismos. Consideramos que si bien esta obra no cubre otras temáticas especializadas con profundidad, es una información básica y valiosa.

Cobertura de los temas

Dada la cantidad de información disponible para un texto puesto al día sobre la protección vegetal, un reto mantener en el libro un nivel adecuado para los estudiantes universitarios que inician estudios en los diferentes campos de saber sobre plagas, enfermedades, nemátodos, malezas y microorganismos. Se trato de resolver esta limitación estableciendo como meta ineludible el no abrumar a los estudiantes con detalles o material complicado que puede ser objeto de un curso

posterior. De este modo, se discuten algunos temas más brevemente que en otros textos, pero en todos los casos se proporciona al menos la noción básica. Agradeceremos cumplidamente todos los comentarios y sugerencias provenientes de los lectores.

Dedicamos este libro académico a todos los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, quienes con esfuerzo y dedicación están comprometidos a no defraudarse a sí mismos y al esfuerzo y sacrificio de sus padres y la sociedad en su conjunto.

Los Autores

ÍNDICE

UNIDAD	CONTENIDOS	Página
1 MANEJO INTEGRADO DE INSECTOS- PLAGA Manuel Manobanda, Carlos Castro, Julio Gabriel 	Conceptos generales	16
	Diferencia entre insectos que son plagas e insectos benéficos	17
	Diferencia entre malezas que son plagas y malezas benéficas	17
	Diferencia entre enfermedades comunes y enfermedades perjudiciales	17
	¿Por qué algunos organismos se desarrollan como plagas?	18
	Métodos y técnicas de muestreo	19
	Niveles de daños económicos y umbrales económicos de las diferentes plagas	28
	Nivel de decisión para el manejo de las plagas cuando están ocasionando pérdidas económicas en el cultivo	29
	Clasificación binomial de los organismos	31
	Artrópodos	31
	Insectos	32
	Desarrollo de insectos	33
	Insectos de tres etapas	33
	Insectos de cuatro etapas	34
	Insectos importantes en la agricultura	34
	Daños ocasionados por insectos	37

	Mecanismos de prevención y control de plagas	43
	Organismos benéficos para el cultivo	46
	Tipos de enemigos naturales	46
	Plaguicidas biológicos y organismos vivos utilizados comercialmente	48
	Control botánico	49
	Control químico	50
	Clasificación de los plaguicidas	51
UNIDAD	Introducción	58
2	Problemas fitosanitarios más comunes	58
MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES	Patógenos que atacan los cultivos	60
Julio Gabriel, Manuel Manobanda, Carlos Castro	Hongos	53
	Bacterias fitopatógenas	60
	Fitoplasmas	76
	Virus fitopatógenos	77
	Control	80
	Control cultural	80
	Control biológico	82
	Control químico	83



UNIDAD	
3 IMANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS Manuel Manobanda, Julio Gabriel, Carlos Castro 	Introducción 86 Características generales de los nematodos 88 Sobrevivencia y reproducción de los nemátodos 88 Síntomas de plantas atacadas por nematodos 88 Nematodos dañinos a hortalizas y frutales 90 Principios del control nematológico 95 Plantas y productos alopáticos 96 Medios culturales 96 Control biológico 97 Control químico 97 Muestreo de nematodos 98 Recolección de muestras para análisis de nematodos 99
UNIDAD	
4 MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS Carlos Castro, Màximo Vera, Fernànd Ayón, Washington Narváez 	Introducción 111 Características de las malezas que las hacen exitosas 111 Clasificación de las malezas 112 Diseminación de las malezas 114 La reproducción de malezas 115 Métodos de control de malezas 116 Época de aplicación de herbicidas 119 Clasificación de herbicidas. Comportamiento de los herbicidas en la planta. 123

UNIDAD	Introducción	131
	Dominios y reinos	132
5	Organismos procarióticos	133
	Eubacterias	134
	Género Bacillus. Clasificación actual	137
	Arqueobacterias	137
	Actinomicetes	138
	Cianobacterias	139
	Mixobacterias	140
	Organismos eucarióticos	140
	Mohos	142
	Levaduras	142
	Macromicetos	142
	Protozoos	143
	Algas	143
	Líquenes	143
	Organismos acelulares	143
	Transferencia genética en bacterias	144
	Conjugación	146
	Transformación	146
	Transducción	147
	Fusión de protoplastos	148
	Bibliografía consultada	149

**TIPOS DE
MICROORGANISMOS**

Julio Gabriel, Jéssica
Morán, Alfredo Castro

ESTRATEGIAS GENERALES:

-  Activar los conocimientos previos de los profesionales en formación mediante pre interrogantes, lluvia de ideas, y comentarios que permitan enlazar lo ya aprendido con los temas nuevos y crear expectativas.
-  Generar actividades que fomenten la investigación científica, a través de trabajos y/o ensayos.
-  Recomendar el empleo de recursos didácticos variados en las actividades de exposición.
-  Proporcionar guías de lectura o bibliografía cuyos contenidos sean básicos o complementarios en la comprensión de los temas a tratar.
-  Propiciar un ambiente de tolerancia, colaboración y respeto en las actividades en el aula.
-  Propiciar la elaboración de redes semánticas, mapas conceptuales, etc.
-  Realizar autoevaluaciones o actividades que fomenten el análisis y la reflexión de los alumnos.
-  Fomentar la creatividad individual y colectiva para lograr aprendizajes significativos.
-  Incrementar el interés del alumno hacia las prácticas de campo, para mejorar la comprensión de los contenidos y fomentar la adquisición de destrezas y habilidades no sólo teóricas sino también prácticas.

¡SUERTE! Y ¡QUE LE VAYA MUY BIEN!

INTRODUCCIÓN

Manuel Manobanda y Julio Gabriel

Dentro de los programas educativos agrícolas es indispensable estudiar el tema de manejo de plagas, debido a que éste es un pilar importante dentro de un sistema agrícola productivo. En este módulo se introduce la temática de protección vegetal, de tal forma que la información técnica y conceptual de cada uno de los capítulos tengan un sentido lógico para estudiarse, al mostrar que la información científica permite tomar decisiones estratégicas en el manejo de las plagas.

Las plagas causan pérdidas de un 40-48% de la producción mundial de alimentos y en el campo los daños alcanzan hasta un 35%; por otro lado, se ha estimado que dichas pérdidas pueden ser reducidas en un 50%, si se mejoran las tecnologías y estrategias para el control de plagas.

Las buenas estrategias de control de plagas se inician con el estudio de cómo y porqué se originan las plagas, con la finalidad de medir el efecto nocivo que éstas ocasionan. En la primera unidad: “conceptos básicos de identificación de plagas en los cultivos” se define las plagas y tipos de plagas insectiles. Al finalizar el estudio de dicho capítulo se podrá pensar con mayor claridad el cómo y con qué se puede controlar las plagas, según el tipo de problema que se presente.

La segunda unidad abarca las estrategias de control de enfermedades, la tercera unidad estudia el control de nematodos, y la última unidad abarca el control de malezas. El objetivo es tratar de reducir la incidencia de plagas y el costo de control, para obtener el mayor beneficio económico, ecológico y social posible. En todas las unidades se estudia los principios y los



diferentes mecanismos de prevención de plagas, en adición, se estudia los diferentes métodos de control tales como: el biológico y el químico.

ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	ORIENTACIONES ESPECIALES
➤ Lea el contenido de la Unidad I. ➤ Resuelva las guías de aprendizaje en la exploración de conocimientos de los conceptos de protección vegetal y su importancia en el sector agropecuario. ➤ Realice discusión en grupo de los resultados de la exploración de conocimientos. ➤ Exponga las conclusiones grupales. ➤ Haciendo uso de una guía, investigue el desarrollo de los insectos. ➤ Presente resultados de la investigación. ➤ Participe en la socialización de los resultados de la investigación. ➤ Lea el contenido de la Unidad II.	➤ Si tiene dudas, pida ayuda al docente. ➤ Anote en una libreta los temas en que tiene dificultades. ➤ Solicite a su docente le demuestre los procedimientos básicos para consolidar lo aprendido. ➤ Amplíe sus conocimientos leyendo otros textos. ➤ Solicite ayuda a su docente cuando crea conveniente. ➤ Cuando realice visitas al campo sea observador y cuidadoso.

➤ Participe en la exploración de conocimientos. ➤ Redacte conclusiones individuales. ➤ Observe las láminas donde se le presenten diferentes tipos de enfermedades en los cultivos. ➤ Recolecte especímenes en el campo para observar y reconocer sus etapas de desarrollo.	
---	--

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	ORIENTACIONES ESPECIALES
➤ Participe en la retroalimentación y discusión en grupo sobre la metamorfosis de los insectos. ➤ Realice lectura en grupo del contenido control de malezas. ➤ Analice y discuta sobre el contenido estudiado. ➤ Participe en la socialización de los conocimientos. ➤ Visite cultivos afectados de plagas, para valorar el efecto de los factores ambientales en la biología de las plagas.	

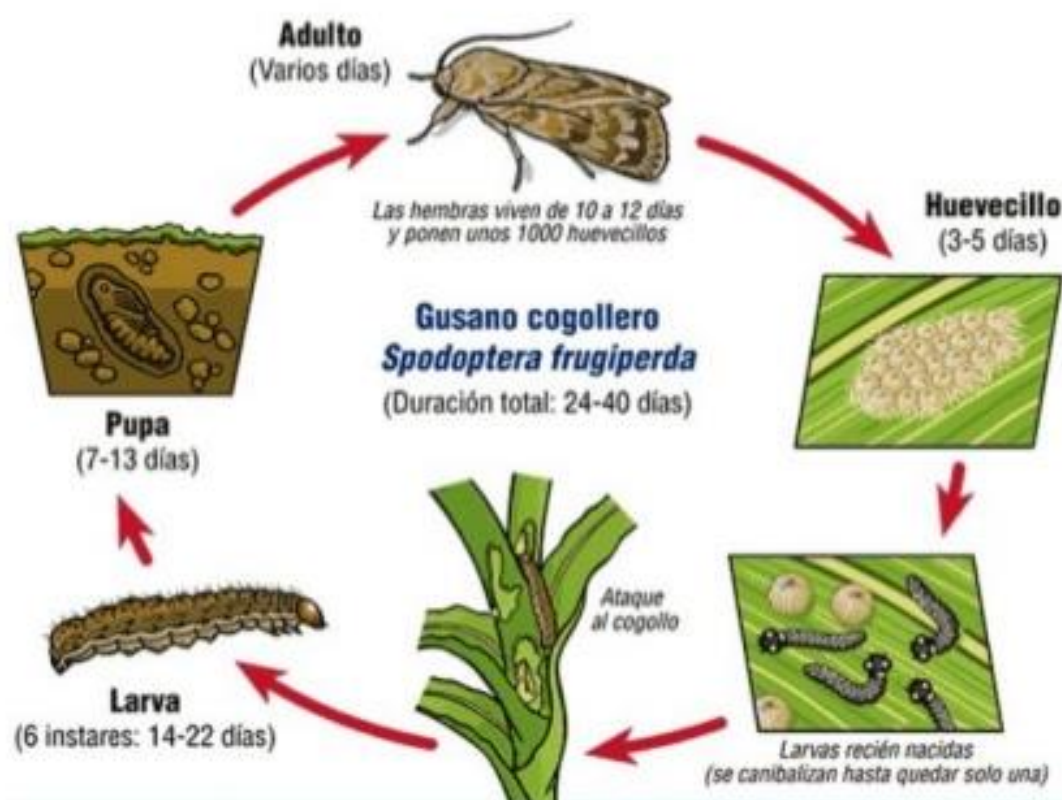
➤ Visite ecosistemas naturales para ver la interrelación de los factores bióticos y abióticos y su influencia en las plagas. ➤ Visite lugares para realizar la colecta y conservación de insectos de diferentes órdenes, para realizar una caja entomológica. ➤ Elabore sus propias conclusiones.	
---	--

¡SUERTE! Y ¡QUE LE VAYA MUY BIEN!

UNIDAD I

MANEJO INTEGRADO DE

INSECTOS – PLAGA



UNIDAD I

MANEJO INTEGRADO DE INSECTOS –PLAGA

Manuel Manobanda, Carlos Castro, Julio Gabriel

Conceptos generales

¿Qué conceptos son comunes en el manejo de plagas en los cultivos agrícolas?

Plagas: Se define como plagas a todo aquel organismo (formas animales o vegetales) que compiten con el hombre por los alimentos, ocasionando daños a los cultivos, provocando reducción de los rendimientos y por consiguiente pérdida económica para el productor.



Entre los organismos plagas están los siguientes:



Enfermedad: Cualquier alteración ocasionada por un patógeno (hongo, bacteria, virus) o un factor del medio ambiente que afecta la síntesis, traslocación, utilización de los nutrientes minerales y el agua, en tal forma que la planta afectada cambia de apariencia y tiene una producción menor que una planta sana de la misma variedad (Agrios, GN. 1985).

Maleza: Son plantas que crecen fuera de lugar e interfieren con las actividades agrícolas, al competir con los cultivos por la humedad del suelo, espacio, nutrientes y energía solar.



Insectos: Organismos con simetría bilateral, cuerpo dividido en tres partes, (cabeza, tórax y abdomen), poseen un par de antenas y tres pares de patas.



Ácaros: Son organismos de tamaño muy pequeño, de formas variadas, pero generalmente presentan el cuerpo dividido en dos partes. Poseen 4 pares de patas, quelíceros y pertenecen a la clase de los arácnidos.

Moluscos (babosas): Organismos de forma subcilíndrica, aplanados, que viven en lugares húmedos y son de hábitos nocturnos. Presentan el cuerpo dividido en tres partes (cabeza, concha o manto y cola), carecen de patas y el cuerpo está recubierto de mucus o baba.



Nematodos: Los nematodos fitopatógenos son gusanos pequeños, no visibles a simple vista. Presentan el cuerpo *transparente, de forma alargada o periforme, liso, no segmentado* y carecen de patas.

Roedores: Son organismos vertebrados, mamíferos, principalmente de hábitos nocturnos y tienen la costumbre de roer objetos duros.



Manejo Integrado de Plagas: Es “la selección, integración e implementación de tácticas de control de plagas basadas en consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas predecibles”.

Erradicación: Implica el aniquilamiento de los organismos plagas.

Manejo: Se pretende eliminar la nocividad de las plagas y no erradicarlas.

Diferencia entre insectos que son plagas e insectos benéficos

Una plaga es una aparición masiva y repentina de seres vivos de una misma especie, bien sean insectos o incluso pájaros, que pueden causar graves daños a los cultivos.

Mientras que algunos insectos son benéficos, polinizan las plantas, producen miel de gran demanda en el mercado y otros se alimentan de otros insectos que causan daño a determinados cultivos en los cuales se desarrollan las plagas.

Ejemplos.

Las abejas, ayudan a la polinización de las flores para que haya mayor cantidad de frutos. A su vez producen miel de abeja y polen, productos que tienen mucha demanda en el mercado nacional e internacional. Este insecto es aprovechado por apicultores y apicultoras.

Diferencia entre malezas que son plagas y malezas benéficas

A diferencia de otras plagas, las plantas indeseables o malezas casi siempre aparecen cuando los campos son afectados por prácticas de labranza u otras medidas agronómicas, como la fertilización, aplicación de plaguicidas químicos y el riego.

Es decir que la alteración de la flora natural, conduce a la eliminación de unas especies y la predominancia de otras, que son resistentes o adaptadas a las medidas de control usadas y que se convierten en hierbas plagas o malezas plagas que son perjudiciales para los cultivos.

Sin embargo, existen plantas que son benéficas. Siguiendo con el ejemplo de las abejas, existen plantas que son preferidas por este insecto por la cantidad de néctar que produce, “la enredadera llamada campanita que tiene una flor morada”. Así mismo estos insectos recolectan polen de la “flor amarilla”, por su alto contenido de este producto.

Diferencia entre enfermedades comunes y enfermedades perjudiciales

Como en los seres humanos, las enfermedades que padecen las plantas son desórdenes fisiológicos causados por problemas internos o por el ataque de algún microorganismo, como los hongos, las bacterias y los virus. Estos microorganismos se caracterizan por depender de otros para alimentarse o

reproducirse. Es decir, al ser incapaces de producir su propio alimento, atacan a los cultivos afectándolos en su desarrollo y disminuyendo su productividad.

Su capacidad de daño es mayor porque a diferencia de los insectos son invisibles al ojo humano y son descubiertos o identificados sólo cuando ya han atacado y es posible ver los síntomas en la planta.

A diferencia de las plagas, una enfermedad es una alteración desfavorable del desarrollo fisiológico y/o morfológico normal de un organismo, originada por un agente extraño, que da lugar a manifestaciones visibles no comunes y afecta la cantidad y calidad de la cosecha.

Sin embargo, no todos los hongos, bacterias y virus son dañinos para los cultivos. Algunos de ellos pueden ser benéficos y utilizados en el manejo de insectos o enfermedades pasando a ser así los llamados controladores biológicos.

Un ejemplo de hongo-benéfico son los entomopatógenos que ayudan a controlar las plagas como la mosca blanca, de igual forma una bacteria benéfica es la conocida Bt (*Bacillus thuringiensis*) que permite controlar los gusanos de algunas mariposas.

¿Por qué algunos organismos se desarrollan como plagas?

El estudio de cómo y por qué se originan las plagas es fundamental para comprender su problemática y establecer las estrategias de su control.

Se considera que el estado de plaga puede originarse por varias causas, entre las cuales tenemos:

1.- Por el ingreso de una especie fitófaga a regiones donde no existía previamente. Ej. El picudo del algodón, la broca del café, el picudo del chile.



Picudo del chile y broca del café

2.- Por cambio en las características de una especie de insecto, que previamente no competía o no interfería directamente con los intereses del hombre. Ej. El gusano del fruto (*Helicoverpa* spp.).



3.- Por cambios en las actividades del hombre en sus hábitos o en sus intereses, que lo hacen sensible a la existencia de una especie de insectos que antes consideraba con indiferencia; puede tratarse de la mayor exigencia que se dé a la calidad de los productos, cuando se eleva el nivel de vida o cuando se trata de cumplir con estándares de calidad de exportación.

4.- Por el incremento en abundancia de la especie de insecto cuyas interacciones con el hombre fueron consideradas previamente sin importancia, debido a que se

presentaba sólo en bajas densidades. Los incrementos pueden darse por las siguientes razones:

- a) Un incremento duradero en el suministro de un recurso que antes era limitante.
- b) La destrucción de los enemigos naturales o la introducción de variedades susceptibles.

5.- Por la introducción de plantas foráneas con algunas de sus plagas, por lo general sin sus enemigos naturales. Como consecuencia, la plaga se multiplica fácilmente en las nuevas áreas.

6.- Una especie de plaga nativa que encuentra en un nuevo cultivo, un medio de desarrollo más favorable que en los propios hospederos nativos.

7.- Normalmente se trata de conseguir variedades que tengan mejor calidad o mayor producción, sacrificando las características de resistencia a las plagas, enfermedades u otros factores adversos.

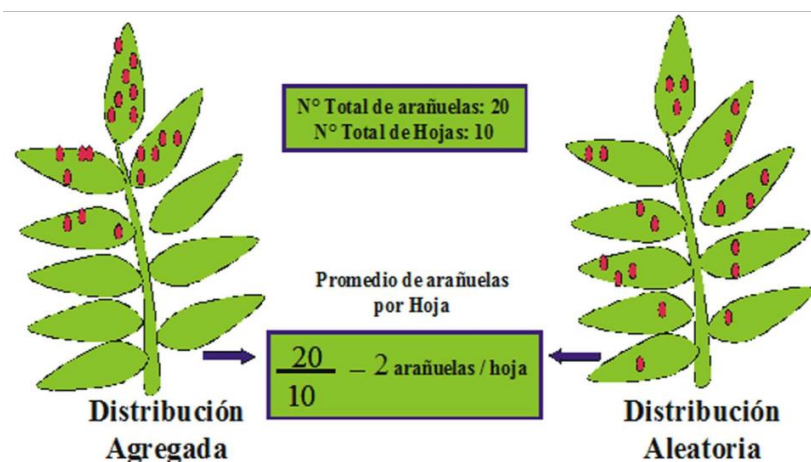
Métodos y técnicas de muestreo

Toma de Muestra

La muestra a tomar debe ser representativa de lo que está sucediendo en el cultivo, para lo cual es necesario establecer claramente qué se está buscando para hacerlo en el momento oportuno. Una buena muestra es la base para la toma de decisiones y por lo tanto para el correcto manejo del campo.

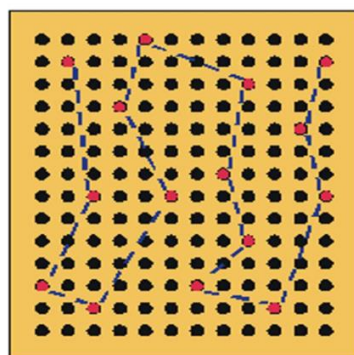
En este sentido, una de las consideraciones importantes a tener en cuenta es la distribución espacial de los insectos; en el gráfico que aparece abajo puede verse claramente la diferencia que resulta para un cultivo que 20 arañuelas se encuentren concentradas en cuatro hojas o en diez hojas.

En el primer caso, al tomar la muestra sólo en la parte superior de la ramilla, sabiendo que la plaga no ocupa hojas nuevas nos indicaría la “no presencia de plaga” cuando en realidad, la plaga está presente y no se ha encontrado porque no se ha buscado correctamente.

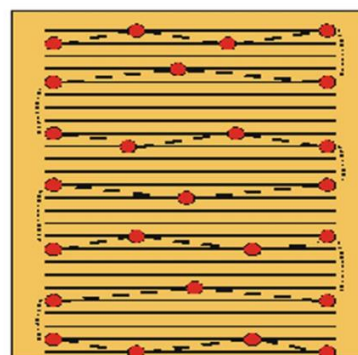


Por otro lado, es importante la forma en que deberá caminarse la finca para recoger las muestras a fin de conseguir una cobertura uniforme, con lo que el resultado final será representativo de lo que sucede en el campo.

El siguiente esquema ejemplifica una toma de muestra correcta en una plantación tradicional y en una en espaldero.



Tradicional



Espaldero

Métodos de muestreo

- a) Muestreo sistemático
- b) Muestreo simple al azar
- c) Muestreo trochi mochi

a) Muestreo sistemático

Consiste en caminar sobre una ruta establecida a través del campo, tomando muestras a distancias específicas, ahorra tiempo y sirve para hacer uso óptimo de un número determinado de muestreos.



En este caso el número de muestras a tomar se conoce por experiencia o se infiere de la literatura. La idea es distribuir los sitios de muestreo a través del campo de la mejor manera posible. Se selecciona una línea de tránsito cuya distancia total se divide por el número de muestras a tomar.

Este valor representa la distancia en cada muestra consecutiva. Si la distancia total recorrida en 10 muestras es igual a 500 m, esas 10 muestras deberán tomarse cada 50 m, la forma transecto es variable, puede ir desde líneas diagonales a través del campo hasta diseños que representan letras del alfabeto, muchos programas de extensión sugieren caminar por el campo formando letras como "X", "C", "O", "N".

b) Muestreo simple al azar

Consiste en tomar una muestra del tamaño "n" de una población del tamaño "N" en tal forma que cada unidad de muestreo tenga una oportunidad igual de ser muestreada, este método de localización especial es el más discutido; sin embargo puede ser tedioso el llevarlo a cabo.

Existen cuatro pasos en el muestreo al azar simple, primeramente el universo de muestreo: Primero, el campo se cuadrícula, lo que puede hacerse mentalmente, usando medio físico como bandería; en segundo lugar, se usa una tabla de números aleatorios para seleccionar coordenadas de campo donde se tomarán las muestras las cuales son meras posiciones "X" y "Y"; el tercer paso, una vez que se ha seleccionado un juego de coordenadas, el muestreo se mueve a ese punto y toma las muestras; por último, los organismos encontrados en la muestra se cuentan y registran. Esto parece simple y sin embargo muchas técnicas no dan referencia en el muestreo al azar simple, por la inconveniencia de tener que llevar una tabla de números aleatorios al campo o tener que delinear ejes en terreno, para identificar las coordenadas.

c) Muestreo al trochi mochi

Consiste en caminar sin propósito por el campo, parando por aquí y allá para tomar muestras. Muchos técnicos del MIP (Manejo Integrado de Plagas), sienten que pueden usar esta metodología para obtener datos al azar, sin embargo no es ese el caso; inevitablemente, por el contacto visual, uno es atraído a los sitios donde hay daño, por lo que generalmente resultan estimaciones infladas de la densidad promedio de una plaga.

El muestreo trochi mochi no tiene validez estadística, aunque frecuentemente parece describir la manera de realizar el muestreo al azar. Por lo que es necesario diferenciar ambos métodos y conocer cuál es la forma apropiada de realizar un muestreo al azar.

Técnicas de muestreo

Cinco milésimas

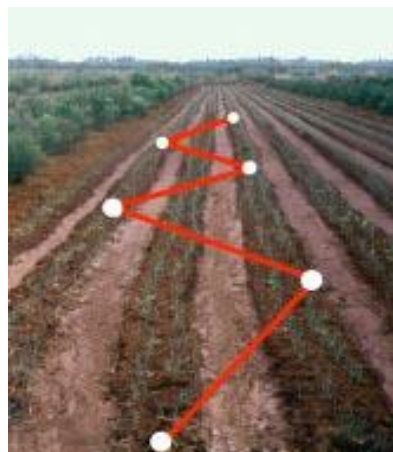
Esta técnica es utilizada en cultivos que fueron sembrados en surcos con una distancia definida entre ellos, para estimar las poblaciones de insectos que están dañando determinados cultivos. Se establecen **cinco estaciones** cada **20 manzanas**, el total de insectos encontrados en cada una de las poblaciones es igual a cinco milésimas de manzanas es decir que la suma de las cinco estaciones da valores en miles por manzanas.

Pie cúbico

Es un método utilizado para muestrear plagas del suelo. Consiste en realizar hoyos de 12 pulgadas de ancho por 12 pulgadas de profundidad y se realizan un mínimo de 5 muestras por manzana.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Realizar un croquis con los puntos de muestreo.
2. Con el uso de un palín o coba, hacer un hoyo con las dimensiones de 12 pulg x 12 pulg.
3. Sacar la tierra del hoyo y colocarla sobre un saco de polietileno.
4. Revisar minuciosamente la tierra y contabilizar las larvas de plagas del suelo, identificando las especies encontradas.
5. Anotar los datos en la hoja de muestreo.



Inspección visual

Es la herramienta de muestreo más usada debido a que es simple de usar, involucra conteo directo de los artrópodos por unidad de área o hábitat, en el lugar o sitio de muestreo. Los conteos se realizan al observar la planta entera o estructuras específicas dentro de ellas, es decir, observaciones del follaje (haz y envés de la hoja) y luego se registra la cantidad de insecto por estructura, ya sea fruto, yema terminal, tallo, etc. También esta herramienta facilita determinar la intensidad de la plaga en un área, predeterminada.



Técnica del plato sopero

Es una técnica utilizada para muestrear malezas, consiste en muestrear un área en círculo de 10 pulgadas de

diámetro, identificando lo siguiente:

- % de cobertura sobre el suelo.
- 3 malezas predominantes.
- Tipos de malezas (gramíneas, hojas anchas, ciperáceas).

¿Cómo hacerlo en el campo?

1.- Cerca de la estación de muestreo de plagas, se selecciona un sitio con un diámetro de 10 pulgadas.

2.- En el sitio de la muestra, se estima de forma visual el porcentaje de cobertura que tienen sobre el suelo.

3.- Anotar las tres malezas predominantes y los tipos presentes (gramíneas, hojas ancha, ciperáceas).



	1	2	3	4	5	Tipo
% de Cobertura	40	30	20	50	80	-
Maleza 1: Coyolillo	x		X		x	Ciperáceas
Maleza 2: Jalacate	x	x				Hoja ancha
Maleza 3: Bledo	x	x	x	x	x	Hoja ancha

Redada (uso de red entomológica)

Es considerada como una de las herramientas de muestreo más utilizada para capturar insectos en cultivos agrícolas.

Esta herramienta recoge gran información de la población de insecto con mínimos esfuerzos, al igual que con otras herramientas del muestreo. Es importante anotar la etapa fenológica del cultivo, la hora, el día y las condiciones climáticas, ya que estos factores afectan la cantidad de insectos y artrópodos recolectados.

Al usar la red se recomienda estandarizar el estilo de uso:



- a) Utilice un movimiento de 180°.
- b) En presencia de vegetación rastrera, el movimiento de la red tiene que hacerse lo más cerca del suelo sin agarrar parte de la tierra. Cuando la vegetación es más alta, hay que mantener el extremo superior de la abertura de la red a nivel de la parte superior del follaje.
- c) No se debe mantener el aro de la red en forma vertical, sino que la parte superior un poco detrás de la inferior.
- d) Se debe de hacer un golpe por uno o dos pasos mientras se camina a una velocidad regular.
- e) La red entomológica debe tener un diámetro de abertura de 38 cm y el mango un largo de 65 cm.

Aun siguiendo estas recomendaciones varias personas podrán sacar resultados diferentes debido al tamaño de los pasos, fuerza de golpear, etc. Por lo tanto, si diversas personas son encargadas de muestrear, se recomienda determinar qué tan diferentes son sus resultados. Todas las personas deben muestrear el mismo campo y comparar sus resultados.

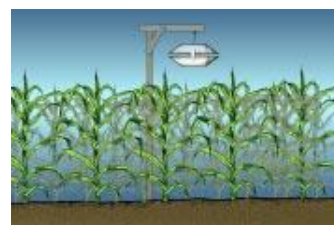
Trampeo

Es considerada como una herramienta de muestreo en los trapeos visuales, entre los cuales tenemos:

- Trampas luz
- Trampas con atrayente
- Trampas de vacío
- Telas para sacudir
- Trampas malasia
- Trampas pegajosas
- Trampas de latas enterradas

Trampas con atrayentes

Se basa en el uso de feromonas y otros tipos de atrayentes. Este tipo de trampas funciona como las trampas de luz, por lo general sólo se capturan las especies deseadas. Un obstáculo para su uso puede ser su costo o la escasez de la feromona sintética. Se usan para el control del picudo en el algodón, el gusano cogollero y otras.



Telas para sacudir

Este es el dispositivo de muestreo más común para los entomólogos interesados en los insectos comedores de follaje en cultivo como la soya. Una tela, típicamente de 1 m cuadrado, se coloca entre los surcos de un cultivo

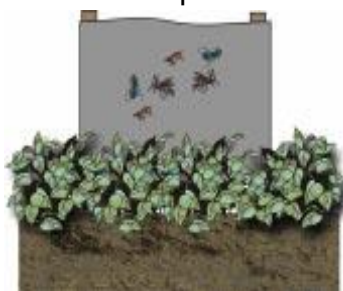


y el follaje del mismo, abarcando ambos lados, luego se sacude vigorosamente el follaje para provocar que los insectos caigan en la tela.

Los organismos que caen sobre la tela son contados o capturados.

Trampas malasia

Los entomólogos y ornitólogos han usado estas trampas grandes para obtener datos, tanto de densidad como de dirección del movimiento. Consiste en una tienda de lados abiertos, cuando los animales se mueven (usualmente volando) sobre la superficie de cualquiera de sus esquinas o en el recipiente único, el que tiene diseño piramidal. No se usa para la toma de decisiones.



Trampas pegajosas

Uso de superficies pegajosas para capturar organismos que caminan sobre ellas, son de uso común. A menudo son pintadas con colores atractivos para ciertas especies particulares o están encebadas con feromonas.

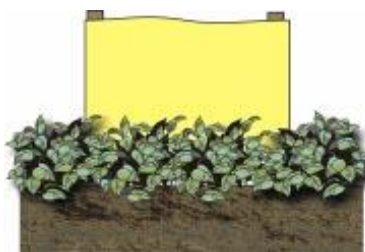
Trampas de latas enterradas

Se han usados por mucho tiempo. Son agujeros hechos en el suelo, equipados por receptáculos para capturar los insectos que se desplazan por el suelo y que caen dentro de ellos. A menudo los receptáculos se llenan parcialmente con líquidos que matan o preservan a los insectos. Andrews, (1983) las usó para muestrear babosas.



Otros tipos de trampas

Trampas amarillas



Se hacen de recipientes o bolsas plásticas amarillas ya que ese color atrae a las moscas. Se les unta grasa o aceite y se colocan alrededor o dentro del lote, en la dirección que sopla el viento. La altura de la trampa será de 75 a 100 cm.

Veintena (para muestreo de cogollero)

Se cuentan 100 plantas divididas en cinco partes de la parcela. Esto se puede hacer en las esquinas y en el centro.

Cada parte contiene 20 plantas y se llama **estación**. En el muestreo no se cuentan los golpes, solamente en las plantas que producirán mazorcas.



En las cinco estaciones se cuentan las plantas con daños recientes. Si al sumar todos encontramos que de 100 hay 40 dañados, decimos que hay un 40% de cogollos dañados. A este 40% se le llama umbral económico, que es el punto donde los costos de control igualan a los beneficios de control.

Metro lineal (plagas del follaje y barrenadores)

Seleccione un sitio de 2 m lineales de surco dentro del campo, revise las plantas comprendidas en los 2 m de la estación. Anote las plagas encontradas en la estación, repita la muestra en cinco sitios diferentes.

Incidencia (enfermedad)

La incidencia consiste en evaluar el número de individuos (plantas) afectadas por la enfermedad. Esto se realiza de la siguiente manera:

- Seleccione sitios de 10 plantas seguidas.
- Revise todas las plantas en cada sitio.
- Anote las plantas sanas y enfermas en la hoja de recuento.
- Repita el muestreo en cinco sitios diferentes.
- Estime la incidencia utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{de INC} = \frac{\text{NPAE}}{\text{NPTE}} \times 100$$

NPAE= Número de plantas afectadas evaluadas.

NPTE= Número de plantas totales evaluadas.

La incidencia se puede evaluar en una misma planta, esto se hace de la siguiente manera:

- Seleccione tres hojas de la parte:
 - Superior
 - Media
 - Inferior de las plantas seleccionadas
- Revise en cinco plantas diferentes y determine las hojas sanas y las afectadas.
- Anote las hojas sanas y afectadas.
- Para la estimación de la incidencia en la planta se utiliza la siguiente forma:

$$\% \text{ INC} = \frac{\text{NHAE}}{\text{NHTE}} \times 100$$

NHAE= Número de hojas afectadas evaluadas.

NHTE= Número de hojas totales evaluadas.

Ejercicio de auto-evaluación No. 1

Después de haber estudiado resuelva el siguiente ejercicio:

1. Enumere los métodos de muestreo.
2. Enumere las diferentes técnicas de muestreo.

Ejercicio de auto-evaluación

Después de haber estudiado la primera unidad del módulo, relacionada a los conceptos comunes, es necesario que usted haga una auto-evaluación sobre los conocimientos, adquiridos en esta unidad.

I.- De los conceptos analizados en el manejo de plagas:**a) Defina**

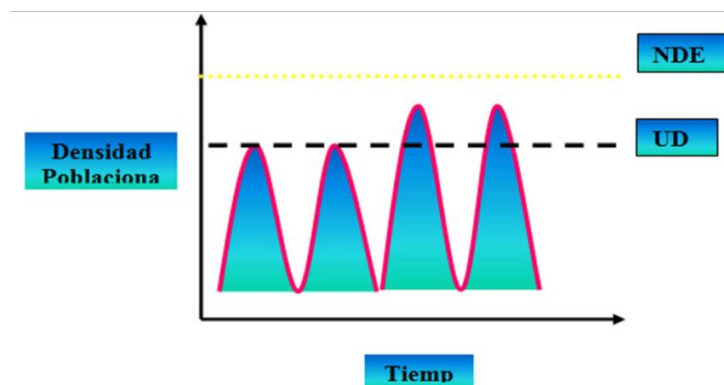
- 1.- Plaga
- 2.- Ecosistema
- 3.- Agro-ecosistema
- 4.- Manejo Integrado

II.- Desarrollo de las plagas:**2.- Las plagas se originan por la siguiente causa:**

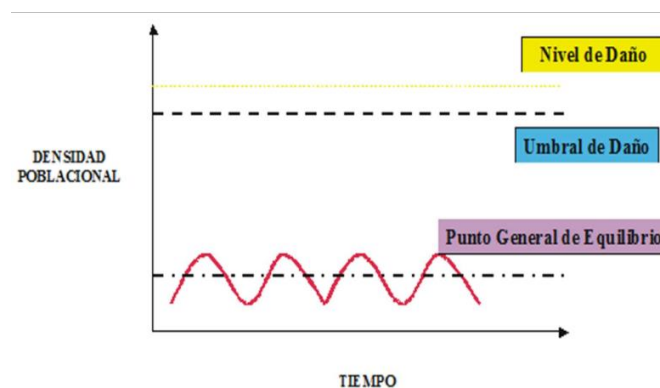
- a) Por los policultivos.
- b) Por la eliminación de los enemigos naturales.
- c) Por presencia de los enemigos naturales.
- d) Por la presencia de variedades resistentes.

Niveles de daños económicos y umbrales económicos de las diferentes plagas

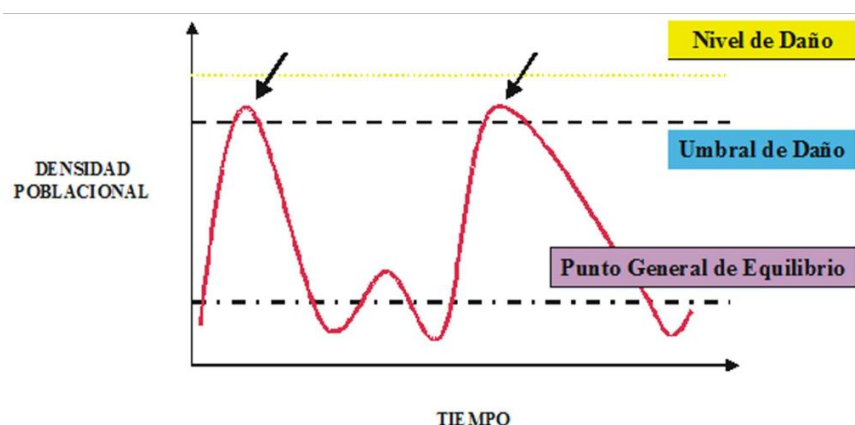
Nivel de daño económico (NDE): Es la densidad poblacional de las plagas, donde el valor del rendimiento salvado cubre exactamente los gastos del control; si la densidad de la plaga es menor, no es rentable implementar el control.



Se llama “**plaga potencial**” a aquella plaga cuya densidad poblacional mantiene su “punto general de equilibrio” por debajo del “umbral de daño” a lo largo de las temporadas.



Plaga secundaria es aquella que, en algunas campañas supera el “umbral de daño”; quedando su “punto general de equilibrio” muy por debajo del umbral, en otras campañas. Son aquellas que, siempre presentes en el cultivo con una densidad poblacional por debajo de UDE y que, en condiciones muy favorables para su desarrollo pueden convertirse en un problema.



Existen tres parámetros básicos para determinar el momento de control dependiendo de los niveles de población de una plaga.

Umbral Económico (UE): Es la densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción del control para evitar que la población sobrepase el nivel de daño económico en el futuro. Esto es difícil de estimar, porque depende de la dinámica poblacional de la plaga.

Punto General de Equilibrio (PE): es la densidad promedio de una población de insectos a través de un prolongado periodo de tiempo que no es afectada por las intervenciones temporales de las medidas de control.

Diferencia entre el nivel de daño económico (**NDE**) y umbral económico (**UE**): El nivel de daño económico sirve para evitar la disminución de las ganancias del cultivo y el umbral económico para evitar que se llegue al nivel de daño económico (preventivo).



Nivel de decisión para el manejo de las plagas cuando están ocasionando pérdidas económicas en el cultivo (nivel crítico)

Es la densidad poblacional con la cual se deben iniciar las actividades de control poblacional de plagas, ya que los costos de combate son iguales al valor del

rendimiento rescatado. Por debajo de este nivel, no es económico aplicarlo ya que se gasta más de lo que se recupera en rendimiento adicional. Arriba de esta densidad se gana, ya que la inversión es menor que el valor del aumento en el rendimiento. Ejemplo: El valor del combate en la compra y aplicación de plaguicidas es de ciento cincuenta dólares (\$ 150.00) por hectárea y las reducciones ocasionadas por las plagas es superior a ésta (\$250.00), sin combate (control).

Hay que recordar que esto puede variar: En períodos susceptibles, son bajos, y suben en períodos resistentes; también varían en diferentes regiones por el valor del cultivo, variedades y factores ecológicos.

Análisis de los resultados

Se hacen en base a los muestreos realizados en el campo, los que nos arrojan los datos para determinar si una plaga ha alcanzado el nivel crítico y así determinar el tipo de medidas de control a aplicar, para evitar la reducción en las ganancias del cultivo.

Ejercicio de auto-evaluación No. 2

Piense y conteste las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Qué se entiende por nivel de daño económico?
- 2.- ¿Qué es umbral económico?
- 3.- ¿Cuál es la diferencia entre nivel de daño económico y umbral económico?

Clasificación binomial de los organismos

Asigna un género y una especie a cada organismo vivo, esta clasificación es la más exacta. Es muy útil para poder hablar a nivel mundial sobre una especie en particular. Los nombres comunes cambian de país a país o entre regiones y muchas especies tienen varios nombres comunes en la misma localidad o región. El primer nombre es el género y la primera letra se escribe con mayúscula, el segundo es la especie y va en minúscula, ambos van en *itálica* o subrayado. Después de la especie va el nombre o iniciales de la autoridad que le dio el nombre.

Tabla 1. Ejemplo de clasificación binominal (dos nombres) de organismos vivos.

BINOMINAL				
ORGANISMO	GÉNERO	ESPECIE	AUTORIDAD	NOMBRES COMUNES
Insecto	<i>Spodoptera</i>	<i>frugiperda</i>	J.E. Smith	Gusano cogollero del maíz, palomilla del maíz, spodoptera.
Hongo	<i>Cercospora</i>	<i>capsici</i>	Heald y Wolf	Cercosporiosis.
Bacteria	<i>Pseudomona</i>	<i>solanacearum</i>	(Smith)	Marchitez bacterial.
Maleza	<i>Emilia</i>	<i>fosbergii</i>	Nicolson	Tabaquillo, lechuguilla, pincelillo, clavelillo.

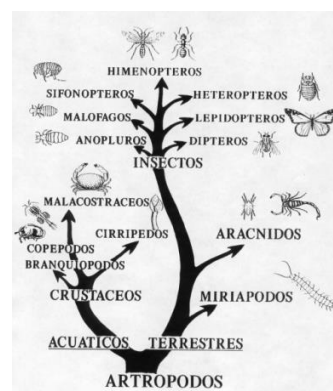
Artrópodos

Los artrópodos son los invertebrados que se han adaptado al mayor número de ambientes posible.

El éxito de los artrópodos se debe a su organización corporal. **El cuerpo** está dividido en **cabeza, tórax y abdomen**.

El cuerpo está cubierto por un caparazón duro o exoesqueleto quitinoso duro, provistos de apéndices articulados en forma de patas, piezas bucales y antenas, que se renueva varias veces a lo largo de la vida (muda).

El tronco de los artrópodos comprende las clases: **arácnidos, miriápodos, crustáceos e insectos**.

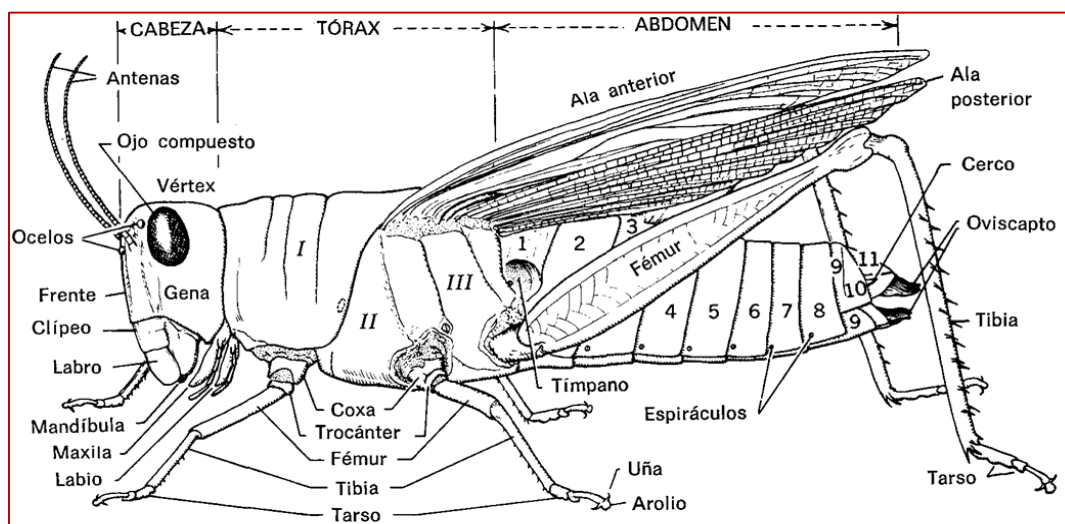


Insectos

Son animales pequeños con simetría bilateral. Poseen un par de antenas, tres pares de patas, alas, cuerpo generalmente duro y dividido en tres partes:

- Cabeza (con boca y ojos; y un par de antenas en el caso de los adultos).
- Tórax (con tres pares de patas y generalmente dos pares de alas); sólo los insectos adultos tienen alas, aunque no todos las tienen.
- Abdomen (dividido en segmentos sin patas).

Ejemplo de insectos: saltamontes chinche y mosca



- ✚ En el hombre, de igual manera ocasionan enfermedades como en el caso de elefantiasis, paludismo, la enfermedad del sueño, etc.
- ✚ Además de sustancias que inyectan por medio de aguijones, por las partes bucales o por los pelos urticantes.
- ✚ Llevando otros patógenos en sus cuerpos, como esporas de hongos que causan enfermedades, diseminándolas en los diferentes cultivos.
- ✚ Depreciación de los productos agrícolas almacenados, alimentos, ropas, papel, muebles, edificios, cables telefónicos, madera.

Desarrollo de los insectos

El crecimiento de los insectos depende directamente de la temperatura. Mientras más caliente sea la temperatura ambiental, menos tarda un insecto en llegar a la etapa adulta. A eso se debe que en zonas bajas, donde hace mucho calor, se encuentre ataque fuerte de insectos, mientras que en zonas altas donde hace frío, los problemas de insectos son menos importantes.

Para identificar insectos es necesario saber cómo se desarrollan durante su ciclo de vida. Los insectos tienen piel rígida y por lo tanto tienen que mudar la piel para poder crecer. La forma de un insecto puede cambiar mucho durante el proceso de muda. Este cambio de forma de una etapa a otra se llama metamorfosis. Normalmente para identificar insectos se requiere de adultos ya que éstos no sufren más cambios de forma o tamaño, sino que su forma refleja la característica de su especie.

En la agricultura, de manera práctica, existen dos grandes grupos de insectos de acuerdo al número de etapas por las que pasan durante su ciclo de vida: los insectos de tres y los de cuatro etapas.

Insectos de tres etapas

Pasan por las etapas de huevo, joven o ninfa y adulto.

1. Los huevos no se alimentan y generalmente están escondidos, por lo que su control con insecticidas es poco probable. En la mayoría de insectos, los huevos fértiles, producto del apareamiento de las hembras, dan origen a los jóvenes; sin embargo, en algunos insectos el apareamiento no es necesario para la reproducción. En estos casos, la hembra puede parir jóvenes hembras genéticamente exactas a ella (como en el caso de los áfidos) o los huevos no fértiles dan origen a insectos macho (como en el caso de la mosca blanca o las abejas).

2. El joven o ninfa generalmente se parece al adulto, pero es más pequeño, no tiene alas y no se puede reproducir (no ha alcanzado madurez sexual).

3. Los jóvenes y los adultos de una misma especie generalmente se alimentan de lo mismo y se encuentran en el mismo lugar, lo cual facilita su manejo. Con el uso de insecticidas, uno puede controlar 2 de las 3 etapas del ciclo existentes, por lo que la reinfestación del insecto depende de la sobrevivencia de la etapa de huevo en el cultivo y de la llegada de nuevos adultos provenientes de hospederos alternos. Ejemplos: áfidos, mosca blanca, chinches, chicharritas, esperanzas, etc.



Insectos de cuatro etapas

Pasan por las etapas de huevo, gusano o larva, capullo o pupa y adulto. Este grupo de insectos resulta más difícil de manejar que el de tres etapas debido a lo siguiente:

1. Los adultos generalmente no se encuentran en el mismo lugar ni se alimentan de lo mismo que sus respectivas larvas; por lo tanto, difícilmente una medida de control logra afectar a estas dos etapas al mismo tiempo. Ejemplo: gallina ciega se alimenta de raíces y ocurre en el suelo y su adulto, el ronrón de Mayo, es de vida libre y se alimenta del follaje de árboles.

2. Los adultos y las larvas no se parecen en nada. Esto permite que el productor ignore al adulto y no reflexione sobre su necesidad de controlarlo porque le parece inofensivo por no alimentarse del cultivo. En maíz, por ejemplo, el adulto de cogollero es una palomilla nocturna que se alimenta de néctar de flores pero que en un periodo de 15 días es capaz de poner alrededor de 1500 huevos que darán origen a 1500 cogolleros.

3. Existen 2 etapas dentro del ciclo de vida que generalmente escapan al control por estar escondidas y no alimentarse: el huevo y el capullo o pupa. Este hecho no permite la posibilidad de control de una especie plaga con una única medida de control, como el uso de insecticidas, porque las etapas del ciclo no ocurren juntas ni se alimentan de lo mismo.

4. La re-infestación de la plaga dentro de un cultivo suele ser continua, porque es imposible controlar más de 2 etapas al mismo tiempo. Además, la entrada de nuevos adultos también puede ser permanente si no se controlan los hospederos alternos de la plaga en los alrededores del cultivo.



La identificación correcta de un insecto plaga o de un patógeno causante de enfermedad, el conocimiento de su ciclo de vida y de sus hospederos alternos por parte del estudiante es de vital importancia para el diseño de estrategias de manejo de dicha plaga. De manera práctica, si un insecto tiene etapa de joven (es decir que se parece al adulto pero es más pequeño y no puede volar) es de tres etapas, y si, por el contrario, tiene etapa de gusano, es de cuatro etapas.

Insectos importantes en la agricultura

Si bien, todos los órdenes de insectos a estudiar no necesariamente tienen miembros plaga, se incluyen en el presente estudio por tener importancia económica como controladores biológicos (depredadores o parasitoides), descomponedores de materia orgánica, o polinizadores.

Principales órdenes de insectos de tres etapas

1. Orden Orthoptera (incluye saltamontes, grillos, ponemesas, esperanzas). Características: poseen cuatro alas, generalmente de colores y con textura tipo cuerina con venas. Todos tienen mandíbulas prominentes, antenas largas como pelos y un par de patas modificadas (los grillos, saltamontes y esperanzas para saltar y las ponemesas para cazar y sostener a su presa).



2. Orden Dermáptera (tijerillas). Características: poseen cuatro alas, el primer par duro y corto (no tapa el abdomen) y cubre un segundo par que es como papelillo. Poseen un par de tijeras al final del abdomen, antenas largas y segmentadas y mandíbulas prominentes. Son depredadores importantes en sistemas de producción de maíz, donde se alimentan de huevos y gusanos pequeños de cogollero, áfidos y polen.



3. Orden Isoptera (termitas o comejenes). Características: Viven en nidos, tienen organización social con castas y obligaciones bien definidas. Son de color cremoso, con cabeza oscura y antenas como cuentas de rosario. Sólo las castas reproductoras tienen alas. Pueden ser plagas agrícolas en agroecosistemas degradados y con poca materia orgánica donde atacan yuca, árboles frutales y forestales.



4. Orden Hemíptera (chinchas). Características: tienen antenas notorias, generalmente como codos, pico para chupar, un triángulo en el lomo y el primer par de alas es mitad duro y mitad como papelillo. Dentro de este grupo existen especies plaga pero también benéficos utilizados exitosamente en programas de control biológico de plagas en invernaderos (chinche pirata, *Orius* sp.). Es necesario observar su comportamiento y alimentación para llegar a conclusiones sobre su posible efecto en un cultivo.



5. Orden Homóptera (áfidos, moscas blancas, chicharritas, toritos, chicharras, escamas). Características: la mayoría tiene antenas muy pequeñas, como la punta de un pelo, excepto los áfidos. Muchos de ellos tienen dos pares de alas, generalmente de color, que doblan sobre el tórax como si fuera un techo dos aguas, y todos tienen pico para chupar. Este grupo de insectos no posee especies benéficas.



6. Orden Thysanoptera (trips). Características: si bien los trips presentan etapa de pupa o capullo (etapa de descanso antes del adulto), no presentan larvas o gusanos distintos en apariencia a los adultos, y los adultos y jóvenes se encuentran en el mismo lugar y se alimentan de lo mismo, por lo que para efectos prácticos los hemos clasificado como de tres etapas. Tienen forma alargada,



abdomen puntiagudo, cuatro alas de tipo plumoso, aparato bucal raspador chupador, y son de tamaño pequeño (entre 1y 5 mm.). Son comunes dentro de flores.



7. Clase Arácnida, Grupo Acari (ácaros, son artrópodos pero no insectos sino arácnidos; también son importantes como plagas agrícolas). Características: muchos parecen coloradillas o garrapatas pequeñas; otros, tienen diversas formas y son tan pequeños que necesitan verse con lupa. Tienen el cuerpo dividido en 2 partes: cefalotórax y abdomen; carecen de antenas y poseen ocho patas. Pueden ser plagas muy importantes durante el verano

por ser muy prolíficos y tener ciclo de vida extremadamente corto (4 días) a altas temperaturas.

Principales órdenes de insectos de cuatro etapas



1. Orden Lepidóptera (mariposas y palomillas).

Características del adulto: tiene dos pares de alas cubiertas por escamas, antenas grandes y visibles, y aparato bucal tipo pajilla enrollable. Las mariposas son de colores vistosos y de hábito diurno, y las palomillas son de colores pálidos u oscuros y de hábito nocturno. Características del gusano: tiene cabeza bien formada, patas verdaderas (con articulaciones y contiguas a la cabeza) y patas falsas (parecen ventosas).

2. Orden Coleóptera (escarabajos, ronrones, mariquitas, candelillas, picudos, gorgojos, tortuguillas, etc.). Características del adulto: tiene dos pares de alas, el primero es duro, sirve para protección, y es de colores y sin venas. Todos tienen mandíbulas y antenas visibles de forma variada.



Características de las larvas: pueden ser de formas variadas, como tallarín (gusano alambre), alargada (mariquita), en forma de letra "C" (gallina ciega), como clavo (con cabeza más gruesa que el cuerpo, escarabajo de la madera), pero siempre tienen mandíbulas y nunca tienen patas falsas. La mayoría de larvas tiene patas verdaderas, pero en casos de alimentarse en un solo lugar (no se desplazan, como en el caso de las larvas de picudos del chile, banano, etc.) no presentan patas.

3. Orden Hymenoptera (avispa de panal, abejas, avispa parasitoides, abejorros, hormigas).

Características del adulto: posee dos pares de alas como papelillo, antenas generalmente como codos, y generalmente tiene cintura notoria entre el tórax y el abdomen. Muchas especies tienen organización social y



Hymenoptera

viven en nidos, otras son solitarias. La gran mayoría de miembros de este grupo son benéficos por servir como polinizadores y reguladores de plagas (hay depredadores como hormigas y avispas de panal, y también parasitoides), aunque también existen especies plaga como los zompopos.

Se omiten las características de las larvas por ser irrelevantes en sistemas agrícolas, ya que se encuentran en nidos o dentro de presas parasitadas.

4. Orden Díptera (moscas comunes, tábanos, zancudos, mosquitos, jejenes, moscas parasitoides, moscas del sudor, moscas de la fruta). Características del adulto: posee únicamente un par de alas (de allí su nombre, Di=dos, y Ptera=ala) como papelillo. Este grupo tiene diversidad de tipos de aparato bucal, según su función. Muchas de las llamadas moscas tienen boca tipo esponja, cabeza redonda (parece pelota cortada por mitad), antenas muy pequeñas, como la punta de un pelo, y ojos grandes. Este grupo es sumamente diverso, contiene plagas agrícolas (moscas de la fruta, minadores de las hojas), plagas veterinarias (tábanos, tórsalos) y humanas (zancudos, jejenes, moscas comunes), e inclusive depredadores y parasitoides de plagas agrícolas (mosca del sudor o sírfidos y tachínidos, respectivamente).



Características de la larva: las larvas de plagas hortícolas de este grupo tienen la forma de un grano de arroz. No tienen ni cabeza bien definida ni patas, aunque pueden variar en su tamaño y color.

5. Orden Neuróptera (león de áfidos o crisopas, machacas, cusuquitos o león de hormigas). Características del adulto: tiene dos pares de alas como papelillo de color pero con muchas venas, las cuales doblan sobre el cuerpo como techo dos aguas, tiene antenas largas, como pelos, y mandíbulas.



Características de la larva: tiene mandíbulas muy pronunciadas y hacia delante, cuerpo de forma alargada y puede o no mantener basura acumulada sobre el lomo.

Daños ocasionados por insectos

Daño de defoliación (ocasionado por insectos masticadores):

1. Zompopos (Fam. Formicidae; Orden Hymenoptera). Insectos de cuatro etapas, causan lesiones en forma de media luna. El daño puede ocurrir en plantas herbáceas

pero es más común en especies perennes, como cítricos y otros frutales. Los zompopos suelen atacar hojas y también flores.



2. Crisomélidos adultos (pulga saltona, mallas, tortuguillas, Diabrotica etc. Fam. Chrysomelidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, causan lesiones no



necesariamente en los bordes de las hojas sino al centro. Algunas especies de mallas tienen larvas que se alimentan de follaje, otras que son subterráneas y se alimentan de raíces. Las larvas son muy pequeñas, tienen patas verdaderas, cabeza bien formada, mandíbulas notorias, pero nunca patas falsas.



3. Esperanzas, saltamontes, langostas (Fam. Tettigonidae y Acrididae; Orden Orthoptera).

Normalmente no se constituyen en plaga a menos que sus densidades sean muy altas, como en el caso del ataque de langostas en mangas migrantes.

4. Larvas de lepidóptera (tienen patas verdaderas, patas falsas y cabeza bien formada, Fam. Noctuidae, Pyralidae, Arctiidae; Orden Lepidoptera).

Insectos de cuatro etapas, pueden ocurrir en brotes (*Diaphania* en cucúrbitas), tallos (barrenadores como *Diatraea* en maíz, sorgo o caña de azúcar), desplazarse y alimentarse de diversas plantas (medidor, *Mocis latipes*, o el gusano peludo *Estigmene*), cogollos (cogollero, *Spodoptera*). Unos pocos lepidópteros pueden ser minadores de hojas, como el caso del minador de los cítricos y el del madreño. En los casos de daño por larvas de lepidóptera es común encontrar heces frescas en forma de pelotita en su lugar de alimentación.



5. Ronrones o chacarrones (Fam. Scarabaeidae; Orden Coleoptera).

Insectos de cuatro etapas, son exclusivos de la época lluviosa. Los adultos se alimentan especialmente de especies arbustivas o perennes (roble y madreño y pueden ser plaga en plantaciones de yuca y cítricos u otros frutales). Son atraídos por las luces durante la noche, especialmente al inicio de la época de lluvia. Las larvas son las gallinas ciegas y se alimentan de raíces de diversos cultivos.



6. Escarabajo ampollero (Fam. Meloidae; Orden Coleoptera).

Insectos de cuatro etapas, no son comunes en cultivos, excepto en frijol donde pueden defoliar el cultivo o arrancar flores. Los adultos secretan una sustancia que quema la piel, causando ampollas, por lo que se les conoce como ampolleros. Son atraídos por la luz durante la noche.

Daño por chupadores



1. Áfidos (Fam. Aphididae; Orden Hemiptera Homóptera).

Insectos de tres etapas, causan encarrujamiento de brotes terminales, mielecilla y fumagina en hojas maduras, y reducción en el crecimiento de las plantas. Suelen estar asociados a hormigas por simbiosis alimento-defensa. Los áfidos generalmente se encuentran en colonias, escondidos o protegidos de la luz solar directa. Su crecimiento en colonias es sumamente rápido porque en el trópico todos los individuos son hembras las cuales paren áfidos jóvenes que

llegan a su estado adulto en escasos 6 días con temperaturas por encima de los 30 grados centígrados. Son más importantes como plaga durante la época seca ya que durante la época lluviosa las precipitaciones causan una alta mortalidad de áfidos y su reproducción es más lenta por la reducción de la temperatura. Son vectores de virus de tipo no persistente.



2. Mosca blanca (Fam. Aleyrodidea; Orden Hemiptera Homóptera). Insectos de tres etapas. Los adultos y jóvenes ocurren en el envés de las hojas y son comunes en muchísimas plantas de hoja ancha. Los jóvenes son escamas y se encuentran en el envés de las hojas maduras. Puede haber mielecilla y fumagina con altas densidades de jóvenes y/o adultos. Al igual que los áfidos, su importancia como plaga

es mayor en verano que en invierno, por las mismas razones. Son vectores de virus de tipo persistente como geminivirus o Begomovirus.



3. Chicharritas o cicadélidos, lorito verde, Empoasca (Fam. Cicadellidae; Orden Hemiptera Homóptera). Son comunes en leguminosas como frijol, gandul y caupí; en papaya, maracuyá y ornamentales. Pueden causar encarrujamientos por la inyección de toxinas. Los jóvenes permanecen en el envés de las hojas de la planta hospedera, donde caminan de lado. Pueden ser vectores de fitoplasmas, como el caso de la colocha delmaracuyá.

4. Paratrioza (Fam. Psilidae; Orden Hemiptera Homóptera). Insecto de tres etapas, asociado a solanáceas.

Inyecta una toxina que causa síntomas de amarillamiento y crecimiento axilar anormal en papa. Su incidencia está limitada a climas frescos o de montaña. Se

le conoce como vector del fitoplasma punta morada en papa. El adulto es similar a una chicharra pero su tamaño es de escasos milímetros y su color es grisáceo u oscuro. Los jóvenes ocurren en el envés de las hojas maduras del hospedero, son aplanados y tienen poca movilidad.



Torito

5. Toritos o membrácidos (Fam. Membracidea; Orden Hemiptera Homóptera). Es común únicamente en árboles o arbustos frutales u ornamentales, como mango y marañón. Causan daño sólo a altas densidades. Los adultos se conocen como toritos y generalmente tienen forma y colores llamativos.



Salivazo

6. Salivazo (Fam. Cercopidae; Orden Hemiptera Homóptera). Insecto de tres etapas, común en gramíneas como arroz y caña de azúcar. Los jóvenes no se miran a simple vista sino que están cubiertos por una sustancia

húmeda parecida a la espuma, la cual los protege de la desecación. A grandes densidades pueden causar daños serios en cultivos de caña de azúcar y en pastizales.



7. Chinchas de diversas familias (Fam. Coreidae, Pentatomidae, Tingidae, Pyrrhocoridae; Orden Hemiptera). Insecto de tres etapas. El daño puede ser a fruta, brotes y semillas. Puede causar deformaciones, reducción del crecimiento, manchado de fibra (en algodón), vaneo de grano (en sorgo con la chinche pata de hoja, chinche apestosa en frijol y soya), e inclusive daño a la fruta por pudrición por bacterias como *Erwinia*, por contagio por medio de chinchas como la de pata de hoja en tomate. En banano y otras musáceas, piñón y camote las chinchas de encaje (Fam.

Tingidae) suelen causar amarillamiento o quemazón de las hojas. Este último daño es muy parecido al causado por ácaro tostador (*Tetranychus*) o por thrips.



8. Escamas (Fam. Diaspididae; Orden Hemiptera Homóptera). Insectos de tres etapas, que pueden ser sésiles o móviles y que poseen aparato bucal chupador. Las escamas no tienen la forma típica de los insectos (cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen, tres pares de patas) sino que pueden tener formas diversas (aplanadas, en forma de estrella, de pelota, etc.). Pueden ocurrir en asocio con hormigas por la producción de mielecilla. Son comunes

sobre todo en especies perennes como frutales pero también pueden ocurrir en herbáceas. Su daño se asocia a reducción en rendimiento, manchado de fruta y caída de flores y frutos pequeños.

Daño a la raíz por larvas o jóvenes de insectos



1. Gallina ciega (Fam. Scarabaeidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, el adulto es conocido como ronrón de Mayo y la ocurrencia de adultos y de larvas es exclusiva de la época de lluvia o invierno. Ataca muchísimas plantas distintas, hojas anchas, angostas e inclusive especies perennes. La gallina ciega ataca generalmente al tener tamaño mediano o grande no en sus primeros estadios, excepto en ausencia de materia

orgánica en el suelo (las larvas pequeñas se alimentan básicamente de materia orgánica). La larva tiene forma de C y posee patas verdaderas, pero no patas falsas, y mandíbulas muy fuertes y notorias.



2. Larvas de cerambícidos o insectos de la madera de antenas largas (Fam. Cerambicidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, no suelen ser comunes por tener un rango de hospederos bien estrecho y reproducción relativamente lenta. Pueden ocurrir en estacas de yuca, en tallos y tubérculos de camote. A diferencia de la gallina ciega, no tienen patas porque no

se desplazan sino que se alimentan en el lugar donde fue puesto el huevo. Las larvas tienen el extremo contiguo a la cabeza más gruesa que la parte posterior del cuerpo y son de color cremoso o amarillento.



3. Larvas de crisomélidos (Fam. Chrysomelidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, son menos comunes que la gallina ciega. Los adultos son los crisomélidos, mallas o diabroticas. Las larvas generalmente son de color cremoso, no tienen **forma de C** sino que tienen forma recta y suelen tener tamaño no mayor a 1 cm. Tienen patas verdaderas y cabeza oscura con mandíbulas grandes.



4. Gusano alambre (Fam. Elateridae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, el adulto es conocido como insecto clic y es atraído a las luces. La larva es alargada y recta, de color café, de superficie muy dura, tiene patas verdaderas, cabeza bien formada y mandíbulas muy fuertes. Hay especies de tamaño pequeño, con ciclo de vida corto (un mes y medio) y otras de ciclo de vida largo (un año o más) y de hasta 3.5 cm de largo. Ataca semillas próximas a germinar y las raíces. Está presente todo el año.

5. Chicharras. Las chicharras, a diferencia de las gallinas ciegas, no son larvas sino jóvenes (estado inmaduro de un insecto de tres etapas) y poseen aparato bucal chupador, no masticador. Son muy comunes en sistemas agroforestales y en cafetales. Tienen forma muy parecida a la de una chicharra, pero no poseen alas.



Daño a tallos, brotes o frutas por gusanos barrenadores



1. Gusanos de mosca en frutas, granos, flores o brotes. Insectos de cuatro etapas. La característica de ellos es su forma, parecen granos de arroz y generalmente son de color cremoso. Los gusanos en mazorca de maíz dulce, mango, guayaba, naranja, son ejemplos. En brotes o tallos también tienen la misma característica de forma y color, como el caso de la mosca *Silba pendula* en brotes de yuca, o *Eusesta* en plántulas de maíz causando hijeo. En granos, flores o frutas las mosquitas cecidómidas son el ejemplo, como en el caso de la mosquita de la panoja del sorgo.



Gusano lepidóptera

2. Gusanos de lepidóptera en tallos y frutas. Insectos de cuatro etapas, sin ojos, patas, ni cabeza definida, a diferencia de los de lepidóptera que tienen cabeza bien formada, patas verdaderas y patas falsas y pueden ser de diversos colores.

Generalmente, los barrenadores lepidópteros de cultivos agrícolas pertenecen a la familia Pyralidae y los ejemplos más comunes son *Diaphania* en cucúrbitas y *Diatraea* en maíz, sorgo y caña de azúcar. Los adultos suelen ser de hábito nocturno.

3. Gusanos de picudos en frutas, tallos y tubérculos (Fam. Curculionidae, Scolytidae; Orden Coleoptera).



Insectos de cuatro etapas. Tienen la característica de tener larvas cremosas, con cabeza bien formada, pero carecen de patas verdaderas porque no se desplazan para alimentarse. La pupa suele ocurrir en el mismo lugar donde ocurrió la larva y posteriormente el adulto sale de la fruta o del tallo y se desplaza a hospederos contiguos. Ejemplos de estos casos son el picudo del ají, del frijol, del algodón, de las musáceas (que ataca cormos), de las palmáceas (que ataca tallos) y del camote, y en el caso de los escolítidos, la broca del café y el barrenador de los pinos. Los adultos generalmente son poco móviles, tienen un rango muy estrecho de hospederos alternos y responden al uso de feromonas sexuales.

Ejemplos de estos casos son el picudo del ají, del frijol, del algodón, de las musáceas (que ataca cormos), de las palmáceas (que ataca tallos) y del camote, y en el caso de los escolítidos, la broca del café y el barrenador de los pinos. Los adultos generalmente son poco móviles, tienen un rango muy estrecho de hospederos alternos y responden al uso de feromonas sexuales.

Daño de tostado o secado del follaje, marcado de la fruta o caída de flores y frutos pequeños



1. Thrips (Fam. Thripidae; Orden Thysanoptera). Insectos de tres etapas. Los trips pueden ser plaga como adultos y también como jóvenes. Al atacar plantas pequeñas y en grandes densidades pueden matar o reducir drásticamente el crecimiento de las mismas (como en el caso de *Thrips palmi* en pepino, sandía y berenjena). También pueden causar quemado del follaje o frutos en cucúrbitas y solanáceas como berenjena. En ají dulce y picante la presencia de trips en flores puede causar su caída o el cuajado de fruta deforme.

2. Ácaros (Fam. Tetranychidae; Clase Arachnida). El ácaro tostador (*Tetranychus*) y el ácaro blanco (*Polifagotarsonemus latus*), si bien no son insectos sino arácnidos, causan daños muy similares a los causados por thrips y pueden ser plagas importantes en la época de verano en solanáceas y cucúrbitas. El ácaro blanco en ají dulce y picante causa síntomas de adelgazamiento de las hojas y manifestación de venas en alto relieve, síntomas que tienden a confundirse con los causados por virus.

Discusión:

- ✚ Cuál es la diferencia entre un insecto neutro, herbívoro y benéfico?
- ✚ Cuál es la diferencia entre un insecto de ciclo completo y uno incompleto?
- ✚ Cuántas especies nuevas conocieron?
- ✚ Qué papel realizan los insectos en el agroecosistema?
- ✚ Cómo puede un herbívoro convertirse en plaga?
- ✚ Qué grupo de insecto es más abundante?

Mecanismos de prevención y control de plagas**Prácticas culturales**

Consiste en el uso de prácticas agronómicas rutinarias para crear un ambiente menos favorable al desarrollo y supervivencia de las plagas, o para hacer al cultivo menos atractivo a su ataque.

- a) **Inspección de alrededores y eliminación de malezas y plantas voluntarias:** por lo menos 15 días antes de la siembra para acabar con fuentes de inóculo de enfermedades y refugio de posibles plagas.



- b) **Pre germinado de malezas:** en suelo desnudo, prerriegue para promover el crecimiento de la maleza previo a la siembra del cultivo y aplique posteriormente un herbicida quemante para matar la maleza antes de la siembra.

- c) **Sembrar considerando la dirección del viento:** si va a sembrar más de un lote, inicie sembrando en la última posición contra el viento, para evitar que las plagas y enfermedades pasen arrastradas por el viento, de los lotes viejos a los jóvenes.



- d) **Producción de plántulas sanas:** los viveros pueden ser cubiertos o abiertos. Tome todas las medidas (eliminación de hospederos, uso de insecticidas, barreras y trampas amarillas) para evitar contagio de plagas y enfermedades.

- e) **Manejo apropiado de los desechos de vivero:** el mantenimiento de plántulas viejas y descuidadas dentro o en los alrededores del vivero puede permitir brotes de plagas y enfermedades antes del trasplante.
- f) **Uso de altas densidades:** si no puede trasplantar, siembre a altas densidades para eliminar tempranamente las plantas enfermas.
- g) **Raleo de plantas enfermas:** ralee o destruya las plantas enfermas, tan pronto como éstas aparezcan y continúe con esta labor hasta antes de fructificación. Repita el raleo por lo menos dos veces por semana para evitar fuentes de inóculo de virus dentro del campo a través del tiempo. El mantenimiento de plantas con virosis antes de la floración sólo contribuye a la infección temprana de vectores y plantas dentro del cultivo.
- h) **Siembra de variedades resistentes:** siempre que sea posible, utilice variedades resistentes, tolerantes o precoces para bajar las probabilidades de perder plantas por ataque de plagas.
- i) **Riego adecuado:** maneje adecuadamente el agua de riego para evitar promover problemas de plagas y enfermedades a través del tiempo. Los excesos de agua pueden provocar encharcamientos y las condiciones ideales para la proliferación de enfermedades. Falta de agua puede provocar estrés y mayor susceptibilidad al ataque de plagas.
- j) **Diversificación del cultivo:** siembre más de un cultivo de distintas familias para disminuir la probabilidad de contagio por el aumento de la biodiversidad, además de disminuir el riesgo económico asociado a los monocultivos.
- k) **Recolección de fruta de descarte:** recoja la fruta de descarte, sobre todo si tiene problemas de enfermedades del fruto y de la raíz, para favorecer el control de plantas voluntarias a través del tiempo.
- l) **Rompimiento del ciclo de vida de las plagas:** si siembra dos o más veces en la misma área, pare operaciones por un periodo mínimo de dos semanas entre siembras para romperle el ciclo a las plagas y enfermedades.
- m) **Sectorización y concentración de desechos:** disponga apropiadamente de los rastrojos. De ser posible, tenga un solo lugar de acumulación de material de desecho.
- n) **Rotación de cultivos:** rote cultivos de diferentes familias y conozca los rangos de hospederos de sus plagas.



- o) **Evitar las siembras escalonadas:** es importante tener periodos en los que no se siembra un determinado cultivo, para no abastecer continuamente alimento a una plaga en particular.

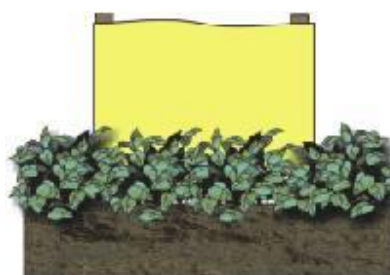
Prácticas físico mecánicas

Son métodos orientados a la destrucción de la plaga en forma directa, causándole algún trastorno fisiológico o creando ambientes desfavorables a su desarrollo o desplazamiento normal:

- a) **Use barreras vivas:** siembre barreras de sorgo, maíz o King grass, por lo menos con dos semanas de anticipación al cultivo para tenerlas suficientemente grandes al sembrar o trasplantar. Las barreras deberán ser densas, bien tupidas y estar localizadas en todos los bordes de los lotes de siembra. El uso de la barrera limpia el estilete de áfidos, que son vectores de virus, retarda la entrada de los insectos voladores como mosca blanca o palomilla del repollo, ayuda a mantener enemigos naturales, sirve como trampa de gusanos del género *Spodoptera*, protege a las plantaciones contra el viento y sirve para obtener ingresos adicionales por venta de cosecha o guate para ganado.



- b) **Trampas amarillas:** el uso de bandas de plástico amarillo con pegamento, distribuidas antes de las barreras vivas permite detectar tempranamente la llegada de plagas. Revise las trampas al menos una vez a la semana y deles mantenimiento durante los primeros treinta días del cultivo. Esta práctica es más para monitoreo que para manejo.



- c) **Utilice camas plastificadas:** utilice plástico plateado para prevenir, durante las primeras semanas, la llegada de insectos chupadores al cultivo.
- d) **Manejo de cercos vivos:** si posee árboles en los alrededores, no los corte, sólo desrámelos si es necesario, ya que éstos sirven como una barrera natural.
- e) **Coberturas flotantes:** utilice coberturas tipo agribon o agryl para prevenir la exposición de las plantas a vectores, luego de la siembra o trasplante. Recuerde que el uso de este tipo de coberturas sólo es compatible con el uso de semilleros, plástico en las camas y riego por goteo. Es importante recalcar que esta medida en particular es un paliativo temporal, que previene los problemas mientras está puesta.

- f) **Uso de arena:** para el control de cogollero en el cultivo de maíz, con aplicaciones dirigidas al cogollo. Puede ser mezclada con cal o ceniza.
- g) **Uso de cobertura vegetal:** en ciertas situaciones puede ser útil dejar materia orgánica en la superficie del suelo, como albergue para enemigos naturales o en el caso de la cascarilla de arroz colocada entre hileras de frijol común, como una superficie que repela a los saltahojas.

Prácticas legales

Son prácticas que incluyen la aplicación de medidas de combate, basadas en disposiciones legales, tales como las siguientes:

- a) **Cuarentenas:** es el conjunto de medidas para efectuar la vigilancia del intercambio de productos y sub productos agrícolas, con el objetivo de prevenir la introducción y propagación de plagas, prohibiendo o restringiendo la entrada de plantas y sus productos. El Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), lleva a cabo actividades en el área centroamericana.
- b) **Reglamentación de prácticas fitosanitarias:** son los procedimientos de carácter obligatorios sobre prácticas culturales, físicas y químicas, que en muchos casos constituyen medidas económicas muy útiles en el combate de plagas.
- c) **Erradicación:** es la eliminación de una plaga o enfermedad en una zona determinada, generalmente de introducción reciente.
- d) **Control de calidad de los agroquímicos:** consiste en el registro legal a nivel estatal de los agroquímicos, además de reglamentar la importación, formulación, venta, uso límite de seguridad legal para residuos de alimentos y de forraje. Establece un control de calidad a los productos agroquímicos elaborados por las empresas formuladoras.

Organismos benéficos para el cultivo

Muchos organismos vivos son benéficos, como las abejas que nos ayudan a polinizar flores o aquellos que controlan organismos no deseables. **El control biológico** es la acción ejercida directamente por los enemigos naturales en el mantenimiento y regulación de la densidad poblacional de plagas.

Tipos de enemigos naturales

Depredadores: Organismo carnívoro que en su estado inmaduro y/o adulto activamente busca y captura varias presas que consume parcial o totalmente.



Tabla 2. Depredadores que controlan insectos.

Tipo (cazador o depredador)	A quien ataca (presa)
Hormigas	Larvas pequeñas de <i>Spodoptera</i> .
Avispas de panal	Larvas de <i>Spodoptera</i> y otros lepidópteros.
Crysopas (león de áfidos)	Larvas pequeñas de <i>Spodoptera</i> , áfidos y jóvenes de mosca blanca.
Mariquitas (coccinélidos)	Áfidos y larvas pequeñas de lepidópteros.

Parasitoides: Organismo que en su estado inmaduro vive dentro o sobre el cuerpo de otro organismo. Se alimenta de un solo hospedero, manteniéndolo vivo hasta que le provoca la muerte. El organismo afectado se ve reducido en su capacidad de hacer daño. El estado adulto del parasitoide vive libre, no es parasítico. Los parasitoides son avispas o moscas.

Tabla 3. Parasitoides que controlan insectos.

Tipo	A quién ataca
<i>Trichogramma</i> (avispa)	Huevos de gusanos del fruto y falso medidor.
<i>Telenomus remus</i> (avispa)	Huevos de cogollero, gusano del fruto y chinche verde.

Entomopatógenos

Tabla 4. Microorganismos que causan enfermedades en los insectos.

Tipo	Ejemplo	A quién ataca
Virus	Virus de la poliedrosis nuclear	Larvas de gusanos cogollero, del fruto.
Bacterias	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Larvas de Lepidópteros (gusanos cogolleros, del repollo, del tomate).
Hongos	<i>Beauveria bassiana</i>	Se aplica contra mosca blanca, picudo del chile, escarabajo de la papa, broca del café, picudo de la caña de azúcar, picudo del plátano, y diferentes especies de chinches y saltamontes.
	<i>Metharizium anisopliae</i>	Utilizado para el control de salivazo en caña de azúcar, chinche verde, termitas y chupadores como mosca blanca.

Los sistemas agrícolas están sujetos a una serie de cambios, los cuales son influenciados por políticas de gobierno, factores económicos y avances tecnológicos. En la actualidad, los programas de manejo de plaga han evolucionado a un nuevo enfoque holístico más amplio, llamado **Manejo Integrado de Cultivos** (MIC), que enfatiza el uso de buenas prácticas agrícolas, manejo preventivo y entendimiento del origen de los problemas sanitarios, enfoque, que se trabaja de la siguiente manera:

1. Selección del cultivo y del mercado (160 días antes del trasplante).
2. Evaluación del lote a sembrar y sus alrededores (45 días antes del trasplante).
3. Preparación de suelo (30 días antes del trasplante).
4. Instalación de riego y su revisión (2540 días antes del trasplante).
5. Siembra de barreras vivas (2540 días antes del trasplante).
6. Limpieza de bordes y lote de siembra (1020 días antes del trasplante).
7. Siembra de Viveros (1245 días antes del trasplante).
8. Trasplante (0 días).
9. Manejo Integrado de Plagas (0 días).
10. Labores culturales (0 días), (15 días antes del trasplante).
11. Eliminación del cultivo (depende del cultivo).

Plaguicidas biológicos y organismos vivos utilizados comercialmente

Principales organismos utilizados comercialmente para el manejo de plagas en distintos cultivos:

Trichoderma harzianum: actúa como fungicida biológico preventivo para el control de hongos del suelo que atacan las raíces. *Trichoderma* parasita a otro organismo de una misma naturaleza, es decir lo utiliza como alimento y lo destruye; de esta manera compite por espacio y nutrimento con los hongos patógenos. Al ser aplicado a las raíces forma una capa protectora, tal como si fuera una funda o un guante, de modo que crece haciendo una simbiosis con las raíces. El hongo se alimenta de los exudados de las raíces y, en retribución, las raíces son protegidas por el hongo.

Paecilomyces lilacinus: nematocida microbiológico utilizado para el control de huevos, juveniles y nematodos adultos. Es un hongo que parasita nematodos y cuando entran en contacto con ellos penetran la piel. Una vez en el interior se reproducen muy rápidamente emitiendo metabolitos tóxicos que los envenenan hasta causarles la muerte. Las toxinas producidas afectan al sistema nervioso y causan deformaciones del estilete de los nematodos que sobreviven. También causan destrucción de ovarios y reducen la eclosión de huevos, lo que permite reducir el daño y las poblaciones de nematodos a través del tiempo.

Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN): contamina a las larvas de lepidóptera por vía oral, cuando éstas consumen hojas o tallos de la planta que han sido aplicados con VPN. Después de la ingestión, se produce la contaminación del aparato

digestivo del insecto, el tejido graso, la sangre y la tráquea. Las larvas infectadas se vuelven lentas, dejan de alimentarse y se paralizan, suben a las partes superiores de las plantas y quedan con la cabeza hacia abajo, sujetas por las propatas, se vuelven blandas, de color pardo o negro, los tejidos se licuan, quedando la larva como una bolsa líquida. El insecto muerto representa la fuente de inóculo más importante. Al romperse el cadáver, los líquidos caen en otras partes de la planta o son diseminados por salpique de lluvia.

***Bacillus spp*:** entre las bacterias entomopatógenas, las que pertenecen al género *Bacillus*, son las que se han desarrollado y utilizado con mayor éxito. Afectan el sistema digestivo, paralizando los intestinos y provocando la muerte de las larvas. La muerte ocurre 17 horas en hospederos muy susceptibles y de 27 días en los menos susceptibles.

***Beauveria bassiana* y *Metarrhizium anisopliae*:** los hongos entomopatógenos pueden causar infección en cualquier etapa de desarrollo del insecto. La muerte del hospedero generalmente ocurre 56 días después de la penetración del tubo germinal. Los hospederos afectados se presentan débiles e inactivos, luego se cubren de un moho algodonoso de color variable, dependiendo si éste es atacado con *Beauveria bassiana*, el color es blanco, y si es con *Metarrhizium anisopliae* el color es verde.

Control botánico

Se refiere a plantas que cuentan con sustancias químicas que tienen propiedad biocida o repelente. Los insecticidas botánicos más conocidos son:

-  Tabaco (nicotina)
-  Barbasco (rotenona)
-  Nim (azadirachtina)
-  Crisantemo (piretro)

Existe una gran variedad de plantas con propiedades biocidas. La mayoría de los insecticidas botánicos se adecuan a pequeñas explotaciones agrícolas, como son los biohuertos caseros y pequeñas parcelas. Sin embargo, áreas regulares requieren de una selección cuidadosa de los plaguicidas botánicos a utilizar.

Los insecticidas botánicos tienen las siguientes ventajas:

-  **Biodegradables**, por lo tanto los controladores biológicos son menos afectados, no se contamina el suelo, el agua y se disminuye la posibilidad de generar resistencia en las plagas.
-  **Económicos**, por esta razón pueden reducirse costos en el manejo de plagas agrícolas.
-  **Fáciles de usar**, para cualquier agricultor, sin embargo, algunos extractos tienen que ser muy bien colados para evitar atoros de boquillas de mochilas de asperjar.

Control químico

Plaguicidas

La mayoría de plaguicidas consiste de un ingrediente activo (el veneno) y una variedad de aditivos, los cuales mejoran su eficacia en su aplicación y acción. Las propiedades físicas y químicas del ingrediente activo determinan el tipo de aditivos y subsecuentemente la formulación. A su vez, la formulación determina la forma de aplicación, la persistencia en el campo y la toxicidad. Estos dos aspectos, el conocimiento del ingrediente activo y la formulación, son centrales para el entendimiento de los aspectos químicos de los plaguicidas.

Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas son compuestos químicos naturales o sintetizados usados para el control de plagas. En forma general, se pueden clasificar dependiendo del tipo de plaga que controlan, el modo de acción, composición química y presentación:

a) Por el tipo de plagas que controlan:

Tabla 5. Clasificación de plaguicidas por el tipo de plagas que controlan.

Tipo de plaga	Tipo de plaguicida
Insectos	Insecticidas
Hongos	Fungicidas
Bacterias	Bactericidas
Malezas	Herbicidas
Roedores	Rodenticidas

b) Por su modo de acción:

-  **De contacto:** es necesario que el insecticida bañe al insecto para que pueda penetrar a través del cuerpo de éste, e iniciar el proceso de intoxicación. Por lo general, no son selectivos sino que matan todo lo que tocan. Necesitan tener una buena cobertura para optimizar su control.
-  **De ingestión:** es necesario que el insecto consuma la parte tratada (masticar o succionar), para que el ingrediente activo inicie el proceso de intoxicación. Dichos productos dependen en gran manera de la cobertura de aplicación para su eficacia de control.
-  **Sistémicos:** el plaguicida se moviliza dentro de la planta, se concentran en la savia y por lo tanto son específicos y efectivos contra insectos chupadores.
-  **Translaminares:** el producto penetra por el haz foliar y llega al envés, atraviesa la lámina de la hoja desde la parte superior a la inferior. Se utiliza contra minadores, trips y ácaros que tienen aparato bucal chupador.

🚩 **Asfixiantes:** la penetración es en forma gaseosa a través de los espiráculos de los insectos.

🚩 **Múltiples formas:** pueden actuar sobre la plaga a controlar de las varias formas anteriormente mencionadas.

c) Por su composición química

Organoclorados: su elemento principal es el cloro, caracterizados por su amplio espectro de actividad. Son estables y tienen baja solubilidad en agua, lo que los convierte en altamente persistentes y potenciales contaminantes del ambiente a largo plazo, con gradual acumulación en los tejidos grasos de los animales. Cuando la grasa es desdoblada, por decir durante bajas en la ingesta de alimentos, el químico es liberado en la sangre, provocando envenenamiento y consecuentemente la muerte. Ejemplos: Thiodan, DDT, Mirex, aldrín, dieldrín, clordano, heptacloro.

Organofosforados: compuestos derivados del ácido fosfórico. En general, son tóxicos para los mamíferos, pero son usualmente no persistentes por lo que son considerados menos peligrosos que los organoclorados. El uso de organofosforados requiere un monitoreo efectivo y manejo de niveles críticos. Ejemplos: malathion, dimetoato, diclorvos, parathion, diazinon, fenitrothion (sumition), terbuphos (counter, rimafos), perfenophos (tambo), etoprofos (mocup), fenamiphos (nemacur).

Carbamatos: éstos son derivados del ácido carbámico, el cual ha sido desarrollado más recientemente que los organofosforados, aunque con un modo de acción básicamente similar, afectando la actividad de la enzima acetilcolinesterasa. Sin embargo, en el caso de los carbamatos, la inhibición de la enzima es más fácilmente revertida y los insectos se pueden recuperar si son expuestos a dosis demasiado bajas. Los carbamatos tienen un amplio espectro o rango de actividad y usualmente actúan por contacto o ingestión, unos poco poseen acción sistémica. Ejemplos: aldicarb (temik), propoxur (baygon), Benomyl (benlate), carbofuran (curater, furadan), methomyl (lannate).

Piretroides: los más efectivos y seguros plaguicidas naturales son las piretrinas derivadas de las flores de *Pyrethrum cineroseaefolium* y sus análogos sintéticos, los piretroides. Los piretroides sintéticos tienen alta actividad de contacto y son particularmente efectivos contra larvas de lepidópteros. El efecto de piretroides es frecuentemente extendido más allá de otros insecticidas por su habilidad de repeler insectos. Son usados para el control de un amplio espectro de plagas en agricultura y para el control de vectores de enfermedades. Ejemplos: ambush (permetrina), karate, cipermetrina, deltametrina (decis).

d) Por su presentación

El ingrediente activo de un plaguicida raramente es apropiado para la aplicación en su forma pura. Es usualmente necesario agregar otras sustancias no plaguicidas para que el químico pueda ser usado en

concentración y formas apropiadas, permitiendo una fácil aplicación, manejo, transporte, almacenamiento y máximo poder plaguicida. Por ello, los plaguicidas pueden ser formulados como soluciones, emulsiones y suspensiones concentradas, polvos solubles en agua, cebos, polvos, fumigantes y pellets granulados.

Fungicidas

Tabla 6. Características de los fungicidas.

CARACTERÍSTICA	PROTECTANTE	SISTÉMICO
Acción primaria en la planta	El fungicida queda sobre la cutícula y evita la germinación de las esporas. Ejemplo: mancozeb, dithane.	El fungicida penetra los tejidos y suprime el hongo después de la infección. Ejemplo: ridomil.
Tiempo de aplicación	El fungicida debe aplicarse antes de la infección	Puede aplicarse después de la infección.
Persistencia	Los residuos disminuyen por lluvia, viento y acción microbial.	Residuos dentro de los tejidos disminuyen lentamente.
Movimiento	Distribución sobre la superficie, depende de la aplicación.	Translocado por el floema y por difusión de una célula a otra.
Mecanismos bioquímicos de acción	Afectan muchos sistemas metabólicos simultáneamente.	Afectan sólo unos pocos sistemas metabólicos.
Selectividad	Inhiben una amplia gama de hongos.	Son específicos para una sola clase de hongos.
Resistencia	No es frecuente.	Ocurre con alta frecuencia.

Herbicidas

Existen cientos de herbicidas y decenas de formulaciones disponibles en el mercado. Los herbicidas pueden clasificarse de muchas formas, dependiendo del propósito de clasificación. Basado en la estructura química se pueden clasificar en familias y esto es práctico ya que generalmente los herbicidas de la misma familia tienen el mismo modo de acción. El conocimiento del modo de acción de los herbicidas nos permite hacer diagnósticos de problemas de toxicidad en los cultivos y diferenciar entre los daños causados por la aplicación o deriva de un herbicida y los causados por patógenos o factores climáticos.

Las familias de herbicidas pueden clasificarse de acuerdo a su modo de acción que efectúan en las plantas:

- Inhibidores de fotosíntesis.
- Reguladores del crecimiento.
- Inhibidores del crecimiento de las plántulas.

- Inhibidores de la producción de aminoácidos y la síntesis de proteína.
- Destrucción de membranas celulares.
- Inhibidores de la síntesis de lípidos.
- Inhibidores de la síntesis de los pigmentos.

PRÁCTICA No. 1

LOS INSECTOS Y SUS FUNCIONES EN EL AGROECOSISTEMA

Habilidades a desarrollar:

Observación, clasificación de muestras, establecimiento de relaciones.

Materiales:

- Cartón cartulina
- Poroplás o esponja
- Plástico
- Pegamento blanco
- Alfileres
- Etiquetas
- Cinta adhesiva
- Calador
- Alcohol al 70%
- Frascos plásticos o de vidrio
- Tijeras
- Red entomológica

Procedimiento:

1. Forman grupos de trabajo de 6 participantes.
2. Elaboran caja de insectos: toman el cartón cartulina, pega, tijeras, plástico y elaboran una caja de dimensiones de 10 por 14 pulgadas. En la parte superior de la caja, cortan un cuadro de 9x11" y cubren con plástico, de manera que se pueda observar los insectos.
3. Entregan a cada grupo: alfileres, alcohol, frascos, red entomológica.
4. Realizan recolección de insectos diferentes.

5. Cada grupo establece dos criaderos de insectos para conocer y tomar muestras de las diferentes etapas de vida un organismo de cuatro y otro de tres etapas de vida.
6. En la caja entomológica ordenan los insectos de acuerdo a las siguientes funciones: herbívoros, benéficos y neutros.
7. Los insectos grandes pincharlos con la aguja en el lado derecho del tórax, entre la primera y segunda pata del insecto.
8. Para los insectos pequeños cortan pequeños triángulos de cartulina de 1 centímetro a cada lado y en el triángulo pegan el insecto y luego fijan el triángulo en la caja con el alfiler.
9. En el piso de la caja ponen los ciclos de vida de los insectos estudiados. Las muestras pueden presentarse en frascos de vidrio con alcohol (para el caso de huevos, jóvenes, larvas y pupas). Los adultos deben ser pegados en triángulos.

Discusión

- Cuál es la diferencia entre un insecto neutro, herbívoro y benéfico?
- Cuál es la diferencia entre un insecto de ciclo completo y uno incompleto?
- Cuántas especies nuevas conocieron?
- Qué papel realizan los insectos en el agroecosistema?
- Cómo puede un herbívoro convertirse en plaga?
- Qué grupo de insecto es más abundante?

PRÁCTICA No. 2

PLAGA A ESTUDIAR: COGOLLERO DEL MAÍZ (*Spodoptera frugiperda*)

Preguntas a contestar:

1. ¿Qué ciclo de vida tiene el insecto estudiado? ¿Es de tres o de cuatro etapas? ¿Dónde ocurre y de qué se alimenta cada etapa del ciclo de vida del insecto? ¿Cuál es el tiempo estimado de duración de cada etapa del ciclo de vida del insecto?
2. ¿Cómo puedo utilizar esta información para planificar estrategias de manejo? Por ejemplo: ¿Con cuánta anticipación a la siembra debo limpiar los alrededores? ¿Cuánto tiempo después de un control químico puedo esperar reinfestación y cuándo debo repetir una aplicación? Si voy a utilizar agentes para el control biológico ¿Cómo utilizo esta información para sincronizar el ciclo de vida de la plaga con el del controlador?
3. ¿Tiene el insecto hábitos de comportamiento especiales? Por ejemplo: es de hábito nocturno, es atraído a luces, es gregario en su etapa inicial, se refugia del calor durante el día, vuela únicamente distancias cortas, es más abundante durante el inicio de la temporada de lluvia, etc. ¿Cómo me ayuda esta información específica a diseñar estrategias prácticas de muestreo y manejo del insecto?
4. ¿Qué tipo de insecticida (de contacto, ingestión, sistémico, translaminar o entomopatógeno) puedo utilizar contra cuáles etapas de este insecto?
5. ¿Dónde se alimenta y reproduce el insecto cuando el cultivo que ataca está ausente? ¿Tiene hospederos alternos preferenciales (dónde es más común encontrarlo)? ¿Es especialista, omnívoro o generalista? Haga una lista de hospederos alternos basada en revisión bibliográfica, en observaciones de campo y, en base a lo encontrado, determine sus opciones de manejo de malezas dentro y alrededor del cultivo.

UNIDAD II

MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES



Ceniza



Virosis

UNIDAD II

MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

Julio Gabriel, Manuel Manobanda, Carlos Castro

Introducción

Las enfermedades constituyen uno de los elementos limitantes dentro de la producción de cualquier cultivo. De aquí que su control, sea un factor a tener presente desde la siembra o trasplante hasta la cosecha sin embargo muchas veces al no tener un adecuado conocimiento de los posibles microorganismos y patologías asociadas a las distintas especies, y el no saber distinguir claramente la sintomatología que producen distintos hongos, bacterias o virus en las plantas, nos lleva a aplicar medidas de control inapropiadas. De aquí que dentro de un manejo integrado de enfermedades, el correcto diagnóstico del agente causal del problema, sea clave.

Tal como se ha señalado anteriormente, las enfermedades en plantas pueden ser causadas por distintos organismos. Si señaláramos los más importantes, en orden decreciente en cuanto a daño económico que puedan causar estos serían: hongos, bacterias y virus. Adicionalmente existen otros patógenos de importancia secundaria como son los fitoplasmas y los viroides.

Durante las últimas décadas el control de enfermedades ha ido cambiando en cuanto a la forma de enfocarlo, tomando importancia el concepto de manejo integrado.

Este incluye medidas culturales tendientes a reducir el inóculo o evitar condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad, uso de controladores biológicos y en último término empleo de medidas de control físico y químico. Junto a lo anterior, durante los últimos años se ha incorporado a la producción agrícola el concepto de calidad e inocuidad alimentaria. Así entre otros, el término de **Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)** como protocolo de producción, se ha difundido. Este consiste en un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas que se aplican a lo largo de todo el proceso productivo y que no sólo se preocupan de la calidad de los productos, sino que también del cuidado del medio ambiente y del bienestar de los trabajadores agrícolas.

Problemas fitosanitarios más comunes



El producir plantas en cultivo puede reducir la incidencia de un gran número de enfermedades que se encuentran asociadas al suelo. Este es el caso de caída de plántulas, producida por un complejo de hongos habitantes naturales del suelo (*Pythium*, *Rhizoctonia*, *Botrytis*, *Fusarium* entre otros) pudriciones radicales causadas por hongos del género *Phytophthora* y necrosis de los vasos conductores, asociado a especies de *Fusarium* y *Verticillium*. De esta forma, el utilizar esta modalidad de producción puede constituir una alternativa de control de estas patologías. Sin embargo, es importante asegurarse de que el agua de riego o el sustrato empleado no se encuentren contaminados, ya que en el caso contrario, la gravedad e incidencia de la enfermedad puede ser mucho mayor que lo que ocurriría en un cultivo tradicional en suelo.

De igual forma, las condiciones de alta humedad existentes en este tipo de producción, más aún si ella se realiza bajo invernadero, pueden ser propicias para la infección, desarrollo y diseminación de muchos organismos fitopatógenos como hongos, bacterias y virus.

Las enfermedades infecciosas o bióticas se clasifican en:

- Enfermedades causadas por hongos
- Enfermedades causadas por bacterias
- Enfermedades causadas por plantas parasitarias y algas verdes
- Enfermedades causadas por virus y viroides
- Enfermedades causadas por nematodos
- Enfermedades causadas por protozoos

Las enfermedades no infecciosas o abióticas se clasifican en:

- Enfermedades causadas por temperaturas muy altas o muy bajas
- Enfermedades causadas por falta o exceso de humedad
- Enfermedades causadas por falta o exceso de luz
- Enfermedades causadas por falta de oxígeno
- Enfermedades causadas por contaminación del aire
- Enfermedades causadas por deficiencia de nutrientes
- Enfermedades causadas por toxicidad de minerales
- Enfermedades causadas por acidez o alcalinidad del suelo
- Enfermedades causadas por toxicidad de pesticidas
- Enfermedades causadas por prácticas culturales inapropiadas.

El control de las enfermedades es un aspecto clave en la producción, por lo que se debe tener en cuenta desde la siembra hasta la cosecha de los cultivos. Para que el control de las enfermedades sea apropiado, es necesario conocer los

posibles microorganismos y patologías asociadas a las especies, además de los síntomas que estos producen en las plantas.

Patógenos que atacan los cultivos

Las enfermedades en los cultivos son provocadas por agentes bióticos que alteran las funciones fisiológicas de las plantas, afectando su normal funcionamiento, reduciendo generalmente los rendimientos y en casos extremos provocándoles la muerte. Los agentes bióticos (vivos) causales de enfermedades son conocidos como patógenos (ejemplo bacterias, hongos, virus, nematodos y fitoplasmas). A continuación, se presenta información sobre los principales patógenos que afectan a las plantas:

Hongos

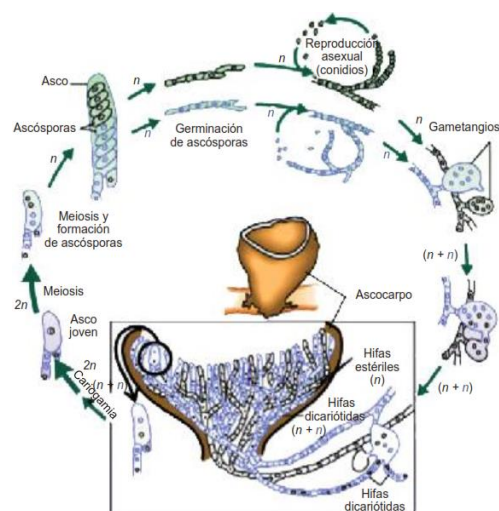
Son organismos pequeños, generalmente microscópicos, que se reproducen principalmente a través de esporas. Las esporas son el equivalente a las semillas en las plantas. La mayoría de los hongos tiene un cuerpo vegetativo filamentosos llamado micelio. El micelio da a los hongos una apariencia algodonosa. Ésta es una característica utilizada en el campo para distinguir las enfermedades causadas por hongos de aquellas causadas por bacterias.

Se nombran los distintos grupos de hongos, con sus respectivos ejemplos, para enfatizar que no todos los hongos son controlados por la totalidad de los fungicidas, sino que es indispensable conocer el grupo de hongo al que pertenece una enfermedad en particular para poder seleccionar y utilizar el fungicida apropiado para su control químico. Los principales hongos fitopatógenos están agrupados en las siguientes clases:

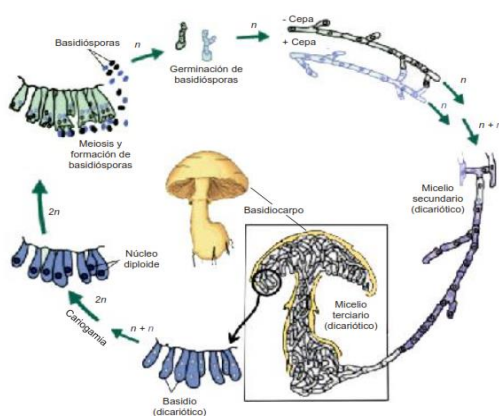
Ascomycetes: pudrición del tallo o cáncer (*Ceratocystis* sp.), mildiu polvoso o blanco (*Erysiphe* sp.), sigatoka o mancha foliar del plátano (*Mycosphaerella* sp.).

Basidiomycetes: roya del maíz (*Puccinia* sp), mustia hilachosa del frijol (*Thanatephorus cucumeris*).

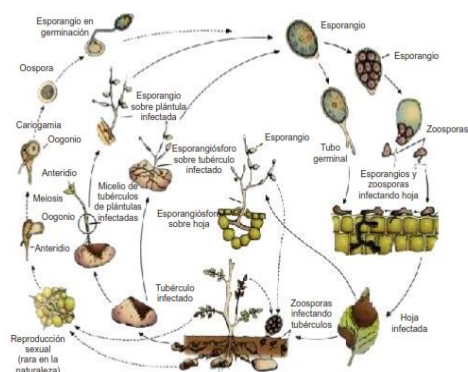
Oomycetes: tizón tardío (*Phytophthora infestans*), mildiu velloso (*Peronospora* sp.), mal del talluelo (*Phytium* sp.).



Ciclo de reproducción de hongos Ascomycetes.

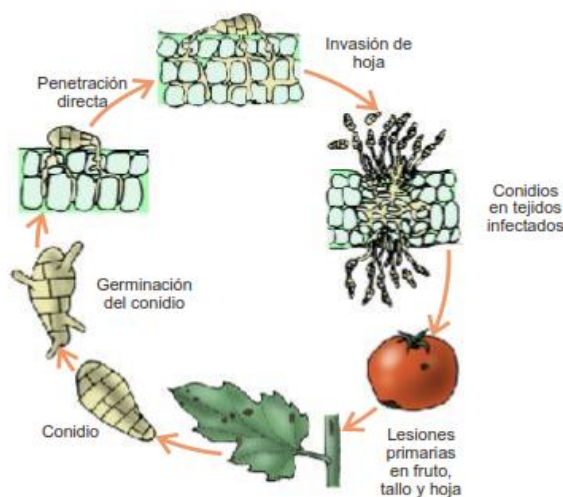


Ciclo de reproducción de hongos Basidiomycetes



Ciclo de reproducción de Oomycetes.

Deuteromycetes: Tizón temprano (*Alternaria solani*), moho gris (*Botrytis* sp.), Antracnosis (*Colletotrichum* sp.), Fusarium (*Fusarium* sp.).



Ciclo de reproducción de hongos Deuteromycetes.

Sobrevivencia de los hongos fitopatógenos

Los hongos pueden sobrevivir entre ciclos agrícolas como: micelio, esclerocios (masas compactas de hifas), clamidiosporas (esporas endurecidas) y esporas sobre tejidos infectados, hojas y frutos caídos, en rastrojos de cultivos, en el suelo y dentro o sobre semillas y material vegetativo. Por ejemplo, el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici*, organismo causal del marchitamiento por fusarium en tomate, puede producir clamidiosporas para sobrevivir por mucho tiempo en el suelo.

Origen y diseminación de las enfermedades causadas por hongos

Las enfermedades no son de aparición espontánea sino que tienen fuente de origen (hospederos alternos, material infectado en descomposición, esporas latentes en el suelo, etc.). Debido a que las esporas de hongos son muy pequeñas y livianas, éstas pueden diseminarse por:

1. El viento.
2. El agua (salpique por lluvia, riego por aspersión o escorrentías).
3. Los organismos pequeños como insectos y ácaros.
4. El movimiento de gente, maquinaria o animales.

Rango de hospederos de los hongos fitopatógenos

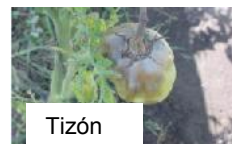
Los oomycetes que atacan el follaje suelen tener un estrecho rango de hospederos, generalmente comprendido dentro de una sola familia botánica de plantas; mientras que los que atacan raíces o frutos suelen tener amplio rango de hospederos. Así, el tizón tardío de tomate o papa (***Phytophthora infestans***) es específico de las solanáceas y no afecta cucúrbitas (melón, sandía o pepino),

crucíferas (repollo, brócoli, coliflor, etc.), ni otras hojas anchas u hojas angostas (maíz, sorgo o caña de azúcar) cultivadas.

Por el contrario, los hongos que atacan raíces, como ***Fusarium***, ***Pythium***, y ***Rhizoctonia***, suelen atacar un amplio rango de hospederos: cucúrbitas, solanáceas, crucíferas y compuestas, los hospederos están comprendidos dentro de grupos específicos de plantas (hojas anchas en este caso).

Enfermedades y síntomas comunes mostrados por las plantas atacadas por hongos:

Tizones. Empardecimiento general y extremadamente rápido de las hojas, ramas y órganos florales de una planta, que dan como resultado la muerte de esos órganos.



Pata seca o mal del talluelo. Muerte rápida y colapso de plantas muy jóvenes que se cultivan en el campo o almácigo.



Antracnosis. Lesión que se asemeja a una ulcera profunda y se produce en todos los órganos de la planta.



Marchitamiento. Las plantas pierden su turgencia.

Roya. Lesiones pequeñas de coloración amarillenta o rojiza que aparecen sobre las hojas o tallos de las plantas.

Mildiú. Zonas necróticas que por lo común se cubren con el micelio y los cuerpos fructíferos del hongo.



Botrytis

Es causada por el hongo ***Botrytis cinerea*** y ataca a todas las especies de flores cultivadas, tanto en el campo como durante el almacenamiento. Esta enfermedad se presenta en épocas lluviosas o en zonas del invernadero húmedas en extremo y con temperaturas superiores a los 20° C.

Este hongo ataca tallos, hojas, brotes tiernos y flores, ya sea en el campo o en los cuartos fríos, causa una pudrición húmeda o acuosa que progresa hacia el centro del órgano atacado, marchitando las flores o causando pudrición en hojas y tallos que se van cubriendo con un moho gris sobre el cual se va formando masas de esporas.



Las enfermedades causadas por **Botrytis** quizá sean las más comunes y más ampliamente distribuidas de hortalizas, plantas ornamentales, frutales, etc. Son las enfermedades más comunes de las plantas cultivadas en los invernaderos. Estas



enfermedades aparecen principalmente en forma de tizones de inflorescencias y pudriciones del fruto, pero también como chancros o pudriciones del tallo, ahogamiento de las plántulas, manchas foliares y como pudriciones del tubérculo, como un bulbo y raíces. Bajo condiciones húmedas el hongo produce una capa fructífera conspicua de moho gris sobre los tejidos afectados.

Cuando los días son cortos, la luminosidad escasa y las temperaturas son del orden de 15-20° C, las plantas pueden sufrir graves daños. **Botrytis cinerea** precisa de bases nutritivas formadas por hojas senescentes, flores no fecundadas, heridas o muñones de hojas resultantes de las podas, es decir materia orgánica muerta, para poder iniciar la invasión de las partes vivas de la planta.

Métodos de Control

Métodos preventivos y prácticas culturales.

Es uno de los aspectos más importantes para el control de esta enfermedad y debería de condicionar el dimensionamiento y tipo de invernadero para las fincas donde **Botrytis cinerea** es un problema grave.

- Es importante evitar las siembras demasiado densas en condiciones de baja luminosidad.
- La solarización es efectiva para el control de esclerocios.
- Manejar la aireación, calefacción y el riego en invernadero con el fin de reducir la duración de los periodos diarios que combinan humedad a saturación y condensaciones y temperaturas de 15-17° C,
- Hacer podas y deshojados a ras del tallo para no dejar tocones que sirvan al desarrollo del parásito. Aplicación de una pasta fúngica en las heridas.
- Controlar los niveles de nitrógeno en el suelo, ya que niveles elevados favorecen el desarrollo de la enfermedad.
- Es fundamental la retirada de restos de cultivo y plantas afectadas por la enfermedad tanto del exterior del invernadero como alrededores.

Pythium

El organismo que causa esta enfermedad es el hongo **Pythium sp.** Las pérdidas ocasionadas por este patógeno en la floricultura, pueden llegar a ser limitantes, ya que este tipo de hongos es común en la mayoría de los suelos de la Sabana.

Los síntomas de su presencia varían con la edad y etapa de desarrollo de las plantas afectadas. Las plántulas son atacadas a nivel de la línea del suelo; siendo el primer síntoma una mancha húmeda de color café negruzca en la base del tallo;

el hongo penetra fácilmente los tejidos suculentos y verdes, la zona invadida se vuelve acuosa, mientras el hongo continua invadiendo la plántula hasta producir su marchitamiento y muerte en poco tiempo.

Cuando las plantas adultas son atacadas, casi siempre muestran solo pequeñas lesiones en su tallo, pero cuando las infecciones son en el sistema radicular que puede ser atacado en cualquier etapa de desarrollo, se produce un rápido deterioro y muerte de las raicillas y raíces, dando como resultado la atrofia, marchitamiento y muerte de los órganos aéreos de la planta y por consiguiente de la misma planta.



Como en casi todos los hongos con una humedad del suelo excesiva, temperatura por encima de los 20°C, y humedad relativa alta, favorecen el desarrollo de esta enfermedad.

Oidium o Mildew Polvoso

La enfermedad es causada por el hongo *Sphaeroteca pannosa*, y puede atacar todas las partes aéreas de la planta, pero generalmente son las hojas y los brotes jóvenes lo más severamente afectados.

Los primeros síntomas son unos ligeros abultamientos de las hojas jóvenes, que aparecen como ampollas en la cara superior o haz; estas ampollas a veces son de color rojizo, posteriormente aparece el micelio o tejido de color blanco algodonoso, que hace que la hoja se deforme. Bajo ciertas condiciones, el hongo puede atacar las hojas esparciendo sus filamentos por la parte inferior sin presentar huellas. Estas infecciones pasan desapercibidas y pueden desarrollarse en tan solo una noche.

La germinación y desarrollo del mildiu polvoso están influidos fuertemente por la temperatura alta, la humedad relativa alta y la no existencia de agua libre sobre los tejidos, pues en presencia de esta última, la germinación es inhibida. La temperatura óptima para la germinación es de 21°C con una humedad relativa del 98%.



Síntomas ocasionados por *Sphaerotheca pannosa* en flor y en tallo



Sphaerotheca pannosa en follaje

Daños. Esta enfermedad se detecta directamente en las hojas y brotes nuevos, por medio del micelio del hongo, que es de color blanco y cubre el área afectada, y las conidias que son el sistema de reproducción del hongo. Los primeros síntomas son un poco más difíciles de observar debido a que se caracterizan por área ligeramente abultadas (ampollas) de color rojizo que luego se cubren del micelio

Mildiu Velloso

La enfermedad es provocada por el oomycete *Peronospora sparsa*, ataca todas las estructuras aéreas de la planta incluyendo tallos, hojas, pedúnculos, brotes tiernos y brotes florales. Estos ataques a veces son tan severos y sorprendentes que pueden causar defoliaciones completas.

La temperatura adecuada para una invasión de las hojas oscila entre 18 y 25° C, con presencia de humedad relativa alta y la existencia de agua libre sobre los tejidos.

Daños. Es una de las enfermedades, con la cual hay que tener el mayor de los cuidados ya que cuando esta enfermedad está presente se puede correr el riesgo de perder las plantas a causa de su poder desbastador. En las hojas aparecen unas manchas de color morado sobre el haz del centro de la hoja hacia los bordes, el micelio no se observa fácilmente debido a que se está desarrollando por debajo de la cutícula de la hoja.



Con ayuda de una lupa se hacen visibles pequeñas pústulas negras irregularmente repartidas en círculos concéntricos. El tejido de la hoja va tomando coloración amarillenta y luego se extiende a toda la hoja hasta que ésta se cae prematuramente.

A pesar de que ataca igualmente al tallo, se producen coloraciones pardas rojizas, cuando el tallo es basal, no se seca pues le sirve de supervivencia y cuando los tallos jóvenes son atacados pueden desecarlos.

El mildiu veloso se diferencia **del mildiu polvoso** en que las áreas grises de esporas en el mildiu veloso son producidas solamente en el envés de las hojas; el mildiu polvoso es externo, el micelio y las esporas se encuentran tanto en el haz como en el envés. El mildiu veloso causa abscisión foliar, mientras que el polvoso destruye el tejido solamente cuando la infección es severa en un periodo de tiempo largo.

Fusarium Oxysporum

El marchitamiento vascular progresivo, causado por el hongo ***Fusarium oxysporum* var. *Dianthi***, ha sido la enfermedad más importante, limitante y que mayores pérdidas ha ocasionado a la floricultura Ecuatoriana, específicamente a los cultivadores de clavel. Esto es debido a la fácil propagación tanto a partir de material vegetal infectado (esquejes), como de herramientas, equipos, personas e incluso animales que son susceptibles de transmitir la enfermedad al llevar suelo contaminado con el hongo patógeno o al haber estado en contacto con suelo infectado. Por último el agua puede ser un agente contaminador importante, ya que el hongo puede germinar sus esporas en ella y así contaminar los reservorios, que luego contaminaran más áreas no afectadas.



Este hongo que produce el marchitamiento progresivo, avanza lentamente de las partes bajas de la planta hacia arriba, debido a que la planta se infecta por la raíz. Esta enfermedad se caracteriza además, por la presencia unilateral de los síntomas de marchitamiento, acompañado por el amarillamiento parcial de las hojas y el doblamiento de los brotes hacia el lado de la planta enferma, al causar interferencia en el crecimiento; en los estados iniciales en las hojas, puede observarse la mitad clorótica (amarillenta) y la mitad verde normal, además se puede ver enanismo de los brotes y disminución del crecimiento de la planta.

Daños. Es la enfermedad más limitante en el cultivo que por lo general está latente en el suelo, es la forma en que se propaga e invade las plantas; penetra por las raíces hasta llegar directamente a los vasos del xilema para extenderse así hasta las a hojas, brotes y flores; se detectan fácilmente en campo cuando el problema está avanzando debido a que ataca a las plantas en cualquier etapa del desarrollo, siendo más común en plantas jóvenes cercanas a primer pico.

Al realizarse en cualquiera de estos momentos un corte transversal del tallo se observa en los haces vasculares una coloración blanquecina hacia las partes tiernas y color marrón hacia la base del tallo. Esta sintomatología se presenta después del primer o segundo mes de estar infectada la planta; de acuerdo a la temperatura (mayor temperatura menor tiempo de infección) y a las condiciones nutricionales de la planta (a mayor contenido de nitrógeno mayor infección).

Debido a este tiempo de manifestación de los síntomas, se puede realizar fácilmente la diseminación por medio de la cosecha de esquejes, en el momento del corte de la flor infectando la herramienta, en el momento de arranque de plantas, al mezclar el suelo, etc. Estas son algunas de las muchas razones para que esta enfermedad sea considerada como la más limitante en el cultivo.

Royas

Las royas de las plantas se encuentran entre las enfermedades más destructivas a nivel mundial, y a nivel de la floricultura tenemos que también han causado pérdidas considerables especialmente en clavel y rosa.

Este hongo es un parásito obligado que necesita de plantas vivas para poder sobrevivir y es propagado por el viento, la lluvia, los insectos y los operarios. Al inicio de la enfermedad aparecen manchas amarillas en las hojas o tallos; las manchas se agrandan y la cutícula de la hoja se agrieta, apareciendo manchas de color café en forma de ampollas, que al reventar liberan las esporas cuyo polvo cubre las hojas, flores y tallos.

Daños. Se desarrolla especialmente en plantas viejas hacia el tercio inferior, aunque no es una enfermedad muy común, se puede presentar por focos como se mencionó anteriormente, se detectan fácilmente las ampollas transparentes, que encierran las esporas de color café oscuro, que se pueden propagar fácilmente al romperse el tejido que rodea las esporas, sin embargo, su control es fácil debido a que los focos son reducidos.

Alternaría

Llamada también fumagina; causada por el hongo ***Alternaría dianthil***, ataca hojas y tallos de plantas jóvenes especialmente, pudiendo producir una podredumbre de la base del esqueje, zona radicular o el tallo, brevemente después del transplante.

Este hongo tiene un micelio de color oscuro y en los tejidos viejos infectados produce conidióforos cortos y simples que portan cadenas simples o ramificadas de conidias, que son los sistemas de reproducción; estas conidias se desprenden y son diseminadas por las corrientes de aire, la lluvia, y las herramientas.

Los primeros síntomas en las hojas son generalmente pequeños puntos de color violeta, que bajo condiciones de humedad aumentan de tamaño hasta el punto de unirse y causar la muerte del tejido. Las márgenes son violáceas y el centro de



color marrón, pueden estar presente esporas en el centro dando a la marcha una apariencia sucia. Requiere para su desarrollo un nivel de humedad de 24 o 25 %.

Daños. Cuando ataca el tallo del esqueje se caracteriza por una serie de manchas redondeadas, concéntricas, de color marrón oscuro o negro. En las hojas los primeros síntomas son puntos de color violeta que van aumentando de tamaño tomando en el centro un color marrón y siempre el anillo periférico de color violáceo; y en el centro un polvillo oscuro grisáceo o negro, correspondiente a las esporas; igual que el *heterosporium*, las manchas se pueden unir, afectando toda la hoja hasta causar su muerte.

Rhizoctonia

Organismo del suelo que ataca las raíces y el tallo especialmente. Se le conoce con el nombre de hongo estéril, debido a que se pensaba que era incapaz de producir esporas, sin embargo, a pesar de comprobar que sí producen esporas, sólo lo hacen bajo condiciones muy especiales. Esta enfermedad es severa durante períodos de tiempo húmedo o cálido húmedo y con abundante rocío en el suelo.

Puede producir la muerte en plántulas o la pudrición y el cáncer del tallo de plantas adultas y en proceso de crecimiento; este cáncer aumenta de tamaño y con el tiempo estrangula el tallo, algunas plantas sobreviven porque emiten raíces por encima de la lesión.

Plantas afectadas por factores medio ambientales son más susceptibles al ataque. Los cambios repentinos de intensidad de la luz, pH, prácticas de riego, aumentos de la salinidad y exceso de nitrógeno, favorecen el establecimiento de la enfermedad junto con temperaturas del suelo entre 21 y 32° C y presencia de humedad.

Antracnosis

Se caracteriza por manchas circulares negras de pequeño diámetro; otras veces toman un color ceniza y en las márgenes aparece un anillo bien definido de color rojo oscuro; en el centro aparecen las esporas del hongo. Se diferencia del mildew veloso porque comienza siempre en el borde de la hoja hacia el centro.



Las lesiones aparecen también en el tallo y en el cáliz de la flor con las mismas características pero de menor tamaño.

Manchas foliares

Producidas por distintas especies de hongos, entre otros ***Alternaria***, ***Cladosporium***, ***Stemphylium***. En muchos casos estas se inician como manchas cloróticas circulares, las que luego se necrosan, observándose a veces la presencia en estas de anillos concéntricos. En



estados más avanzados de la enfermedad y en ataques severos se puede producir incluso defoliación.

Para el control de estas patologías es fundamental, entre otras medidas culturales el utilizar semilla y plántulas sanas, y eliminar hojas enfermas y restos de cosecha de cultivos anteriores, ya que estos pueden constituir la principal fuente de inóculo. Por otra parte es importante favorecer la aireación en el cultivo de modo de evitar que el follaje permanezca con agua libre por periodos prolongados de tiempo. De esta forma logramos impedir que se den condiciones propicias para el inicio de nuevas infecciones. En producción bajo invernadero esto se puede lograr a través del empleo de sistemas de ventilación lateral, uso de doble techo para impedir el goteo del agua sobre las plantas y un diseño adecuado en cuanto a tamaño que permita una adecuada circulación de aire.

Por otra parte existen cultivares que presentan resistencia a ***Stemphylium*** y ***Cladosporium***. Así para el primer hongo podemos mencionar, entre las variedades recomendadas para cultivo bajo invernadero a Ágora, Cobra, Carmelo, Alonso, Any-11y Fortaleza. Para el segundo patógeno se señalan como resistentes los genotipos Vanesa, Vicar, Alambra, y Alonso.

En cuanto a productos químicos, se recomienda emplear fungicidas como Mancozeb, Propineb, Clorotalonil, Cyproconazole, Fenarimol, Hexaconazole o Iprodione al existir condiciones favorables para el desarrollo de estos hongos, como son una alta humedad relativa (superior a un 85%), acumulación de agua sobre el follaje y temperaturas moderadas. *Stemphylium* y *Cladosporium* presentan como temperaturas óptimas para su crecimiento 24- 26°C, mientras que *Alternaria* puede desarrollarse bien en rangos de temperaturas mayores (9 a 30°C). Es importante como ya se ha señalado al momento de emplear fungicidas considerar registro del producto para el cultivo, y respetar tiempos de carencia y periodos de reingreso.

De igual modo la frecuencia de aplicación debe establecerse de acuerdo al efecto residual.

Tizones foliares

Como los causados por ***Phytophthora infestans*** (tizón tardío) y ***Alternaria solani*** (tizón temprano). Se caracterizan por la presencia inicial en las hojas de lesiones necróticas, seguido de una muerte rápida y extensiva del follaje de la planta, que se puede asemejar al daño producido por heladas.



El agente causal de **tizón tardío** en particular requiere de condiciones para su desarrollo las que han sido claramente determinadas. Así por ejemplo para la formación de los esporangios del hongo (forma como se disemina), la temperatura óptima se ubica entre los 18 y 21°C, con humedades relativas cercanas al 100%.



Síntomas de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en tomate



Síntomas de tizón temprano (*Alternaria solani*) en tomate

Por otra parte para la germinación de las zoosporas (espora que da inicio a la infección y que se libera desde los esporangios) el óptimo se encuentra entre los 12 y 15°C. El patógeno también puede iniciar la infección sin necesidad de formar zoosporas, a través de la germinación directa del esporangio. En este caso la temperatura óptima es de 25°C. Por tal motivo existen sistemas de pronóstico para esta patología los que pueden ser empleados para definir los momentos en que es necesario realizar algún tipo de aplicación de fungicidas para su control.

Sin embargo si no se cuenta con éstos, se debe tener claro que presencia de agua libre sobre el follaje por periodos de 2 o más horas con temperaturas que vayan desde los 12 a los 21°C, son las condiciones ideales para el desarrollo de esta enfermedad.

De darse estas condiciones, entre los fungicidas posibles de utilizar se pueden mencionar productos como Azoxystrobin, Trifloxystrobin, Cymoxanil, Clorotalonil, Dimetomorfo, Mancozeb, Mefenoxam, Metiram, Oxadixilo, cúpricos (Oxicloruro de cobre, óxido de cobre), Propineb y Metalaxil.

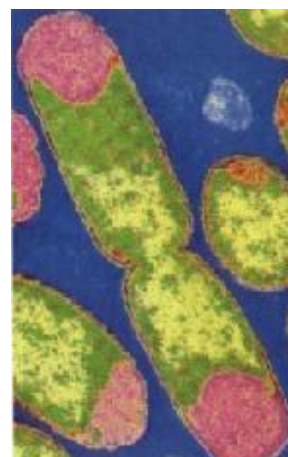
En cuanto a **tizón temprano** como medidas de control es importante la desinfección de semillas, y favorecer la aireación dentro del cultivo. Eso es especialmente importante en producción en lugares cerrados como invernaderos, donde se debe favorecer la aireación disponiendo de sistemas de ventilación apropiados. De igual manera, al igual que en el caso de manchas foliares y pudrición gris se recomienda el eliminar hojas y tallos de plantas enfermas, los que constituyen una importante fuente de inóculo. Estas deben ser depositadas en bolsas cerradas al momento de recolectarlas para evitar dispersión de las esporas del hongo hacia tejido sano, y luego quemarlas. Al existir condiciones predisponentes (alta humedad ambiental, superior al 85% y temperaturas moderadas, entre 10 y 28°C) se puede recurrir a la aplicación de fungicidas como Mancozeb, Clorotalonilo, Iprodione, Anilazina, Azoxystrobin, Trifloxystrobin, Metconazol, Metiram, Propineb, Tebuconazol y Cúpricos.

Bacterias fitopatógenas

Entre los principales géneros de bacterias que atacan a los cultivos se encuentran: *Xanthomonas*, *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium* y *Ralstonia*.

Reproducción

Las bacterias son organismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria (una célula se parte y se convierte en dos células idénticas) y generalmente necesitan de un medio de crecimiento rico en proteínas y con ambiente de alta humedad relativa para su infección, reproducción y diseminación. Bajo condiciones ambientales favorables de temperatura, humedad y nutrientes, las bacterias pueden dividirse cada 20 minutos. Sin embargo, este exagerado ritmo de crecimiento puede verse limitado por la falta de nutrientes, acumulación de desechos metabólicos y otros factores limitantes.



Las bacterias se diferencian de los hongos por no ser capaces de penetrar directamente tejidos de las plantas, sino que necesitan de heridas provocadas por insectos, pájaros, nematodos y por los humanos durante prácticas culturales como el trasplante, poda, etc. Las aberturas naturales de las plantas también son puerta de entradas aprovechadas por las bacterias..

Sobrevivencia de las bacterias

La mayoría de las bacterias fitopatógenas se desarrollan dentro de sus plantas hospederas, en la superficie de las plantas, en rastrojos de y en el suelo. En el suelo, las bacterias viven preferiblemente en material vegetal y con menor frecuencia libre o saprofiticamente. Las bacterias pueden también sobrevivir dentro o sobre semillas o en insectos encontrados en el suelo.

Síntomas mostrados por las plantas atacadas por bacterias



Las bacterias fitopatógenas tienden a atacar follaje y frutos (por ejemplo mancha y peca bacteriana en solanáceas como ají) o a ser problema en raíces (por ejemplo ***Ralstonia* en tomate**). A diferencia de los hongos, producen lesiones (manchas, pecas, podredumbres húmedas que despiden **un mal olor**, chancros, moteados, roñas y costras), pero nunca presentan micelios y son predominantes únicamente bajo condiciones de alta humedad relativa o encharcamiento del suelo. Adicionalmente, con condiciones favorables (alta humedad relativa o encharcamiento), el avance de las enfermedades

causadas por bacterias puede ser sumamente rápido debido a su extremadamente rápida multiplicación (minutos). Por esa misma razón, el uso de antibióticos para su control debe tener una frecuencia de aplicación más corta (no mayor a 4 días) que la normalmente acostumbrada para fungicidas o insecticidas (alrededor de 7 días).



Marchitez bacterial.



Daño por bacteria.

En la actualidad se reconocen alrededor de 60 especies de bacterias causantes de enfermedades en plantas, que incluyen aproximadamente 300 subespecies.

Entre las patologías de mayor importancia causadas por este tipo de patógeno, se pueden mencionar aquellas que afectan hortalizas producidas por bacterias de los géneros *Xanthomonas* spp., *Pseudomonas* spp., y *Clavibacter* spp. Así podemos mencionar mancha angular en cucurbitáceas, mancha bacteriana y peca bacteriana y cancro bacteriano del tomate.

Erwinia

Tanto ***Erwinia carotovora*** como ***Erwinia herbicola***, afectan las plantas en sus hojas y tallos. La bacteria se presenta indudablemente en los tejidos más carnosos, cuando presentan una herida. Los tejidos afectados se ablandan, son acuosos y es común que exhuden sustancias mucilaginosas, atacando en sí los tejidos vivos de las células. Los tejidos de la zona afectada se opacan en corto tiempo o adquieren un color crema desintegrándose hasta formar una masa blanda de células desorganizadas. Puede ser diseminada fácilmente por los insectos, ya que la bacteria puede vivir en todas las etapas de desarrollo del insecto.



Durante el periodo de enfermedad las plantas crecen muy poco o nada, de tal manera que pueden quedar enanas; se producen en las plantas unas agallas de unos 10 cm. de diámetro por debajo del suelo, son de consistencia blanda, presentando una pudrición de adentro hacia fuera y pudiéndose producir varias agallas en una misma raíz, formando racimos.

Cancro Bacteriano del tomate

Cuyo agente causal es *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*. Esta enfermedad es específica para esta especie, siendo de especial importancia en producción forzada bajo invernadero, debido a la eficiente diseminación mecánica del agente causal.

Así, el gran número de labores que se realizan bajo esta modalidad de producción favorecen la dispersión de la bacteria. Inicialmente las plantas infectadas muestran clorosis y amarillamiento unilateral, con presencia de estrías y pequeños canchales en los tallos. Posteriormente estas se marchitan.

La **temperatura óptima** para el desarrollo de la bacteria causante de esta enfermedad es **26°C**. Sin embargo presenta un rango dentro del cual se puede desarrollar que va desde los **2°C** y **34°C**. Esto nos indica su adaptación a una diversidad de condiciones.

Nuevamente para el control de este patógeno aparece como una medida fundamental el asegurarse de la calidad fitosanitaria de la semilla que se emplee, ya que esta puede constituir la principal fuente de inóculo inicial. En caso de no estar seguros, se puede recurrir a la desinfección de ésta con hipoclorito de sodio al 1% (lejía) por 20 a 25 minutos, o tratamientos con agua caliente a 56°C por treinta minutos.

De igual modo es recomendable antes de iniciar el cultivo, cuando la producción se realiza en invernaderos o algún lugar cerrado, desinfectar con hipoclorito de sodio al 2%, los postes, vigas y cualquier estructura que pueda ser reservorio del patógeno. Esto es particularmente importante si la enfermedad se ha presentado antes.

También es fundamental como medida de control, la higiene dentro del cultivo, y la desinfección de herramientas, manos, y útiles de trabajo con lejía al 1%. Es recomendable mantener al final de cada hilera un recipiente con una solución de este compuesto para que los operarios introduzcan manos y utensilios empleados.



Síntomas de Cancro bacteriano en tomate



Marchitez producida por Cancro bacteriano



Síntomas en frutos (ojo de pavo) asociados a Cancro bacteriano

De igual modo, si se ha cultivado tomates en el mismo sector y la enfermedad se ha presentado, constituye una medida de control el eliminar todos los restos del cultivo y quemarlos ya que estos pueden ser fuente de inóculo para la nueva temporada.

Por otra parte, también se debe evitar que el problema sea introducido desde otras siembras. De esta forma si los operarios han estado trabajando en otros cultivos de tomate, es recomendable que antes de iniciar cualquier labor, desinfecten manos y en lo posible cambien su ropa de trabajo.

Peca y Mancha Bacteriana del tomate

Producidas por las bacterias *Pseudomonas syringae*. y *Xanthomonas campestris*., respectivamente. En plantas enfermas es posible observar lesiones necróticas en los folíolos, las que también pueden afectar los frutos, perdiendo éstos calidad comercial.

En ataques severos puede verse afectado gran parte del folíolo, pudiendo incluso las plantas defoliarse.



Síntomas de peca bacteriana (*Pseudomonas syringae*) en tomate



Síntomas de mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*) en tomate

Peca bacteriana se ve favorecida por condiciones de alta humedad y temperaturas relativamente frescas. Así el óptimo para su desarrollo se ubica en los 17-18°C. Sin embargo con humedades relativas superiores al 80% que favorezcan la condensación de agua sobre el follaje de las plantas, la enfermedad puede aparecer con temperaturas que van desde los 12 a los 25°C. En cuanto a mancha bacteriana, su agente causal presenta requerimientos térmicos un poco más altos, si bien también asociados a humedades relativas altas superiores al 85%. Así su desarrollo se ve favorecido con temperaturas que van desde los 20 a 32°C. Al contrario de *Pseudomonas syringae pv.*, noches con temperaturas cálidas incrementan su incidencia, la que se ve reducida por noches frescas.

El control de ambas bacterias parte del empleo de semillas sanas ya que esta es una forma de transmisión del patógeno. Si no se está seguro de la sanidad de éstas, se puede recurrir a los métodos de desinfección ya mencionados para cancro bacteriano.

De igual manera, en cultivos hidropónicos bajo invernadero es fundamental favorecer la aireación, evitando la condensación de agua dentro de éste. Lo anterior principalmente porque los agentes causales de ambas patologías se diseminan por el salpicado de gotas de agua. Una solución a este problema en producción bajo invernadero, es disponer de lucarnas o ventanas de ventilación lateral, o bien utilizar doble techo para evitar el goteo del agua condensada sobre las plantas.

También en el caso de estas enfermedades es recomendable si se han presentado, eliminar tejido enfermo y luego restos de cultivo. De igual manera se debe evitar la presencia de malezas, particularmente solanáceas, que pueden constituir fuente de inóculo.

Dentro del manejo integrado además se puede recurrir a la aplicación de productos con cobre (hidróxido de cobre, oxiclóruo de cobre u óxido de cobre) de manera preventiva, cuando existan antecedentes de presencia de estas enfermedades, y las condiciones ambientales sean propicias para su desarrollo.

Fitoplasmas

Las enfermedades causadas por fitoplasmas son relativamente nuevas y poco conocidas. El caso más conocido y económicamente importante de este tipo de enfermedad en Honduras ha sido el amarillamiento letal del coco, que terminó con la población de cocoteros de toda la zona de la costa Atlántica. Otros casos recientes es el del madreao en todo el país, el de maracuyá en la zona occidental del país, y el de cundeamor y otros vegetales orientales en el valle de Comayagua.

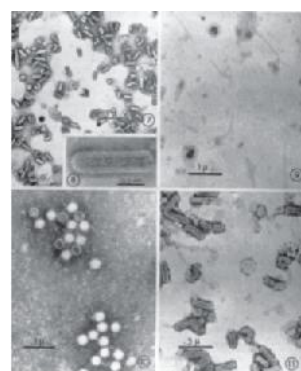
Los fitoplasmas son bacterias modificadas que carecen de pared celular y que están generalmente presentes en el floema. Los fitoplasmas son diseminados por insectos chupadores de la familia Cicadelidae que actúan como vectores. Su reproducción en medios artificiales no es posible, lo que ha hecho de su estudio lento y difícil.

Los insectos vectores pueden adquirir el patógeno después de alimentarse en plantas infectadas por tiempo prolongado (días). El vector no puede transmitir al fitoplasma inmediatamente después de su contagio, sino que empieza a transmitirlo después de un período de incubación que puede durar días. Se cree que los vectores permanecen infectados de por vida y que la infección puede pasar por medio de la madre a la siguiente generación mediante la infección de los huevos. La transmisión mecánica y por semilla parece probable pero aún no se ha probado de manera consistente en todos los casos.

Los fitoplasmas causan síntomas, en algunos casos, parecidos a aquellos causados por virus (amarillamiento) pero se distinguen de los virus por causar consistentemente sobrebrotamiento y floración anormal (flores deformes y de color verde). Las plantas infectadas no presentan síntomas sistémicos, sino localizados, es decir, sólo en algunas ramas.

Virus fitopatógenos

Los virus no tienen órganos reproductivos, sino que utilizan a las plantas que infectan para replicarse. Los virus tienen una estructura sencilla compuesta únicamente de ácido nucleico (ADN o ARN) y una capa proteica, y son tan pequeños que no pueden ser vistos utilizando microscopios convencionales. Las características más importantes de los virus son las siguientes:



- **Los virus son tan pequeños que se necesitan técnicas especiales para su detección.** Para el diagnóstico de los virus se necesitan métodos de análisis de laboratorio de mayor sensibilidad (análisis ELISA, PCR y de inoculación de plantas sensibles a determinados virus) que los utilizados con otros fitopatógenos como bacterias y hongos.
- **Los virus pueden ser de transmisión mecánica o necesitar vectores para su diseminación y transmisión.** Los virus no pueden moverse y/o penetrar tejido de una planta por sí solos, por lo que necesitan de un vector que los transporte o disemine. Los insectos son los vectores de virus más importantes y, entre ellos, los áfidos son responsables de la transmisión de alrededor del 60% de todos los virus de plantas transmitidos por insectos.
- Los animales y el hombre transmiten virus mecánicamente (por contacto y uso de herramientas). El material vegetativo obtenido de plantas enfermas (esquejes, injertos, cormos, rizomas) y utilizados para reproducción de plantas es un medio muy común y efectivo para la transmisión de virus.
- **Los virus son parásitos obligados.** Para multiplicarse o sobrevivir necesitan de un hospedero vivo. Los virus que necesitan de un vector sobreviven únicamente en plantas infectadas o en sus respectivos vectores mientras éstos vivan o permanezcan infectados (mosca blanca o thrips), pero no pueden sobrevivir en material vegetal muerto. Esto implica que la eliminación de plantas con virus de transmisión por vector dentro de una

plantación no necesita de arreglos especiales como el uso de desinfectantes, la quema o entierro de plantas viróticas.

En contraste, los virus de transmisión mecánica son muy estables y pueden sobrevivir, aunque sin reproducirse, fuera de un ser vivo, como en el suelo, en material vegetal en descomposición, herramientas, cigarrillos, cabuya y estacas durante mucho tiempo. Por ello, debe disponerse de las plantas viróticas apropiadamente y desinfectar a los operarios que trabajan en la plantación. Los virus de transmisión mecánica (Tobamovirus) son específicos de las solanáceas (tomate, chile, papa, tabaco, berenjena).

- **Los síntomas causados por virus son de tipo sistémico.** Es decir se presentan en todos los brotes, en contraste con la mayoría de síntomas causados por otros fitopatógenos que suelen ser localizados. El ácaro blanco causa síntomas muy parecidos a aquellos causados por virus en chile y en otras solanáceas, pero su daño raras veces afecta todos los brotes. Adicionalmente, una vez controlado el ácaro, el crecimiento de los brotes vuelve a ser normal, no así en la virosis.
- **Los virus causan enfermedades que no pueden curarse y causan pérdida en rendimiento.** A diferencia de la mayoría de las enfermedades causadas por otros fitopatógenos, toxicidad por químicos, daños de ácaros, nematodos, insectos y deficiencias nutricionales, las plantas infectadas por virus tienen reducciones en rendimiento y síntomas que no pueden revertirse (no pueden curarse). Al no tener alternativas curativas para el control de virus, es necesario manejar los virus de manera preventiva. Las reducciones en rendimiento pueden ser muy severas si la infección ocurre a temprana edad de la planta (antes de fructificación).
- **Los virus son específicos.** Suelen atacar plantas con características similares: hojas anchas anuales o herbáceas, hojas angostas o zacates, plantas perennes, pero rara vez un virus es capaz de atacar más de un grupo de plantas. Para utilidad práctica, esto implica que los virus que atacan cultivos de importancia económica, como tomate, ají, melón, sandía, pueden ocurrir en plantas solanáceas o cucurbitáceas, en otras herbáceas cultivadas o no, de otras familias, pero no en maíz, sorgo o árboles de los alrededores. Esta característica permite prevenir posibles fuentes de virus antes de la siembra, identificar el posible origen de las enfermedades virales en la vecindad del cultivo e inclusive planificar medidas de manejo de virosis, como el uso de barreras de sorgo, maíz en perímetros de cultivos.

Síntomas mostrados por las plantas con virosis

1. Cambios permanentes y sistémicos (se presentan en todo nuevo crecimiento) en la coloración del follaje (mosaicos verdes o amarillos, venas oscuras o aclaradas).
2. Ocurrencia de malformaciones.
3. Subdesarrollo u otra inhibición del crecimiento.



Síntomas viróticos.

Tabla 1. Enfermedades de cultivos y características relevantes.

Nombre de la enfermedad	Agente causal	Huéspedes	Diseminación
Mosaico del tomate	Tomato mosaic tobamovirus-TMV	Solanáceas	Mecánica
Mosaico del tabaco	Tobacco mosaic tobamovirus- TMV	Solanáceas	Mecánica
Mosaico leve o latente de la papa	Potato X potexvirus-PVX	Solanáceas	Mecánica
Mosaico rugoso o severo de la papa	Potato Y potyvirus-PVY	Solanáceas	Pulgones (no persistente) Mecánica Tubérculos contaminados.
Mosaico del pepino	Cucumber mosaic bromovirus-CMV	Cucurbitáceas, tomate, espinaca, tabaco, lechuga	Pulgones (no persistente) Mecánica Semilla
Mosaico de la alfalfa	Alfalfa mosaic bromovirus	Solanáceas, leguminosas, apio, lechuga.	Pulgones (semipersistente) Semillas
Marchitez manchada del tomate	Tomato spotted bunyavirus- TSWV	Tomate, pimiento, tabaco, lechuga	Trips Semilla
Mosaico del pepino dulce	Pepinodulce mosaic Potexvirus - PMV	Tomate, pepino dulce	Mecánica

Control

Es importante pensar en el control de enfermedades no sólo desde un punto de vista curativo, cuando el daño ya ha sido causado en nuestro cultivo, sino que también desde un punto de vista preventivo, antes de que podamos detectar la presencia del patógeno en las plantas.

Así es fundamental considerar en las distintas etapas de desarrollo, siembra o trasplante, crecimiento del cultivo, cosecha y post-cosecha, medidas de manejo que permitan reducir las probabilidades de aparición de cualquier patología que pueda disminuir tanto la cantidad como la calidad del producto cosechado.

El control de enfermedades no debe estar basado únicamente en la aplicación de productos químicos, sino que estos deben ser un complemento de otras medidas posibles de utilizar. Esto es lo que se denomina manejo integrado de enfermedades, que considera el empleo de otros métodos de control como inspecciones reguladoras, control biológico, control físico y control cultural.

Desde este punto de vista debemos tener presentes medidas que:

-  **Reduzcan las posibles fuentes de infección** como eliminación de restos de la cosecha anterior y de malezas aleatorias, utilización de semilla y plántulas sanas.
-  **Eviten condiciones apropiadas para el desarrollo de la enfermedad** realizando una fertilización balanceada, y utilizando densidades de siembra y plantación que permitan una adecuada aireación. Cualquier variación del medio ambiente desde las condiciones ideales para el desarrollo del cultivo, puede dar lugar a condiciones de estrés que permitan el desarrollo de enfermedades. Dentro de esto, la higiene constituye un componente fundamental dentro el manejo de las condiciones medio ambientales.
-  **Disminuyan las posibilidades de diseminación del organismo causal de la enfermedad** como desinfección de herramientas, manos, zapatos y estructura del invernadero, al igual que control de insectos transmisores de la enfermedad.

Complementariamente a lo anterior se puede recurrir a la aplicación de productos químicos específicos para algunas enfermedades. Sin embargo en este punto es importante alternar fungicidas de distinto grupo químico, sobre todo por el riesgo de desarrollo de resistencia por parte del patógeno.

Control Cultural

Es fundamental mantener el cultivo libre de tierra y rastrojos vegetales ya que su presencia favorece la aparición de enfermedades e insectos.

La reducción de fuentes de inóculo parte con la utilización de material de propagación sano, libre de virus y control de malezas que pueden constituir huéspedes alternativos. Esto último se puede lograr en invernaderos por ejemplo, cubriendo el suelo con plastillera o sacos plásticos de fertilizantes limpios.

Otra práctica de importancia la constituye el monitoreo o revisión periódica de nuestro cultivo, labor que es un elemento clave a tener presente dentro de un programa de control integrado de enfermedades y plagas. En cada una de las revisiones, ojalá diarias, se debe buscar alteraciones en nuestras plantas como:

Cambios de coloración, falta de vigor, marchitez, presencia de manchas o tizones, etc. Eso debe ser cuantificado a través de parámetros como incidencia (número de órganos afectados respecto al total) o severidad (en base a una escala que asigna valores a distintos niveles de daño producidos por el patógeno).

Junto a lo anterior, es también importante el monitorear la presencia en el cultivo de posibles insectos vectores como son **pulgones y trips**. Para esto se pueden realizar observaciones directas en la planta, o bien efectuar muestreos indirectos. Para esto último se pueden emplear redes o mallas entomológicas u otros sistemas de captura, o bien trampas pegajosas de colores (generalmente azules, amarillas o blancas) o recipientes amarillos conteniendo agua y detergente. Estos dos últimos sistemas son los más empleados en el caso de insectos transmisores de enfermedades (pulgones, trips, mosquitas blancas), y en este caso se registra el número de individuos capturado por el lapso de tiempo transcurrido entre una observación y otra.

Con la información obtenida a través de alguno de estos métodos, se puede decidir el momento oportuno de aplicación de algún insecticida que permita reducir las probabilidades de diseminación de alguna enfermedad.

Otras medidas culturales que se pueden utilizar para reducir la diseminación son cultivos barrera o barreras físicas o bien modificar la fecha de siembra o plantación para evitar las poblaciones máximas de insectos vectores.

Empleo de genotipos resistentes y/o tolerantes

El uso de cultivares resistentes o tolerantes constituye un método de control importante, particularmente para enfermedades causadas por virus.

Este se basa en el empleo de genotipos comerciales a los que se les ha incorporado genes de resistencia a algún patógeno, ya sea a través de fitomejoramiento tradicional o bien por utilización de técnicas de ingeniería genética. Así, la elección del cultivar a utilizar debería considerar como primer factor a tener presente, sus características de resistencia y/o tolerancia a enfermedades de importancia en el área de cultivo.

Esta constituiría una primera medida de control. Sin embargo, al decidir el genotipo a emplear también se deben tener en cuenta otros factores como son: objetivo de la producción, mercados de destino, época de cultivo (sensibilidad a bajas o altas temperaturas), precocidad, vigor y características del fruto o producto a cosechar entre otros.

Por ejemplo, la variedad de tomate **Fortaleza** se adapta muy bien a producción bajo invernadero al ser poco vigorosa por lo que requiere de un menor trabajo de deshoje y desbrote. Esta característica además favorece una buena aireación lo que lleva a condiciones menos favorables para el desarrollo de hongos como ***Botrytis cinerea***.

Control Biológico

Existen muchos microorganismos que han sido considerados como antagonistas de algunos patógenos, constituyendo una alternativa a los productos químicos. La lucha ejercida por ellos puede ser por el contacto físico directo de éste con el agente causal de la enfermedad o bien por la liberación por parte del biocontrolador de sustancias que tienen un efecto negativo sobre el patógeno. Otra forma de actuar es a través de la competencia por espacio y nutrientes.

El objetivo del control biológico es estimular la colonización de la superficie de las plantas, por antagonistas saprofitos capaces de multiplicarse y disminuir el inóculo de los patógenos.

Los biocontroladores son selectivos y no dañan los tejidos de la planta, siendo una alternativa ecológicamente más conveniente, sin problemas de contaminación y de residuos químicos. Así, se han transformado en una herramienta de real importancia dentro del manejo integrado de enfermedades. Dentro de la lista de microorganismos con actividad antagonista se pueden mencionar entre otros, hongos del género ***Trichoderma* sp.**, y algunas de las especies de las bacterias ***Bacillus*** y ***Pseudomonas***.

Trichoderma es un habitante común del suelo, capaz de controlar un gran número de patógenos tales como ***Armillaria mellea***, ***Phytophthora* spp.**, ***Rhizoctonia solani***, ***Sclerotium rolfsii***, ***Pythium* spp.**, ***Botrytis cinerea***, ***Fusarium* spp.**, ***Verticillium* spp.** Entre otros.

Su forma de acción es por competencia y predación, enrollando su micelio alrededor del cuerpo del patógeno (hifas), el que es penetrado y finalmente desintegrado. También algunas especies y razas de este hongo son capaces de producir antibióticos especialmente a pH bajos, y generar una respuesta de resistencia sistémica de la planta frente al patógeno.

Por otra parte, ***Bacillus subtilis*** se ha mostrado como un eficiente controlador de hongos como ***Fusarium*** y ***Rhizoctonia solani*** en cultivos como tomate, sandía y papa. Su efecto, cuando se aplica al suelo o en las semillas, no se debe exclusivamente a su antagonismo con los patógenos y la liberación de compuestos con propiedades antifúngicas, sino que también a la producción de sustancias promotoras del crecimiento.

Las rizobacterias del género ***Pseudomonas***, principalmente las especies ***P. fluorescens*** y ***P. putida***, también han resultado ser eficientes controladores de pudriciones blandas causadas por agentes fitopatógenos en muchos cultivos, cuando se aplican a las semillas y raíces de plantas.

Manejo Integrado

Así, dependiendo del historial de presencia de enfermedades en el lugar donde desarrollaremos nuestro cultivo, deberíamos tener presentes como medidas de control integrado de enfermedades en cultivos.

Control Químico

Si bien en el mercado existen una serie de productos químicos para el control de distintas enfermedades, es importante tener claro el organismo y enfermedad que está afectando nuestro cultivo, antes de decidir qué tipo de producto vamos a aplicar, ya que la mayoría de ellos presenta una acción específica sólo hacia ciertos patógenos. De igual forma se debe tener presente que algunos sólo tienen acción preventiva, otros curativa y otros erradicante.

PRÁCTICA No. 3

IDENTIFICACIÓN DE SÍNTOMAS DE ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS, CAUSADAS POR FACTORES BIOTICOS Y ABIOTICOS

Procedimiento:

1. Todos los estudiantes irán al campo y recolectan muestras de enfermedades de los cultivos.
2. El instructor también hace una recolección de muestras de enfermedades con síntomas típicos muy claros, esto con el propósito de contar con material vivo en caso que los participantes no encuentren enfermedades causadas por algunos de los factores vivos o no vivos importantes.
3. El instructor junto con los participantes hacen una descripción (auxiliados por un libro si es necesario) de los síntomas de enfermedades transmitidas por virus, bacterias y hongos.
4. En el suelo, se ponen papelones donde se escriben estos síntomas y luego cada muestra traída del campo se va analizando sobre la base de la información de cada papelón, hasta lograr determinar dónde se ubicará en el papelón.
5. Para determinar quién es el causante de la enfermedad, el grupo va comparando los síntomas de las muestras con la información de los papelones. La comparación se hace papelón por papelón para ir descartando agentes causales; es decir, una muestra se compara con todos los síntomas típicos de una enfermedad transmitida por hongos; si no hay coincidencia, se descarta este agente y se pasa a comparar con el siguiente.
6. Si no hay coincidencia con ninguno de los síntomas típicos de agentes bióticos, entonces se analiza qué agente abiótico es el causante: agua, fertilización, sol, práctica cultural. Para esto, también en papelones se hace una referencia de los síntomas típicos de enfermedades causada por factores abióticos (si es necesario revisar bibliografía de enfermedades causadas por factores abióticos).
7. Analizan las muestras usando el mismo método de comparar los síntomas de la muestra con la referencia de los papelones.

Evaluación:

- ¿Qué es una enfermedad?
- ¿Por qué es útil saber quién está causando la enfermedad?

UNIDAD III

MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS



UNIDAD III

MANEJO INTEGRADO DE NEMÁTODOS

Manuel Manobanda, Julio Gabriel, Carlos Castro

Introducción

Los nematodos son parásitos de plantas que son enemigos ocultos de los cultivos. Es uno de los muchos grupos de organismos nocivos que dependen de las plantas para su supervivencia. Los Nematodos pueden causar daño a casi todo tipo de cultivos, sin embargo, debido a su hábito subterráneo, tamaño microscópico (0.3 a 10 mm de longitud), son invisibles a simple vista. Ellos penetran y se alimentan de las raíces de las plantas en crecimiento, roban nutrientes vitales para el crecimiento vegetal y exponen las raíces al ataque de otros patógenos del suelo. Ha sido ampliamente reconocido que los nematodos parásitos de plantas constituyen uno de los grupos de las plagas más devastadoras y son responsables de los síntomas de la enfermedad insidiosa en diferentes cultivos que causan enormes pérdidas.



Las estimadas en las pérdidas de rendimiento anual de los cultivos más importantes del mundo debido a los parásitos nematodos de plantas se trata de un 12,3% y es cerca de 14% en los países en desarrollo. En la India, la estimación reciente mostró que los nematodo son responsables tanto cuantitativa como cualitativamente el rendimiento de pérdidas por valor de cerca de Rs.240 mil millones cada año. Además de los daños directos, los nematodos sirven como agentes predisponentes en el desarrollo de complejas enfermedades de hongos, bacterias y virus. En muchas situaciones, las variedades de plantas resistentes a los hongos, las bacterias se vuelven susceptibles a los parasitados por los nematodos. No hay duda de que los nematodos ya sean solos o en combinación con otros agentes patógenos constituyen una limitación importante a la producción alimentaria mundial. El cultivo intensivo y extensivo de los cultivos sobre todo en el sistema de producción de cultivos de regadío ha agravado los problemas de nematodos en diferentes cultivos. La naturaleza oculta de los nematodos que causan daño a la vista de los agricultores, científicos y síntomas de la enfermedad específica en las partes aéreas de los cultivos son quizás las razones principales por las que tan poca atención se le ha dado a la plaga de los cultivos ocultos.

La gestión de control de los nematodos con dosis elevada de utilización de **DD, EDB y DBCP** se había encontrado prometedora, aunque no recibió mucha popularidad. Por otra parte, todos los productos químicos efectivos han sido retirados del mercado mundial debido a sus efectos nocivos sobre el medio ambiente. Posteriormente, se han hecho esfuerzos para buscar nuevas sustancias químicas en el grupo de los no-fumigantes, pero no para lograr el control efectivo que el de los fumigantes. De hecho, los nematodos son comparativamente animales resistentes que requieren altas dosis de insecticidas con propiedades nematicidas.

Los agricultores siguen dependiendo en el número limitado de insecticidas sólo por la falta de disponibilidad de nematicidas real y efectiva. Con la creciente preocupación sobre el medio ambiente, varios métodos alternativos de control de plagas como los métodos de control físicos, biológicos y botánicos se trató de reducir el daño causado por nematodos en los cultivos. Sin embargo, el uso juicioso de nematicidas químicos podría aplicarse para la protección de muchos cultivos. La integración de varias prácticas disponibles es uno de los enfoques actuales para la gestión de los problemas de plagas de los cultivos. Las prácticas culturales son conocidas desde tiempo inmemorial como una estrategia de control de plagas múltiples. Los biopesticidas de origen botánico también se han demostrado como una alternativa eficaz de nematicidas.

Por lo tanto, las opciones actuales para el manejo de los nematodos son las prácticas culturales, métodos físicos, la supresión de nematodos biointensivo, botánicos y el uso sensato de nematicidas químicos. Considerando la importancia de los nematodos en el sistema de manejo integrado de plagas, a raíz de la entrada de las tecnologías de protección a saber: arado en verano, la solarización del suelo, abonos orgánicos, la rotación de cultivos, el ajuste de las fechas de siembra, el cultivo de variedades resistentes, la gestión del riego, la fertilización óptima, el tratamiento de agua caliente, el cultivo limpio, abonos verdes, entre otras / cultivos mixtos, el uso sensato de los plaguicidas, la integración de dos o más por encima de los métodos mencionados podría ser aprobado para la gestión de enfermedades de insectos plaga, incluyendo los nematodos en el sistema de producción de cultivos.



Formas de nematodos

Características generales de los nematodos

- Son organismos pluricelulares.
- No presentan segmentación, aunque algunas especies lo aparenten.
- No presentan sistema circulatorio ni respiratorio.
- Poseen sexo bien diferenciado, especialmente en hembras.
- Poseen estilete.

Sobrevivencia y reproducción de los nematodos fitopatógenos

Generalmente, las hembras adultas depositan al menos 500 huevos unicelulares envueltos en una sustancia gelatinosa y las larvas que nacen buscan alimento inmediatamente. Los nematodos se mueven lentamente a través de los espacios que se forman entre las partículas del suelo, aprovechando la humedad del mismo para desplazarse mediante movimientos ondulantes.

Los nematodos se mueven lentamente en el suelo, de unos pocos centímetros a un metro por temporada. Sin embargo, pueden moverse a través de cualquier medio que mueva suelo, tales como maquinarias, animales, herramientas agrícolas, además del agua de riego, lluvia y escorrentías.

El exceso de humedad reduce el contenido de oxígeno y los nematodos pueden morir por asfixia. La falta de humedad en el suelo evita que los nematodos se desplacen para buscar alimento, pudiendo éstos morir de hambre. Esta es una de las principales causas de reducción de las poblaciones.

Síntomas de plantas atacadas por nematodos

El ataque por nematodos siempre provoca una reacción en la planta que se manifiesta en el sistema radicular y en el follaje. El diagnóstico es más confiable cuando se observan las raíces. Los síntomas en las raíces dependen del tipo de nematodo que provoca el daño. Por ejemplo, si el ataque corresponde al género *Meloidogyne* las raíces tienen nódulos; los daños ocasionados por géneros diferentes a *Meloidogyne* (*Pratylenchus*, *Rotylenchulus* y *Criconema*), son más difíciles de reconocer a simple vista, por lo que se hace necesario un diagnóstico en un laboratorio nematológico para su identificación.



Síntomas de daño por nematodos.

Evaluación:

¿Qué es una enfermedad?

¿Por qué es útil saber quién está causando la enfermedad?

Los nematodos pueden producir síntomas característicos en el sistema radicular como **agallas, lesiones necróticas en las raíces, proliferación de raíces secundarias y pobre crecimiento radicular**, lo que se traduce en clorosis y en general plantas débiles con pobre crecimiento.

En cuanto a los síntomas causados por los nematodos que atacan partes aéreas, podremos observar manchas foliares, putrefacciones y distorsiones en cuello y bulbos, así como agallas en las espigas de algunos cereales.

Los principales nematodos parásitos de plantas y los síntomas que causan se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Síntomas de cultivos susceptibles a los principales nematodos fitoparásitos.

NEMATODO	SINTOMAS	CULTIVOS
Meloidogyne	-Agallas en las raíces -Debilitamiento de la planta	-Hortícolas, cereales, -Frutales, ornamentales.
Pratylenchus	-Lesiones y destrucción de raíces -Debilitamiento de la planta	-Hortícolas, cereales, -Frutales, ornamentales.
<i>Globodera heterodera</i>	-Cuentas de collar en raíces -Debilitamiento de la planta	Tabaco, papa, remolacha, leguminosas, cereales.
Ditylenchus	-Distorsiones en hojas y bulbos -Decoloración de los bulbos	Ajo, cebolla, otros bulbos, cereales.
<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	-Deterioro radicular -Debilitamiento de la planta -Engrosamiento y necrosis radicular.	Vid y cítricos.
<i>Xiphinema longidorus</i>	-Debilitamiento de la planta -Transmisión de virus	Cultivos perennes

<i>Trichodorus paratrichodorus</i>	-Engrosamiento y necrosis radicular -Debilitamiento de la planta -Transmisión de virus	Numerosos cultivos
Aphelenchoides	Distorsiones y necrosis en las hojas	Fresa, crisantemos, lirios y otras ornamentales.
Anguina de los cereales	Distorsiones de las espigas y granos	Cereales y pastos

AUTOEVALUACIÓN

1. ¿A qué profundidad se encuentran los nematodos de vida libre, en el suelo?
2. ¿Cuál es el nivel reproductivo anual de los nematodos?
3. ¿Cuál es la forma típica del cuerpo de los nematodos?
4. ¿Cómo es la simetría realmente de los nematodos?
5. ¿Qué sustancias contienen la hipodermis en la cubierta corporal de los nematodos?
6. ¿Qué es el pseudoceloma?
7. ¿Cómo es el aparato digestivo de los nematodos?
8. ¿A qué se le denomina anfidios?
9. Explique los síntomas más comunes de *Meloidogyne sp.* En el cultivo de hortalizas.

Nematodos dañinos a hortalizas y frutales

Meloidogyne spp. (Nematodos agalladores)

Cultivos susceptibles de daños

Tienen un muy amplio rango de hospedadores, incluyendo casi todos los cultivos hortícolas.

Biología

Generalmente pasan el invierno en suelo en forma de huevos. En primavera conforme la temperatura del suelo se incrementa, los juveniles de segundo estado J2, eclosionan, emigran a través del suelo y penetran en las raíces de las plantas hospedadoras, donde establecen sitios de alimentación. Durante el crecimiento, los juveniles van engrosando y mudando hasta convertirse en hembras adultas o machos. Las hembras son redondeadas e inmóviles, los machos filiformes y generalmente abandonan la raíz pues no se alimentan. Las hembras producen hasta 3000 huevos envueltos en una masa gelatinosa. Generalmente los nematodos agalladores completan su ciclo en menos de un mes dependiendo de la temperatura del suelo y por tanto puede tener varias generaciones durante un cultivo.

Síntomas

Como otros muchos nematodos no causan síntomas característicos en el follaje de la planta. Las plantas infectadas por *Meloidogyne sp.*, muestran amarillamientos, marchitamientos y reducciones en la producción. La infección de las raíces produce engrosamientos característicos o agallas que pueden ser de varios tamaños dependiendo del número de hembras que alberguen.



Agallas en raíz de Tomate (*Meloidogyne sp.*)

Control

En primer lugar es necesaria la prevención de la entrada del nematodo, pues una vez éste se ha establecido es virtualmente imposible erradicarlo, por lo que es importante el uso de semilla y plántones certificados y material limpio de nematodos.

Aquellas parcelas en las que se encuentre *Meloidogyne* deberían mantenerse al margen de la producción hortícola por un periodo entre 2 y 4 años. Cultivos no hospedadores o resistentes pueden cultivarse para reducir las poblaciones. Las malas hierbas deben ser eliminadas para evitar que sirvan como hospedadores alternativos a los nematodos.

En general, aquellas parcelas donde se vayan a cultivar hortícolas susceptibles al nematodo deberían ser analizadas regularmente para la presencia de nematodos agalladores. Si los niveles detectados están por encima del umbral económico de daño se recomienda el uso de un nematicida.

Hoy existe un marcado interés en el control biológico de nematodos como por ejemplo la bacteria *Pasteuria sp.*, parásito obligado que ha sido encontrado sobre *Meloidogyne sp.* A campo y en experimentos. Tiene alta especificidad al hospedante, tolerancia al calor, la desecación y a nematicidas. Produce endospora y se fija sobre la cutícula del nematodo.

Cuando el nematodo entra a la raíz que infecta, las esporas van adheridas. La

bacteria germina en el interior del nematodo hembra, y se transforma, más tarde, en una bolsa de esporas. En consecuencia, la hembra no puede reproducirse y muere al reventar bajo la presión de las esporas que se liberan nuevamente al suelo y se reinicia el ciclo.

***Pratylenchus* spp. (Nematodos lesionadores)**

Cultivos susceptibles de daños

Virtualmente casi todas las especies de plantas cultivadas.

Biología

Generalmente sobrevive la estación sin hospedador como juveniles dentro de las raíces o en suelo. Penetran en las raíces jóvenes de las plantas hospedadoras, allí migran a través de las raíces, a menudo destruyendo células.

Las hembras depositan los huevos de uno en uno en el tejido radicular o en suelo y pueden producir hasta 100 huevos a lo largo de su vida.



Lesiones en raíz (*Pratylenchus*)

El ciclo de vida se completa generalmente en tres o cuatro semanas dependiendo de la temperatura del suelo, por lo que pueden producir varias generaciones por estación.

Síntomas

Los síntomas en planta son los mismos que en el caso de los nematodos agalladores. En raíces la penetración de los nematodos produce pequeñas lesiones necróticas que sirven de entrada a otros patógenos (*Verticillium*, *Rhizoctonia*, etc.). Las plantas infectadas por nematodos lesionadores, generalmente tienen sistemas radiculares reducidos y las raíces alimenticias destruidas.

Control

El primer paso es usar semilla y plántones libres del nematodo. Debido a su amplísimo rango de hospedadores es difícil controlar sus poblaciones mediante rotación de cultivos.

El espárrago se conoce como mal hospedador de casi todas las especies de ***Pratylenchus***. Campos en los que se detecte la presencia de ***Pratylenchus*** por encima del umbral económico de daño deberían ser mantenidos en barbecho antes de la siembra. Es muy importante mantener un barbecho limpio de malas hierbas. En algunos casos rotaciones con espárrago, sorgo o pasto del sudan pueden ayudar a reducir las poblaciones de ***Pratylenchus***. En general, como control químico se recomiendan nematicidas granulares no fumigantes.

Globodera spp.* y *Heterodera spp.* (Nematodos quísticos)*Cultivos susceptibles de daños**

Hembras de *Globodera* sp, en raíces

En general, las especies de nematodos quísticos presentan un rango de hospedadores bastante estrecho, *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida* parasitan solanáceas, *Heterodera* avena y gramíneas, *Heterodera glycines* leguminosas, *Heterodera schachtii* crucíferas.

Biología

Los quistes son sacos de huevos rodeados por los restos muertos de las hembras, pueden tener forma de limón ***Heterodera spp.*** o redondeada ***Globodera spp.*** Los nematodos quísticos sobreviven a la estación sin cultivo como huevos dentro de los quistes, Los exudados radiculares de sus plantas hospedadoras estimulan la eclosión de los huevos, los juveniles migran en el suelo hasta las raíces donde generan sitios de alimentación y comienzan a engordar, hasta llegar a adultos. Las hembras alcanzan un tamaño que llegan a romper el tejido radicular con lo que quedan expuestas al suelo. Los machos son filiformes y salen de la raíz para fecundar a las hembras.

Las hembras producen entre **50 y 100 huevos** en una matriz fuera de sus cuerpos, pero muchos más huevos permanecen dentro de sus cuerpos.

Los huevos producidos en la matriz generalmente eclosionan rápidamente tras ser producidos, mientras que los que permanecen dentro del quiste, pueden tardar hasta 10 años en eclosionar.

Síntomas

En general producen los mismos síntomas inespecíficos que nematodos agalladores y lesionadores. Las hembras formadas pueden observarse durante el cultivo en las raíces del cultivo hospedador como cuentas de collar.

Control

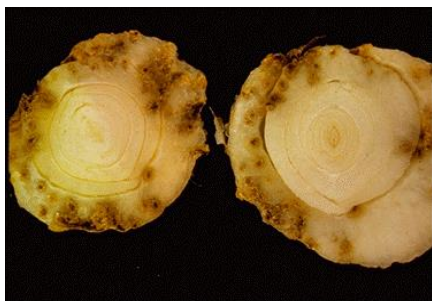
Debido a que los quistes pueden contener huevos viables durante más de 10 años las medidas preventivas para evitar la contaminación del suelo son de especial importancia. Si el nematodo se establece en un campo, el agricultor debe aprender a manejar sus poblaciones y optimizar su producción en presencia de los nematodos.

Gracias al estrecho margen de hospedadores que presentan los nematodos quísticos, la rotación de cultivos es en la mayoría de los casos una buena estrategia para controlar sus poblaciones.

El uso de nematicidas no es tan efectivo como con otros nematodos debido a la capacidad del quiste para proteger a los huevos.

Ditylenchus* spp. (Nematodos de los tallos y los bulbos)*Cultivos susceptibles de daños**

Cebolla, remolacha, ajo, zanahoria, tomate, algunos cereales y bulbos.



Daños en cebolla causados por *Ditylenchus* sp

Biología

Ditylenchus sobrevive la estación sin hospedador como juveniles de 4 estadios **J4** y **adultos** en un estado criptobiótico, ya sea en tejido vegetal o en suelo. Cuando la humedad es la adecuada, los nematodos migran hacia las hojas y tallos de las plantas jóvenes.

Las hembras pueden producir hasta **500 huevos** y sobrevivir hasta 10 semanas. En condiciones óptimas el ciclo de vida puede durar unas tres semanas. Los nematodos de los tallos y bulbos pueden persistir durante largo tiempo en suelo y son bastante resistentes a la sequía y a las bajas temperaturas. A menudo forman agregados de un gran número de individuos que se conocen como algodón de gusanos, que actúan como forma de resistencia. No obstante, las poblaciones decrecen rápidamente en ausencia de hospedador.

Síntomas

Deformaciones en hojas y bulbos son el síntoma más característico de las infecciones por ***Ditylenchus***. A menudo, las plantas jóvenes pueden morir cuando las infecciones son altas. Los bulbos infectados presentan capas concéntricas de hojas marrones y a menudo se pudren durante el almacenaje por infecciones secundarias causadas por bacterias.

Control

Evitar plantar semilla o plántones infectados. El uso de rotaciones o barbechos reduce considerablemente las poblaciones de nematodos de los tallos y bulbos.

El tratamiento con agua caliente de bulbos y semilla mata a los nematodos, no obstante la temperatura del agua debe ser cuidadosamente mantenida entre 43-46 °C durante una o dos horas. Como estos nematodos se mueven por la superficie de las hojas con el agua, la humedad sobre las hojas también debe ser controlada.

AUTOEVALUACIÓN

1. ¿Qué cantidad de huevo produce las hembras de *Meloidogyne sp*?
2. ¿Qué tipo de lesiones ocasiona *Pratylenchus* y qué consecuencias tiene?
3. Defina quiste y explique qué género de nematodos los produce
4. ¿Cuál es el periodo de vida más largo de *Ditylenchus* y en qué condiciones se da?
5. ¿En general, cuales son las medidas de control más recomendadas para los nematodos?

Principios del control nematológico

Hasta hace poco las opciones disponibles para el control de nematodos dependían de la intensidad y rentabilidad del cultivo. En cultivos hortícolas y ornamentales de alta rentabilidad se usaban rutinariamente desinfestaciones del suelo con nematicidas, mientras que en otros cultivos de menor rendimiento económico se usaban programas de manejo integrado, incluyendo rotaciones y/o variedades resistentes. No obstante, la preocupación entre consumidores y organizaciones por los riesgos ambientales de los nematicidas, así como el énfasis puesto en una agricultura sostenible por organismos europeos e internacionales ha cambiado drásticamente la situación y de una excesiva confianza en los nematicidas, se debe pasar urgentemente a otros sistemas que integren métodos alternativos de control compatibles con el respeto al medio ambiente.

Existen diversos métodos de control nematológico alternativos al control químico, desde los tradicionales como el barbecho o la rotación de cultivos, hasta los más novedosos como resistencias incorporadas mediante biología molecular. Todos ellos tienen ventajas e inconvenientes y ninguna estrategia por sí sola, parece ser satisfactoriamente efectiva, por lo que el acercamiento más productivo al control nematológico debería involucrar la integración de varios métodos, como prevención, medidas culturales, resistencia y control biológico.

Prevención

En general, control nematológico es esencialmente prevención, porque una vez una planta es parasitada, es imposible eliminar el nematodo sin destruir también el hospedador. No obstante, se entienden como medidas preventivas aquellas encaminadas a impedir la extensión de un problema nematológico en una determinada área.

Debido a que la mayoría de los nematodos entra o se extiende en nuevas áreas por movimiento de tierras o plantas infectadas, el control fronterizo es fundamental para evitar la introducción en el país de nuevos organismos patógenos procedentes de otros países. Plantones y semillas certificadas deberían ser usados siempre.

Una vez que la plaga es detectada en el campo las medidas de cuarentena e higienización del material de labranza permiten controlar su expansión.

Plantas y productos alelopáticos

Existen plantas que liberan productos nematicidas al suelo, bien durante su crecimiento o bien como resultado de la descomposición de sus residuos.

Estos productos se conocen como aleloquímicos, por ejemplo las raíces de sorgo contienen un compuesto químico, que se degrada en cianuro de hidrógeno que es un nematicida poderoso. Otro ejemplo son los glucosinatos e isothiocianatos, resultado de la descomposición de las Brasicas. No obstante, existe una tremenda variabilidad dentro las especies de plantas antagonistas respecto a la supresión a las diversas razas de nematodos, por lo que su uso debe estar siempre supervisado por personal técnico especializado.

Medios culturales

Barbecho

Un barbecho estricto por 1-2 años normalmente reducirá las poblaciones de nematodos en un 80-90 por ciento. Este efecto puede lograrse en tan sólo una estación introduciendo otras medidas culturales. Sin embargo, barbechar puede ser inaceptable para el agricultor debido a la potencial pérdida de materia orgánica, peligro de erosión y pérdida de tiempo productivo.

Además si se permite el crecimiento de malezas durante el barbecho, algunos nematodos pueden sobrevivir y reproducirse en ellas, haciendo esta práctica ineficaz.

Rotaciones

La rotación con cultivos no hospedadores es a menudo adecuada por sí misma para impedir que las poblaciones nematológicas alcancen niveles perjudiciales económicamente. Sin embargo es necesario disponer de una amplia base de datos incluyendo variabilidad entre cultivares y razas de nematodos.

Solarización

La solarización es un método de pasteurización del suelo que permite suprimir la mayoría de las especies de nematodos patógenos eficazmente. Sin embargo sólo es consistente en lugares con veranos cálidos y calurosos. La técnica básica consiste en poner una o dos láminas de plástico transparente encima del suelo ligeramente humedecido durante el verano y aproximadamente de seis a ocho semanas.



Vapor de agua

Vapor a 80-100°C por 30 minutos controla efectivamente algunos nematodos patógenos. No obstante produce un impacto severo en la zona del suelo donde se desarrollan las raíces (rizósfera), a la que deja con un vacío biológico fácilmente reinfecible por otros patógenos.

Encharcamiento

Donde el agua es abundante, el encharcamiento del campo se puede usar para el control de nematodos. La inundación del suelo durante 7-9 meses mata a los nematodos reduciendo la cantidad de oxígeno disponible para la respiración y aumentando la concentración de sustancias tóxicas como ácidos orgánicos, metano y sulfuro de hidrógeno. Sin embargo puede llevar varios años destruir todas las masas de huevos de *Meloidogyne*. Una alternativa al encharcamiento continuo es utilizar ciclos de inundación, (mínimo dos semanas) alternando secado y pases de disco. No obstante un insuficiente o pobre manejo puede empeorar la situación, ya que algunas plagas y enfermedades se pueden extender fácilmente cuando el suelo está encharcado.

Adición de materia orgánica y biofumigación

Hay evidencias sustanciales de que la adición de materia orgánica o materiales quitinosos en forma de abono o estiércol disminuyen las poblaciones de nematodos y el daño asociado a ellas, lo que parece ser debido a un incremento en las poblaciones de microorganismos antagonistas de los nematodos.

Resistencia

Las variedades resistentes son un método de control más eficaz contra las especies de endoparásitos sedentarias como *Meloidogyne* o los nematodos quísticos (*Globodera*, *Heterodera*) que pasan la mayor parte de su ciclo de vida dentro de las raíces.

Tomates y soja, en particular, han sido intensivamente seleccionados para resistencia a los nematodos.

No obstante, la obtención de nuevas variedades resistentes es complicada por la habilidad de las especies de nematodos de desarrollar razas o biotipos que superen la resistencia. Cuando una variedad resistente se planta, las poblaciones de nematodos generalmente disminuyen, pero en la estación siguiente, los pocos nematodos en una población capaces de superar la resistencia empiezan a aumentar, con lo que al cabo de unas generaciones la resistencia ha sido rota, más del 80% de las poblaciones de *Meloidogyne incógnita*.

Control biológico

Microorganismos antagonistas establecidos en el lugar de siembra antes o a la vez que el patógeno puede ser usado para prevenir la infestación. Varios microorganismos han sido identificados como enemigos naturales de los nematodos. Éstos incluyen las bacterias *Pasteuria penetrans* y *Bacillus thuringiensis* y los hongos *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium chlamydosporium*, *Hirsutella rhossiliensis*, *Catenaria spp.* Sin embargo, para la mayoría de ellos las formulaciones comerciales no están todavía disponibles.

Control químico

Aunque sigue siendo el método de control nematológico más efectivo, la mayoría de los productos químicos utilizados como nematicidas, ya sean fumigantes o no

fumigantes (granulares y emulsiones) presentan riesgos medioambientales, por lo que su uso debe ser limitado siempre que existan alternativas.

Por otra parte la economía de producción de la cosecha no permite en muchos casos un retorno suficiente de la inversión para justificar el uso de nematicidas.

AUTOEVALUACIÓN

1. ¿Cuál es la principal medida que permite controlar realmente la expansión de los nematodos?
2. ¿Qué son los aleloquímicos?
3. Describa el proceso de la solarización
4. ¿Es conveniente emplear los métodos de control de encharcamiento, hasta qué punto?
5. ¿Es efectiva la utilización de variedades resistentes al ataque de nematodos?

Muestreo de nematodos

Aspectos a tener en cuenta antes del muestreo

- No hay suelo que no tenga nematodos, aunque para producir daños, su número tiene que ser elevado y las especies de plantas, sensibles a ellos.
- Su control consiste en combinar distintas tácticas, control químico, cultural y biológico, hasta reducir el número de nematodos, compatible con el normal desarrollo de la planta.
- Al ser microscópicos, solamente se pueden cuantificar en laboratorio.
- Viven mejor en suelos arenosos, húmedos y con cultivo. Son muy sensibles a la sequía y a la falta de cultivo.
- No es fácil saber si una planta está siendo atacada por nematodos. Sus síntomas se confunden con otros problemas, sequía, exceso de agua ó carencia de nutrientes.
- Suelen manifestarse por rodales en el terreno.
- Su presencia se presenta por un debilitamiento progresivo de la planta y un marchitamiento sin explicación.

Tabla 2. Plantas huésped de nematodos Fitopatógenos.

Nemátodo	Planta huésped	Problema
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Ajo	Partes aéreas, semillas y bulbos
<i>Globodera rostochiensis</i>	Patata	Quiste
<i>Globodera pallida</i>		Quiste
<i>Meloidogyne</i>	Tomate	Nódulo de raíz
<i>Globodera pallida</i>		Quiste
<i>Meloidogyne</i>	Tabaco	Nódulo de raíz
<i>Pratylenchus</i>		
<i>Heterodera glycines</i>	Soja	Quistes. Vector de Hongos
<i>Aphelenchoides besseyi</i>	Arroz	Semilla
<i>Ditylenchus angustus</i>		Tallo
<i>Heterodera oryzae</i>		Raíz
<i>Hirschmanniella oryzae</i>		Raíz
<i>Heterodera avenae</i>	Cereal. Trigo	Quistes. Vector de hongos
<i>Anguinia tritici</i>		Semilla
<i>Meloidogyne</i>		Nódulos
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Alfalfa	Partes aéreas. Semillas y bulbos.
<i>Meloidogyne</i>	Vid	Nódulos raíz
<i>Tylenchulus semipenetrans</i>		Raíz
<i>Macroposthonia</i>		Raíz
<i>xenoplax</i>		Raíz. Vector de virus.
<i>Xiphinema index</i>		
<i>Meloidogyne hispanica</i>	Prunus. Peral	Nódulos raíz
<i>Pratylenchus</i>		Raíz
<i>Tylenchulus</i>	Cítricos	Raíz
<i>semipenetrans</i>		
<i>Radopholus similis</i>		
<i>Tylenchulus</i>	Olivo	Raíz
<i>semipenetrans</i>		Raíz
<i>Pratylenchus crenatus</i>		
<i>Heterodera schachtii</i>	Remolacha	Quistes. Vector de hongos
<i>Aphelenchoides fragirae</i>	Ornamentales	Partes aéreas. Semillas y bulbos.
<i>Aphelenchoides fragirae</i>	Fresa	Partes aéreas. Semillas y bulbos.
<i>Aphelenchoides besseyi</i>		
<i>Ditylenchus myceliophagus</i>	Champiñón	Partes aéreas. Semillas y bulbos.
<i>Aphelenchoides composticola</i>		Partes aéreas. Semillas y bulbos.
<i>Helicotylenchus</i>	Platanera	
<i>Multicintus</i>		
<i>Heterodera zeae</i>	Maíz	
<i>Meloidogyne</i>	Algodón	
<i>Heterodera goettingiana</i>	Guisante	
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Cebolla	
<i>Bursaphelenchus</i>	Pino	
<i>Xylophilus</i>		

Recolección de muestras para análisis de nematodos

Donde muestrear

En una zona dónde los cultivos no crecen normalmente puede haber presencia excesiva de nematodos:

- En huertos o en césped, estas zonas suelen ser circulares.

- En ocasiones el patrón siguen una fila del cultivo
- Raramente se produce un daño generalizado en toda una parcela
- Las muestras siempre deben tomarse en la zona alrededor de las raíces de plantas que no están creciendo adecuadamente.
- En parcelas que no tienen cultivo el muestreo se hace recorriendo toda la parcela.

Cuando muestrear

Las muestras de suelo pueden ser recolectadas en cualquier época del año, aunque se debe evitar el muestreo en suelos excesivamente secos o mojados.

Cuando se hace rotación de cultivos, el muestreo se debe hacer cuando aún está el cultivo anterior, para saber si hay que desinfectar antes de plantar el cultivo del año siguiente.

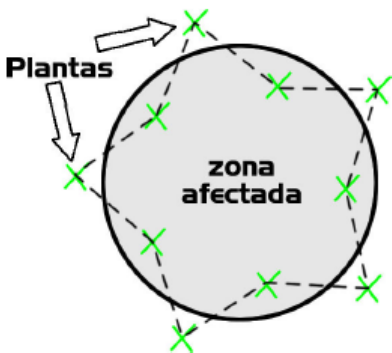
Cómo muestrear

La profundidad del muestreo depende del cultivo, la zona adecuada de muestreo es a la altura de las raíces de cada tipo de planta. No se debe tomar muestras donde haya plantas muy afectadas, en las que las plantas estén muertas, porque los nematodos se habrán desaparecido ya de estas zonas.

Nunca se debe incluir en la muestra suelo de la parte superficial, dónde la temperatura y condiciones de humedad limitan las poblaciones de nematodos.

Las herramientas más aconsejables para el muestreo de nematodos son los tubos o barrenas.

Cultivos herbáceos

Toma de Muestras de Suelos para Nematodos en Cultivos Herbáceos	
1	Tomar la muestra a 5 centímetros de la base de la planta y a unos 15 – 20 cm de profundidad.
2	Despreciar siempre los 5 – 10 primeros centímetros de suelo.
3	Tomar submuestras de unos 8 – 10 puntos que tengan síntomas moderados siguiendo este patrón: 
4	Juntar todas las submuestras y enviar al laboratorio alrededor de 500 g de suelo.

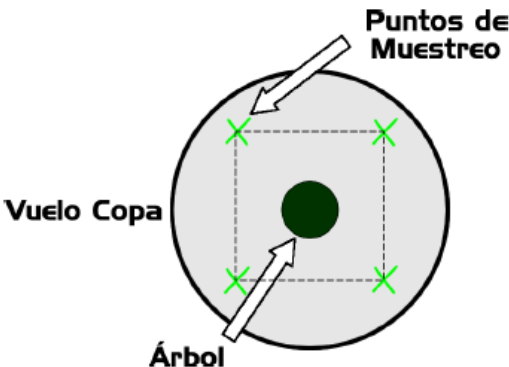
A veces, por indicación del laboratorio, es conveniente adjuntar a la muestra de suelo material vegetal.

Toma de Muestras de Plantas para Nematodos en Cultivos Herbáceos

1. Si el cultivo se encuentra en estado de plántula, tomas unas 3 – 4 plantas enteras de la zona afectada. Sacudir suavemente para eliminar tierra sobrante.
2. Si las plantas son mayores, incluir 2 plantas, eliminar los tallos de las plantas y enviar solo el sistema radicular.
3. Las plantas maduras y más voluminosas son demasiado grandes, incluir solo algunas raíces.

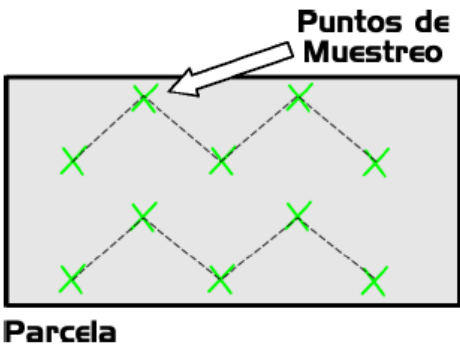
Árboles y Arbustos Frutales

Toma de Muestras de Suelos para Nematodos en Frutales

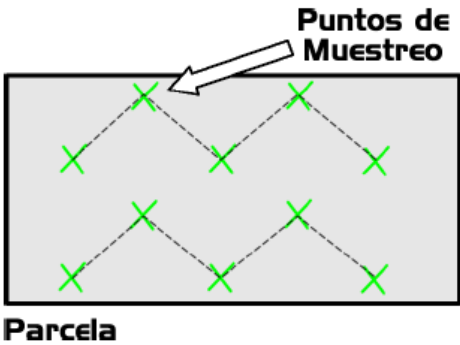
1	Despreciar los primeros 5 cm de suelo
2	En función de la profundidad de las raíces, tomar las muestras entre 25 y 40 cm, cavando con una pala.
3	El punto de muestreo es entre la parte exterior de la copa y el tronco, según el siguiente esquema: 
4	Tomar muestras de 4 o 5 árboles hasta completar 500 g de suelo.
5	Si es posible, evitar tomar las muestras dónde haya malas hierbas.

Jardines y césped

Toma de Muestras de Suelos para Nematodos en Jardines y Céspedes

1	Despreciar los primeros 5 cm de suelo
2	A una altura de unos 15 cm tomar, repartidos por toda la parcela (o zona afectada) 8 – 10 muestras, según el siguiente patrón: 
3	Enviar al laboratorio unos 500 g de suelo.

Suelos sin cultivo

Toma de Muestras de Suelos sin Cultivo para Nematodos	
1	Despreciar los primeros 5 cm de suelo
2	Tomar 8 – 10 submuestras desplazándose en zig-zag a lo largo de toda la parcela, según el siguiente patrón:  Puntos de Muestreo Parcela
3	La profundidad de muestreo debe ser a unos 15 – 20 cm.
4	Enviar al laboratorio un total de 500 g de suelo.

Conservación de las muestras

La conservación de muestra para un análisis de nematodos es diferente a la de una muestra para análisis de fertilidad. Los nematodos son organismos vivos y requieren humedad para poder sobrevivir.

Para poder ser aislados, identificados y cuantificados han de llegar vivos al laboratorio. Se deben adoptar medidas para evitar que se seque la muestra, exponerla al sol o dejarla dentro de vehículos. La temperatura hasta que llegue al laboratorio no debe exceder los 32 °C.

Colocar la muestra en una bolsa fuerte y cerrar de forma que no se derrame. Se pueden hacer unos pequeños agujeros con un alfiler o pequeño punzón.

Envío de las muestras

El envío de muestras al laboratorio ha de ser lo antes posible (ideal antes de 48 h). Evitar enviar muestras antes del fin de semana, mejor hacerlo en los primeros días de la semana para que le de tiempo al laboratorio a procesar las muestras.

Si la muestra se ha de mantener durante la noche antes de enviarla al laboratorio, lo mejor es refrigerarla a 4 °C en un frigorífico convencional.

Interpretación del resultado de los análisis de nematodos fitopatógenos

Los análisis nematológico son una herramienta fundamental a la hora de tomar decisiones sobre control nematológico.

Sin embargo estos análisis no tienen gran valor si la toma de muestras no se ha realizado de forma que sean representativas del área seleccionada, o si las muestras no llegan al laboratorio bien conservadas.

En general, la producción vegetal va disminuyendo en el tiempo conforme aumentan las densidades de nemátodos en suelo.

En el momento de la siembra o plantación es buen momento para analizar la población de nemátodos en el suelo, número y especie.

Se observa cómo hay pequeñas pérdidas de producción a densidades menores de 10 nemátodos por g de suelo, (este es el llamado límite de tolerancia T), las pérdidas aumentan conforme las densidades de nemátodos pasan a ser mayores.

Aunque se observen pérdidas a densidades entre 10 y 20 nemátodos por g de suelo, estas no serían suficientes como para justificar el uso de un tratamiento (este es el llamado umbral económico de daño E) por encima de él, el tratamiento del suelo con un nematicida sería recomendable.

Tanto el límite de tolerancia como el umbral económico dependen de las condiciones agronómicas y ambientales locales, por lo que el éxito de un sistema predictivo estará supeditado a la existencia de datos locales sobre las pérdidas causadas por nemátodos.

No obstante, y simplemente a modo orientativo la siguiente tabla muestra límites de tolerancia y umbrales económicos de daño, expresados en nemátodos o huevos por 100 g de suelo, para diversos cultivos y nemátodos en áreas de clima mediterráneo. Los valores están basados en diversas publicaciones con datos sobre umbrales de daño en zonas de clima mediterráneo Tabla 1. Valores orientativos de los límites de tolerancia y umbrales económicos para diversos cultivos y nemátodos. Niveles de nemátodos por 100 g de suelo en el momento de la siembra.

Tabla 3. Valores orientativos de los límites de tolerancia y umbrales económicos para diversos cultivos y nemátodos. Niveles de nemátodos por 100 g de suelo en el momento de la siembra.

Cultivo	Nematodo	Límite de Tolerancia	Umbral Económico
Avena	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	1	25
Fresa	<i>Meloidogyne</i> spp.	1	2
	<i>Pratylenchus</i> spp.	2	5
Frutales Hueso	<i>Meloidogyne</i> spp.	10	200
	<i>Pratylenchus</i> spp.	10	300
Maíz	<i>Meloidogyne</i> spp.	10	100
	<i>Pratylenchus</i> spp.	40	100
Patata	<i>Meloidogyne</i> spp.	10	100
	<i>Globodera rostochiensis</i>	50	1500
	<i>Globodera pallida</i>	10	300
Pimiento	<i>Meloidogyne</i> spp.	3	30
Tomate	<i>Meloidogyne</i> spp.	2	20
	<i>Pratylenchus</i> spp.	10	100
Trigo	<i>Heterodera avenae</i>	250	1000
	<i>Pratylenchus thornei</i>	1000	3000
	<i>Pratylenchus neglectus</i>	500	2000
Vid	<i>Meloidogyne</i> spp.	20	200
Remolacha	<i>Heterodera</i> spp.	20	60
	<i>Meloidogyne</i> spp.	20	60

Aspectos generales en la recolección de muestras

En nematología agrícola el encargado o extensionista debe recorrer el campo, trazar un recorrido y extraer una determinada cantidad de muestras (FHIA 2014). Si el área es pequeña o no se tiene bien definido el tamaño del terreno se debe muestrear en zig-zag cubriendo áreas de interés cada 20 pasos o metros, evitando tomar sub-muestras de plantas muertas o agotadas. Las submuestras se deben tomar en los primeros 30 cm de profundidad, utilizando palín o barreno (Figura 2).

En el caso de áreas de siembras nuevas o sistemas controlados como invernaderos donde se tienen plantas con suelo o sustrato es necesario tomar una cantidad de sub-muestras en función del área sembrada. En almácigos, se deben tomar entre siete a diez plantas enteras de 100 plantas para hacer una muestra compuesta y realizar el diagnóstico antes de llevarlo a campo definitivo

La muestra compuesta consiste en una fracción representativa del área total de suelo que se desea estudiar. Los análisis de muestras de raíces ayudan a obtener información de nematodos endoparásitos (dentro de la raíz); en las muestras de suelo se puede diagnosticar huevos o larvas endo y ectoparásitos (fuera de la raíz). En cultivos establecidos, para un diagnóstico apropiado es conveniente obtener muestras de raíz con suelo y en algunos casos examinar tallos y hojas. De manera que es importante realizar el proceso de diagnóstico con material mezclado de raíz con suelo para obtener nematodos endo y ectoparásitos.

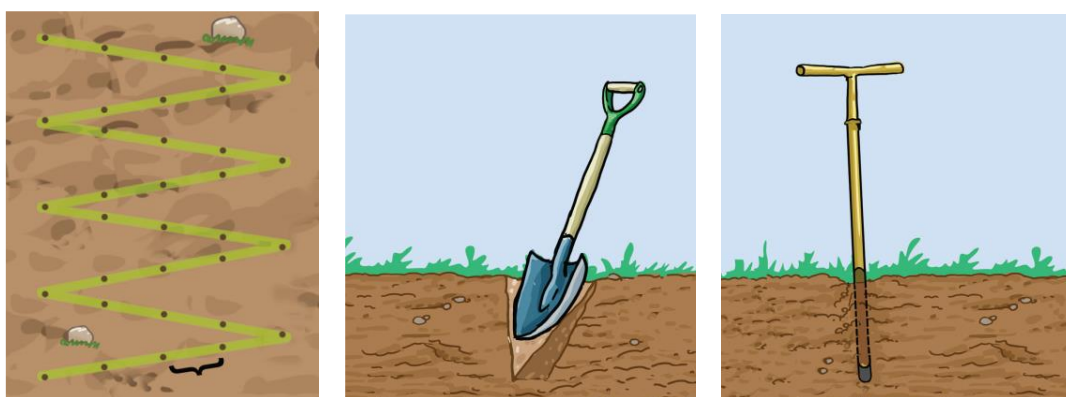


Figura 2. Muestreo de suelo antes de la siembra.

1. Método de zig-zag. 2. Toma de muestra con pala. 3. Toma de muestra con barrenos.

Muestreo de raíces y suelo

Para la selección de estrategias en el control de nematodos es necesario enfocarse en el manejo integrado, siendo el muestreo uno de los principales componentes para la toma de decisiones. Antes de iniciar el muestreo, el productor debe tener bolsas de plástico, marcador permanente, azadón, pala o palín y cuchillo. Todo el material debe estar limpio y en buen estado. Para tomar la muestra se deben seguir los siguientes pasos:

1. Con el croquis de la finca se deben identificar los lotes que tengan plantas con síntomas de poco desarrollo y amarillamiento.

También se deben identificar las plantas con aparente saneamiento o que visiblemente se noten sanas.

2. Una vez identificados los lotes a muestrear, se deben tomar encuesta dos tipos de plantas:

- a. Plantas aparentemente sanas: con buen desarrollo y sin amarillamiento.
- b. Plantas aparentemente enfermas: se deben tomar muestras de plantas con amarillamiento, decaimiento o poco desarrollo; sin embargo, deben evitarse muestras de plantas que estén muertas o muy deterioradas, ya que los niveles poblacionales de estas plantas tienden a ser erróneos.

3. Para obtener un resultado confiable en muestreos de raíz, es necesario que la muestra final esté compuesta de varias sub-muestras. La cantidad de submuestras depende del área.

Se recomienda de 50 a 80 submuestras por hectárea. En el caso de plantaciones establecidas o perennes, se debe tomar la muestra de la zona entre el goteo y la mitad de la rama a una profundidad de 30 centímetros obviando los primeros 10 cm (Figura 3).

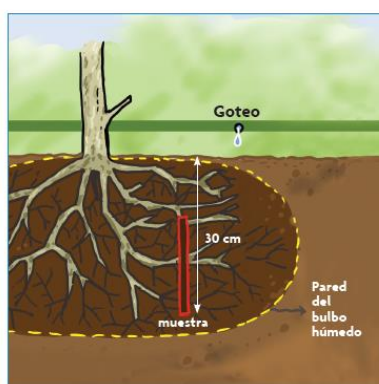


Figura 3. Profundidad de muestreo de raíz con suelo.

Muestreo de cultivos de ciclos cortos o anuales

1. Recorrer toda la parcela en forma de zig-zag y tomar submuestras cada 20 pasos, para un total de 50 submuestras por hectárea aproximadamente.

2. Quitar la capa superior del suelo (5 a 10 cm aproximadamente).
3. Tomar muestras cerca de la época de cosecha.
4. Muestrear la zona de las raíces (a 20 o 30 cm de profundidad dependiendo del cultivo) para lo cual se usa un barreno, pala o palín.
5. Sacar raíces con suelo adherido.
6. Tener una hielera o recipiente que guarde la humedad y no altere las condiciones de la muestra.
7. La muestra se deposita en una bolsa plástica.
8. La muestra total debe ser de 1000 g aproximadamente.
9. Identificar la muestra registrando datos de la zona como: agricultor, cultivo anterior, fecha y otros datos que se consideren importantes.

La muestra se traslada al laboratorio lo más pronto posible, durante este tiempo debe mantenerse en un lugar fresco y no exponerse directamente al sol (Figura 4).

Es importante limpiar con agua los residuos de materia del barreno, pala o palín cuando se va a pasar de una parcela a otra o de una finca a otra, especialmente cuando los objetivos del muestreo son de investigación.



Figura 4. Proceso de recolección de muestras en el campo.

1. Palín para extracción de muestras. 2. Muestra sustraída del suelo 3. Muestra colocada en bolsa plástica. 4. Hielera para transporte de muestra.

Muestreo de cultivos perennes

1. Muestrear lo más próximo a la época de mayor crecimiento, floración y/o cosecha.
2. Tomar la muestra de las raíces localizadas dentro de la zona de goteo o la sombra (Figura 5).
3. En árboles como frutales muestrear varios sitios hacia la periferia del área de goteo.
4. Si el terreno tiene malezas, tomar las muestras del suelo y de las raíces de malezas separadamente. Para muestras de suelo utilice el barreno a una profundidad de 30 cm.
5. En cultivos que se encuentran muy afectados y con síntomas severos de nematodos, se debe hacer un muestreo de los alrededores de los árboles y buscar raíces absorbentes. También se debe obtener una muestra de los lotes con plantas que parecen sanas para propósitos comparativos.

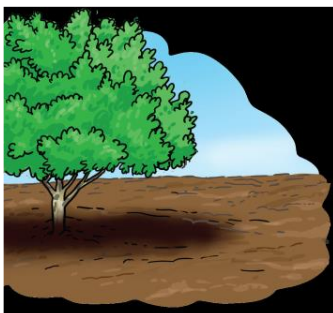
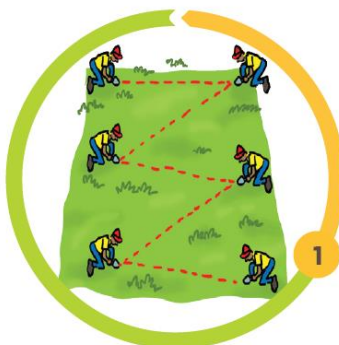
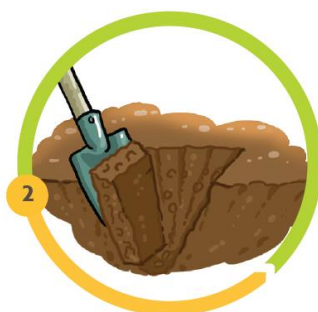


Figura 5. Sombra o zona de goteo.

En general, en plantaciones establecidas o antes de sembrar, la muestra compuesta de suelo o raíz con suelo debe pesar entre 800 a 1000 gramos aproximadamente. Una vez tomada, debe ser colocada dentro de una bolsa plástica con la identificación. Esta debe quedar bien cerrada. Luego deberá trasladarse al laboratorio evitando que se seque. En el caso de muestras de suelo únicamente, deben ser enviadas al laboratorio en un plazo menor de 48 horas (Figura 6). Si no pueden enviarse las muestras al laboratorio el mismo día de la colecta, colocarlas en la parte baja del refrigerador, usar hieleras o en un lugar fresco, de manera que pueda mantenerlas a baja temperatura.



1. Recorrer el potrero en zig-zag y tomar una submuestra por extremo. Se recomienda tomar un mínimo de 10 submuestras por hectárea. Las muestras se deben extraer a una profundidad de 0 a 10 cm en pastizales y de 0 a 20 cm en cultivos.



2. Si se usa pala, se debe hacer un hoyo en forma de V y sacar una tajada de 3 cm de espesor aproximadamente.



3. Se deben eliminar los bordes laterales con un cuchillo y dejar una porción de 3 cm de ancho aproximadamente.



4. Se deben mezclar las submuestras en un recipiente limpio y separar como mínimo 1000 g de suelo para enviar al laboratorio.



5. Identificar la muestra. La muestra debe ser enviada en un plazo no mayor a 48 h o en su efecto almacenar en lugar seco y fresco.

Figura 6. Cinco pasos a seguir en un muestreo de suelo.

Identificación de las muestras

La etiqueta debe colocarse preferiblemente fuera y dentro de la bolsa (Figura 7), con la finalidad de evitar que la etiqueta se deteriore por la humedad. Es recomendable anotar la información con lápiz o con marcador especial, dado que la tinta de los lapiceros y marcadores corrientes, se ve afectada por la humedad y podría hacer ilegible la información. En todos los casos expuestos, las muestras colectadas deben trasladarse en bolsas de polietileno, firmes y bien selladas, con su respectiva etiqueta de identificación.



Figura 7. Muestra de suelo, mostrando una etiqueta de cartulina con la información básica requerida en el laboratorio.

UNIDAD IV

MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS



Amaranthus dubius

UNIDAD IV

MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

Carlos Castro, Máximo Vera, Fernando Ayón, Washington Narváez

Introducción

Las malezas son plantas que crecen fuera de lugar e interfieren con las actividades agrícolas, al competir con los cultivos por agua, espacio, nutrientes y energía solar. Además, y más importante aún, las malezas son hospederos alternos de plagas y enfermedades de nuestros cultivos.

Desde el punto de vista fitosanitario, las malezas de la misma familia botánica que un determinado cultivo, son las más peligrosas, ya que tienen la probabilidad más alta de mantener todas las plagas y enfermedades de dicho cultivo dentro de los campos de producción, a través del tiempo.

Características de las malezas que las hacen exitosas

Características relacionadas con su fisiología, crecimiento y competitividad

Las malezas tienen alta tasa de fotosíntesis, rápido crecimiento del sistema radical, rápida incorporación de los productos de fotosíntesis para formar hojas, crecimiento rápido de la fase vegetativa a la reproductiva, mecanismos de competencia y alelopatía para excluir a otras plantas y alta capacidad de adaptarse a los cambios constantes del ambiente.

Características relacionadas con su biología reproductiva. Polinización por el viento o insectos generalistas, sistema de reproducción que permite polinización cruzada y autopolinización, producción de semillas precoz y abundante (en zonas bajas y calientes alrededor de 21 días).



Tipos de semillas e inflorescencias

Características relacionadas con las prácticas culturales en los cultivos.

Morfología y fisiología similar al cultivo, la maduración de la semilla coincide con cosecha del cultivo o antes, resistencia o tolerancia a herbicidas, resistencia al control mecánico y regeneración por medio de partes vegetativas como tallos (verdolagas) rizomas (coyolillo) y tubérculos, latencia y alta longevidad de las semillas en el suelo y germinación discontinua.

Clasificación de las malezas**Por su ciclo de vida**

a) Anuales. Completan su ciclo de vida desde la germinación hasta la producción de semillas, en un año o menos:

b) Bianuales. Completan su ciclo de vida en más de un año pero menos de dos.

c) Perennes. Viven por más de dos años, a partir del mismo sistema radical.

Clasificación por su morfología

Esta clasificación es útil para determinar la facilidad de control con los grupos de herbicidas. Las etiquetas de los herbicidas hacen uso de esta clasificación:

a) Hojas anchas. Planta con raíz pivotante, hojas anchas con nervaduras en forma de red y crecimiento ramificado. Tiene los puntos de crecimiento en la parte de arriba, por lo tanto, si se corta la parte aérea con un machete es más fácil de matarlas que a las gramíneas.



Hojas anchas

b) Gramíneas. Aquí se encuentran las plantas que tienen raíz fibrosa, hojas alargadas, alternas, con venas paralelas y con crecimiento erecto no ramificado. Su punto de crecimiento está bajo el suelo o muy cerca del suelo.



Gramíneas

c) Cyperáceas: Estas plantas tienen características similares a los zacates, sus principales diferencias consisten en que tienen tallos triangulares y las hojas se presentan en rosetas que nacen de la base del tallo y la inflorescencia. Ejemplos: coquillo morado y coquillo amarillo.

d) Conmelináceas: de tallos estoloníferos, cortos y rastrero. Ejemplo: piñita, suelda con suelda.

Por su hábito de crecimiento

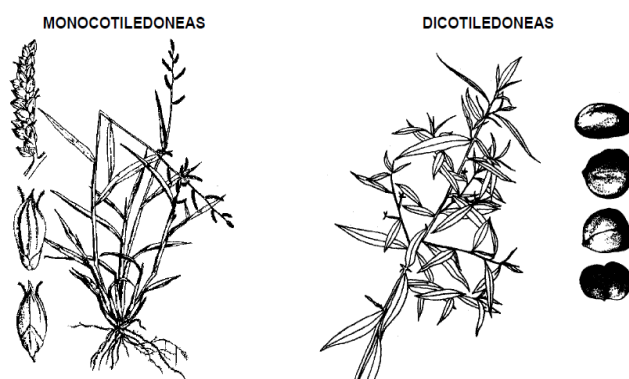
Acuáticas: Se desarrollan bajo condiciones de inundación o alta humedad en el suelo. Ejemplo: pato de agua y palo de agua.

Terrestres: Prefieren condiciones secas o de bajo contenido de humedad. Ejemplo: Caminadora, rabo de zorro.

Por el número de cotiledones

Monocotiledóneas: Cuando al nacer emiten solamente una hoja. Ejemplo: gramíneas como lana de burro, caminadora.

Dicotiledóneas: Cuando al nacer emiten dos hojitas opuestas. Ejemplo: verdolaga y palo de agua.



Diferencia entre planta monocotiledóneas y dicotiledóneas

Tabla 1. Diferencias Morfológicas Entre Grupos de Malezas

GRUPOS	TIPO RAIZ	TALLOS	HOJAS	FLORES	FRUTOS
GRAMINEAS	Fibrosas Adventicias Fasciculadas	Huecos redondos con nudos y entrenudos	Angostas con una nervadura central	Panículas o espigas	Granos
CYPERACEAS	Adventicias	Compactos y triangulares	Angostas y cortas	Umbella terminal con bracteadas	Aquenio triangular
CONMELINACEAS	Fasciculadas	Compactos semirredondos y cortos	Angostas, cortas y semianchas	Racimos	Aquenios
HOJA ANCHA	Fasciculadas Pivotantes	Tallos compactos Leñosos o lignificados Redondos hexagonales Ovalados	Anchas por lo general y abundantes	Racimos Umbella Corimbos	Legumbres Cápsulas Aquenios Píxido

Diseminación de las malezas

Las malezas pueden ser diseminadas en el tiempo y el espacio. La **diseminación en el tiempo** se refiere a la habilidad de las semillas de permanecer en latencia sin germinar, a pesar de existir las condiciones para la germinación. Esto les permite germinar muchos años después de ser producidas. La **diseminación en el espacio** es la dispersión debido al movimiento de las partes vegetativas de un lugar a otro. La diseminación en espacio puede ser natural o artificial, la **diseminación natural** de malezas ocurre por el viento, agua, animales y por dehiscencia (propiedad de frutos de abrirse para esparcir semillas). La **diseminación artificial** es la que ocurre por el movimiento del hombre y los implementos agrícolas de un campo a otro.

La reproducción de malezas

Reproducción sexual

Las semillas juegan un papel multiplicativo para la especie (por ejemplo: *Amaranthus sp.*, *Mimosa pudica*). También le confiere a las especies ventajas evolutivas ya que las semillas le sirven como:

- Medio de dispersión.
- Perseverancia en condiciones desfavorables.
- Fuente de alimento al embrión.
- Vehículo para transferir combinaciones genéticas e incrementar la variabilidad genética en una especie.

Reproducción asexual

Las malezas se reproducen mediante estructuras vegetativas tales como:

Rizomas: son tallos modificados que crecen horizontalmente bajo la superficie del suelo, tienen escamas, producen raíces adventicias en los nudos y dan origen a nuevos brotes. Ejemplos: *Cyperus ferax*, *Sorghum halepense*.

Estolones: son tallos modificados que crecen horizontalmente sobre la superficie del suelo y producen raíces adventicias en los nudos al contacto con el suelo. Ejemplo: *Cynodon dactylon* (zacate estrella).



Estolones (*Cynodon dactylon*)

Tubérculos: son estructuras especializadas que resultan del hinchamiento de segmentos subapicales de rizomas. Poseen yemas axilares y tejido de almacenamiento en el que acumulan carbohidratos. Ejemplo: *Cyperus rotundus*.



Tubérculos (*Cyperus rotundus*)

Fragmentos de la planta: muchos individuos se establecen de pedazos de tallos, ramas y hojas de plantas suculentas. Ejemplo: Verdolaga (*Portulaca oleracea*),



Fragmentos de la planta (*Portulaca oleracea*).

Interferencia de las malezas

La interferencia es el conjunto de interacciones negativas que se establecen entre las plantas de una comunidad.

La principal limitante de las malezas sobre un cultivo es la competencia y alelopatía que ejercen sobre el mismo:

Competencia: Habilidad de una planta para crecer y desarrollarse reduciendo el crecimiento y el rendimiento del cultivo.

La competencia puede ser por:

- ✚ **Espacio:** Alargamiento del tallo, macollamiento, crecimiento de raíces
- ✚ **Luz:** Rápido crecimiento, mayor altura que el cultivo, hojas anchas.
- ✚ **Nutrientes:** Mayor absorción y transformación de nutrientes, plantas de tipo fotosintético C-4 más eficientes.
- ✚ **Agua:** Mayor y mejor sistema radicular, hábito acuático.
- ✚ **Alelopatía:** Es el efecto negativo ejercido en una planta por las sustancias tóxicas liberadas por otras plantas impidiendo o reduciendo el crecimiento.

Ejemplo: el coquito con el arroz, la variedad de arroz Cica-4 con la maleza heterantera o pato de agua.

Métodos de control de maleza

Los diferentes tipos de control de maleza pueden ser agrupados en cinco métodos generales:

Control preventivo

Se refiere a las medidas tomadas para impedir la introducción, establecimiento y desarrollo de maleza en áreas no infestadas. Estas medidas incluyen: el uso de semilla certificada libre de semilla u órganos de reproducción vegetativa de maleza, la eliminación de maleza en canales de riego y caminos, la limpieza del equipo agrícola usado en áreas infestadas y el no permitir el acceso de ganado de zonas con altas poblaciones de maleza a áreas libres. Otras medidas preventivas incluyen la siembra en terreno libre de maleza y el control de maleza antes de su floración para impedir que se incremente el banco de semillas de maleza en el suelo. El control legal es un control preventivo a escala regional o nacional apoyado en leyes adecuadas para lograr su objetivo.

Control cultural

Incluye prácticas de manejo como la selección y rotación de cultivos, sistema y fecha de siembra entre otras, que promueven un mejor desarrollo del cultivo para hacerlo más competitivo hacia la maleza. Una medida básica para el manejo de maleza es el establecimiento de una población adecuada de plantas cultivadas.

Las áreas del terreno con una baja población de plantas cultivadas son más susceptibles de infestarse con maleza. La siembra de maíz, sorgo y frijol en surcos estrechos de 35 a 70 cm promueve que el cultivo sea más competitivo con la maleza al “cerrar” más rápidamente los surcos, sombrear el terreno e impedir el establecimiento de nuevas poblaciones de maleza. Sin embargo, este método de siembra requiere su integración al uso de herbicidas al no ser posible el paso de escardas.

La rotación de cultivos es vital para impedir la selección de especies de maleza difíciles de controlar en la soya, además de rotar el uso de herbicidas y evitar el desarrollo de resistencia a herbicidas en la maleza.

Dentro del control cultural de maleza también se puede incluir el uso de cultivos de cobertura viva, los cuales crecen asociados a un cultivo que es económicamente más importante. Dentro de las ventajas de este tipo de sistemas de cultivo se incluyen, además del control de maleza, la reducción de la erosión, la estabilización de la materia orgánica del suelo, el mejoramiento de la estructura del suelo y la reducción de su compactación.

Control mecánico

Se refiere a las prácticas de control de maleza basadas en el uso de la fuerza física. El control mecánico incluye los deshierbes manuales e incluso el uso del fuego. En sistemas de labranza convencional el control mecánico de maleza

incluye la labranza primaria o preparación del terreno mediante arado, subsuelo y rastra, y la labranza secundaria como la siembra y el paso de escardas.

Además el sistema de siembra en húmedo o a "tierra venida" elimina la primera generación de maleza y permite establecer los cultivos en suelo sin maleza. Posteriormente el paso de escardas con cultivadora rotativa ("lilliston") o de picos ("sweeps"), elimina a la maleza a la vez que ayuda al "aporque" del cultivo y facilita la conducción del agua de riego. El número y época de las escardas depende de factores como presencia de maleza, humedad del suelo y disponibilidad de equipo. El paso de dos escardas o cultivos a los 15 a 20 días y 25 a 35 después de la emergencia de los cultivos es una práctica común.

Es importante señalar que el control de maleza entre los surcos por medio de escardas es eficiente si se lleva a cabo oportunamente. No obstante, la maleza que se establece en la hilera de plantas del cultivo sólo puede ser controlada en sus primeras etapas de desarrollo por medio de escardas con cultivadoras rotativas al cubrirlas con suelo.

En sistemas de labranza de conservación, la labranza primaria es limitada o bien sustituida por la aplicación de herbicidas. Sin embargo, el paso de escardas puede efectuarse con cultivadoras de picos que arrancan la maleza sin disturbar los residuos de cosecha que cubren el suelo. El uso de cultivadoras rotativas en labranza de conservación es limitado por los residuos de plantas en la superficie del suelo.

Control químico

Se efectúa por medio del uso de productos químicos comúnmente llamados herbicidas que aplicados en la época y dosis adecuadas, inhiben el desarrollo o matan a las plantas indeseables.

El uso de herbicidas debe efectuarse sólo cuando los otros métodos de control no son factibles de utilizarse o cuando su uso representa una ventaja económica para el productor. En la actualidad los herbicidas constituyen la herramienta más efectiva en programas de control de maleza.

El control químico requiere de conocimientos técnicos para la elección y aplicación eficiente y oportuna de un herbicida. El control químico tiene ventajas importantes sobre los otros métodos de control de maleza: oportunidad en el control maleza, pues la elimina antes de su emergencia o en sus primeras etapas de desarrollo; amplio espectro de control; control de maleza perenne; control residual de la maleza.

El uso inapropiado de los herbicidas representa algunos riesgos a la agricultura. Sin embargo, todos estos daños son posibles de evitar con una buena selección y aplicación de estos productos y con el conocimiento de sus características específicas. Algunos de los posibles riesgos por el uso inadecuado de herbicidas son: daños al cultivo en explotación por dosis excesiva o a cultivos vecinos por acarreo del herbicida; daños a cultivos sembrados en rotación por residuos de herbicidas en el suelo; cambios en el tipo de maleza por usar continuamente un herbicida; desarrollo de resistencia de malezas a herbicidas.

En Estados Unidos en la actualidad existen alrededor de 200 ingredientes activos utilizados en la fabricación de aproximadamente 800 herbicidas comerciales. En México, existen 65 ingredientes activos en alrededor de 300 herbicidas comerciales. La presentación comercial de un herbicida consiste del ingrediente activo en un porcentaje conocido en formulaciones sólidas o en gramos por litro en formulaciones líquidas, además de un material inerte o disolvente y en algunas ocasiones emulsificantes y coadyuvantes. Es importante conocer el ingrediente activo de un herbicida, ya que puede presentarse en forma comercial con varios nombres, tal es el caso del glifosato que se comercializa con nombres como **Faena, Glyfos, Cufosato, Líder** y otros (tabla 1).

Tabla 1. Herbicidas más utilizados, ventajas y desventajas.

Método		Ventajas	Desventajas
Químico	Herbicidas	• Selectivo • Versátil • Económico • Alta efectividad	• Inversión inicial • Personal calificado
Manual	Arranque	• Bajo costo inicial	• Método lento • Gran necesidad de mano de obra • Posibilidad de rebrote
	Corte Manual	• Menor inversión inicial	• No controla las malezas, las poda • Gran necesidad de mano de obra • Rápida reinfestación (rebrotos vigorosos)
Mecánico	Topadora Rolo Desmalezadora	• Rapidez en la operación • Menor necesidad de mano de obra • Costo final alto	• Método no selectivo • No controla las malezas, las poda • Rápida reinfestación (rebrotos vigorosos) • Su uso depende de la topografía y grado de mecanización del área
Físico	Quema Inundación	• Bajo costo	• Riesgo de quema de alambrados y campos vecinos • Disminución de la fertilidad potencial del suelo • Favorece la germinación e instalación de malezas

Época de aplicación de herbicidas

Los herbicidas también pueden agruparse de acuerdo a su época de aplicación basada en el estado de desarrollo del cultivo y/o maleza. A continuación se discuten las diferentes épocas de aplicación de herbicidas.

Herbicidas de pre-siembra foliares

Son herbicidas que se aplican antes de la siembra de los cultivos para eliminar a la vegetación existente. El glifosato y el paraquat son los herbicidas comúnmente aplicados en esta época. Estos herbicidas no son selectivos y no dejan residuos en el suelo, lo que hace posible su uso sin afectar a los cultivos sembrados posteriormente. El paraquat es un herbicida de contacto, usado para el control de maleza anual y glifosato es sistémico, por lo que es usado para el control de maleza anual y perenne.

Herbicidas de pre-siembra al suelo

Estos herbicidas son aplicados antes de la siembra del cultivo y generalmente requieren incorporación mecánica al suelo para situarse en los primeros 5 a 10 cm de profundidad y evitar su degradación por la luz o su volatilización. Normalmente, estos herbicidas tienen poca solubilidad en agua, por lo que la lluvia o riegos no los lixivian o mueven en el suelo.

Este tipo de herbicidas afecta a las semillas de maleza al germinar o emerger sin afectar al cultivo, el cual debe ser sembrado por debajo de la capa de suelo donde se sitúa la mayor concentración del herbicida.

La incorporación mecánica de los herbicidas se realiza por medio de un paso de rastra de discos o cultivadora rotativa y se logra una mejor distribución de los productos en suelo seco. Un buen ejemplo de este tipo de herbicidas son trifluralina y pendimetalina de amplio uso en soya.

Herbicidas pre-emergentes

Son los herbicidas que se aplican después de la siembra, pero antes de que emerjan la maleza y la soya. Los herbicidas pre-emergentes requieren de un riego o precipitación en los primeros 10 días después de su aplicación para situarse en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, donde germina la mayor parte de la semilla de maleza. Este tipo de herbicidas elimina a las malas hierbas en germinación o recién emergidas, lo que evita la competencia temprana con el cultivo.

Los herbicidas pre-emergentes presentan una gran interacción con algunas características del suelo como son: textura, pH y materia orgánica que pueden afectar la cantidad de herbicida disponible en el suelo para controlar la maleza. Por lo general la dosis de este tipo de herbicidas se ajusta según el tipo de suelo, contenido de materia orgánica y pH del suelo, requiriendo una mayor dosis en suelos arcillosos y con alto contenido de materia orgánica y menor dosis en suelos alcalinos. La elección de los herbicidas pre-emergentes depende de las especies de maleza observadas en ciclos anteriores, de las características del suelo y la

rotación de cultivos. Es común el uso de mezclas de herbicidas pre-emergentes para ampliar su espectro de control.

Algunos herbicidas pre emergentes controlan malezas hasta cuando estas tienen como máximo 2 hojitas.

A este grupo pertenecen herbicidas como **Ronstar, Machete, Goal. Prowl, Bolero, Rifit, Visor**, entre otros.

Su eficiencia depende de:

-  Banco de semillas que determina las especies a controlar, la preparación del suelo y la selección del herbicida.
-  Aplicación del herbicida proporcionando humedad para que actúe.
-  Uniformidad en la aplicación y distribución en el suelo.
-  Época oportuna de aplicación
-  Uso de boquillas y equipos adecuados.

Herbicidas post-emergentes

Si la maleza se presenta cuando los cultivos ya están establecidos es común que se requiera la aplicación de herbicidas post-emergentes (**POST**) para eliminarla y evitar su competencia y producción de nuevas semillas. Es importante señalar que en la mayoría de los casos, la aplicación de herbicidas **POST** debe realizarse sobre maleza en sus primeros estados de desarrollo (2 a 4 hojas) cuando es más susceptible a los herbicidas y su competencia es mínima.

Los herbicidas **POST** pueden ser más económicos para el productor al utilizarse sólo donde se presenta la maleza. La actividad de los herbicidas **POST** depende de factores como su grupo químico, especies de malezas presentes y condiciones de clima como velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa y presencia de lluvia. Estos factores influyen para obtener un cubrimiento uniforme de la aspersión sobre la maleza y su posterior absorción. El cubrimiento adecuado de la maleza es más crítico con el uso de herbicidas **POST** de contacto que con los de acción sistémica. Las condiciones óptimas para lograr un buen control de maleza con los herbicidas **POST** son: maleza en sus primeras etapas de desarrollo y en crecimiento activo, temperatura del aire de 20 a 30° C, humedad relativa mayor de 60%, buena humedad del suelo y ausencia de rocío sobre la maleza y ausencia de lluvias por 4 a 6 horas después de la aplicación. Por ejemplo se aplican después de que el arroz y las malezas han emergido del suelo, la post emergencia es **temprana** cuando se aplican herbicidas con malezas entre 1 y 2 hojas. La post emergencia es **mediana** cuando se aplican herbicidas sobre malezas que tengan entre 3 y 5 hojas pero con máximo una macolla. La post emergencia es **tardía** cuando se aplican herbicidas sobre malezas con más follaje y más de una macolla.

Recuerde que el control de malezas debe realizarse hasta los 30 días de edad del cultivo, aplicaciones más tarde son costosas, poco eficientes y afectan el desarrollo y el rendimiento del cultivo.

Controle las malezas en pre siembra, en pre emergencia y hasta cuando tengan entre 1 y 2 hojas.

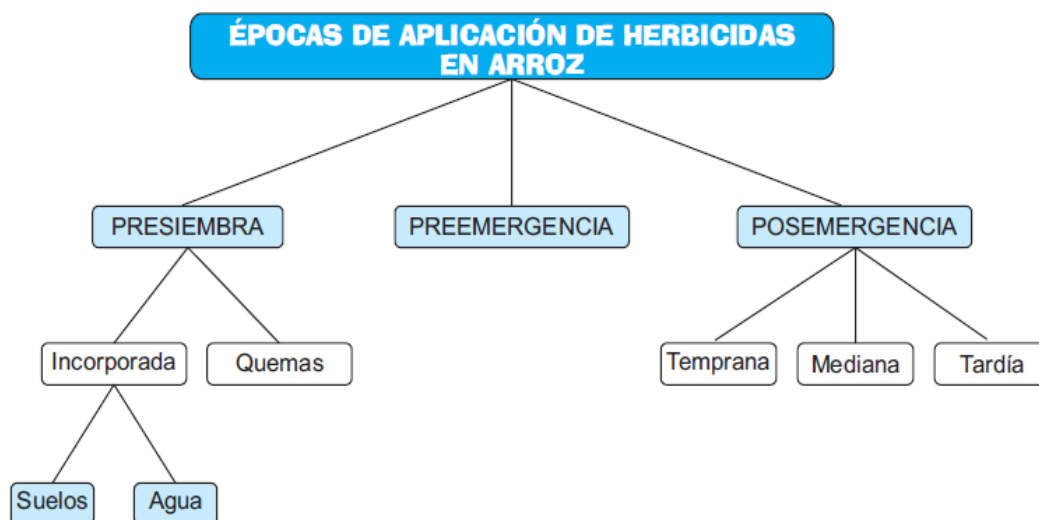


Figura 1. Épocas de aplicación de herbicidas.

Formas de aplicación

Aplicación generalizada: Con este método se cubre la superficie completa, requiere de grandes cantidades de herbicida, por lo tanto, mayor costo por superficie. En el caso de no haber ningún cultivo se aplican herbicidas de amplio espectro tal como el **glifosato** o **gramoxone**.

Aplicación en banda: la aplicación se hace en la cama con herbicidas de amplio espectro utilizando sistemas para evitar que el herbicida tenga contacto con el cultivo o con herbicidas selectivos que no causan daño al cultivo, haciendo la aplicación directa al cultivo. Esta forma de aplicar herbicida reduce el costo por superficie.

Aplicación en manchones: este método se utiliza cuando hay manchones de malezas y se puede aplicar herbicida de amplio espectro o selectivo, según el caso.

Aplicación foliar: La aplicación se hace en las hojas y pueden ser herbicidas de contacto cuyo efecto es igual aunque la malezas no esté en óptimas condiciones de crecimiento o sistémicos en los cuales la maleza deberá estar en óptimas condiciones de crecimiento, es decir, temperatura y humedad adecuada. Normalmente se agrega adherente, dispersante y reguladores de pH para incrementar la efectividad del herbicida, principalmente en malezas que tienen pubescencia, ceras o pendientes muy pronunciadas en sus hojas.

La diferencia entre un herbicida de contacto (gramoxone) y sistémico (2-4-D), es que en si cae una gota del primero sobre una hoja de tomate se dañará solamente la porción de la hoja. En cambio si cae una gota del sistémico en una hoja de tomate, el efecto será en toda la planta. Es importante no utilizar 2-4-D en equipos de aplicación de herbicida en hortalizas debido a que tiene una alta residualidad a muy bajas dosis (parte por millón) causa daños severos a cultivos hortícolas tales

como el tomate, chile y tomatillo. Los herbicidas de contacto normalmente son más efectivos contra malezas anuales y los herbicidas sistémicos en malezas perennes.

Aplicación al suelo: Los herbicidas aplicados al suelo entran a las malezas por su sistema radicular, por lo que deberá estar en contacto con la semilla. Los factores que más afectan este tipo de herbicidas son la humedad del suelo, textura del suelo (mayor efecto en arena y menor en arcilla), porcentaje materia orgánica (menor efecto con mayor materia orgánica) y temperatura (mayor efecto con alta temperatura).

Debemos tener mucho cuidado con herbicidas aplicados en otros cultivo tales como maíz en donde es común utilizar atrazinas que es selectivo pero causa mucho daño en hortalizas y tiene una gran residualidad en los suelos (2 o 3 años). La residualidad de los herbicidas aplicados al suelo depende de la actividad microbiana, textura del suelo, lixiviación, volatilización, descomposición química y fotodescomposición.

La textura del suelo es muy importante en la efectividad del herbicida, por ejemplo en un suelo arenoso un herbicida soluble se lixivia ocasionando muy poco efecto en malezas.

En cambio en suelo arcilloso las moléculas se pueden adherir a los coloides del suelo y no entrar en contacto con las semillas de malezas o muy baja concentración que no surte efecto, pero su persistencia en el suelo es mayor. Normalmente la mayor degradación de los herbicidas ocurre con suelos con temperatura moderada a alta, bien aireada, fértil, favorables para un buen crecimiento del cultivo y maleza. En cambio su persistencia es mayor cuando el suelo es frío, poca actividad de microorganismos, poco aire y poco crecimiento del cultivo o maleza.

Existen varias formas de actuar de los herbicidas, sin embargo, en este caso sólo se describirán en forma breve los más utilizados en cultivos de hortalizas.

1.- Contacto: En este caso el herbicida deberá estar en contacto con lo que queremos controlar, es decir, solamente seca las porciones de la planta en donde se aplicó el herbicida.

Es muy común utilizarlo en papa antes de la cosecha y de pretrasplante, pero debemos estimular el crecimiento de las malezas con riegos. El herbicida más comúnmente utilizado es el gramoxone. Las condiciones climáticas y condiciones de crecimiento no afectan el efecto de estos herbicidas.

2.-Trastornos en la germinación: La mayoría de los herbicidas utilizados en pretrasplante o preemergencia tienen este principio. Lo que hace es que alteran el proceso de germinación de las malezas (selectivo como Prefar y Dacthal) o de todas las plantas (trifluralina). Para que funcionen deberá haber humedad y temperaturas adecuadas para el crecimiento de las malezas y el cultivo.

3.- Sistémicos: Los herbicidas sistémicos pueden ser de espectro amplio (glifosato) o selectivos (sencor, select, fusilade, etc.). En ambos casos las condiciones para el crecimiento de la maleza y el cultivo deben ser favorables, es decir, buena humedad y temperatura.

Además, para una mayor eficiencia la maleza deberá estar en etapa temprana de su crecimiento (lo ideal es de 10 a 15 cm), antes de que inicie su floración.

Clasificación de herbicidas. Comportamiento de los herbicidas en la planta.

Clasificación de los herbicidas

Por la toxicidad

De acuerdo a la toxicidad los podemos clasificar según la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación toxicológica de los herbicidas

COLOR ETIQUETA	CATEGORIAS	TOXICIDAD
ROJO	Categoría toxicológica I	Extremadamente tóxicos Ej: Gramoxone, kafir
AMARILLO	Categoría Toxicológica II	Altamente tóxicos Ej: Amina, Combo, Esteron, Nomine
AZUL	Categoría Toxicológica III	Medianamente tóxicos Ej: Propanil, Glifofed, Clincher, Tordon, Ally, Prowl, Machete, Bolero, Ronstar
VERDE	Categoría Toxicológica IV	Ligeramente tóxicos Ej: Goal.

Comportamiento de los herbicidas en el suelo

Calidad de las aplicaciones de herbicidas

Todos los herbicidas han sido evaluados y cada uno de ellos tiene su especificidad es decir están diseñados para controlar algunas malezas cuando se usan en su época oportuna en las dosis recomendadas.

Eficacia de un herbicida

La eficacia de un herbicida depende enormemente de la aplicación:

- 1. Calidad de agua:** utilice aguas limpias, si el agua está turbia o embarrada, el barro retiene al herbicida e impiden que llegue a la maleza y las gotas en la aplicación no son uniformes por el taponamiento de las boquillas.
- 2. Utilice la boquilla adecuada** con el ángulo y la descarga ideal para herbicidas. No abra huecos a las boquillas
- 3. Utilice las varillas** o aguilonos con ángulo, no rectas.

4. **Mantenga el paso y la altura** del aguilón constantes.
5. **Utilice las dosis recomendadas** no las aumente o las disminuya pues ocasionará que las malezas sean resistentes a los herbicidas.
6. **No aplique el mismo herbicida dos veces** en la misma cosecha ni en cosechas sucesivas.
7. **Utilice diferentes épocas** de aplicación y clase de herbicidas
8. **Evalúe el control y determine la eficacia** de la aplicación
9. **Calibre su aspersora** antes de cada aplicación.

Calibración de la Aspersora

Antes de utilizar la aspersora revise el mecanismo antes de calibrarla. Chequee los tanques, las mangueras, uniones y abrazaderas, deben estar en perfectas condiciones.

El equipo se debe lavar y el tanque se debe llenar con agua limpia para la calibración.

Para calibrar su aspersora siga los siguientes pasos:

1. Mida con un metro y marque un área de un metro de ancho por diez metros de largo (10m²).
2. Llene la aspersora con un volumen conocido de agua (ejemplo 5 litros)
3. De a la aspersora la presión deseada.
4. Aplique con agua en el área que marcó, al paso y altura como si estuviera aplicando en el lote.
5. Mida el agua sobrante y calcule el agua que gastó.
6. Repita esta operación 3 veces para ajustar la velocidad y obtener el promedio de agua gastada.
7. Calcule el agua que necesita para aplicar una hectárea de la siguiente manera:

$$\text{Lt/Ha} = \frac{\text{Agua gastada en litros} \times 10.000 \text{ m}^2/\text{Ha}}{\text{Area aplicada en metros cuadrados}}$$

Ejemplo = si en un área marcada de 100m se gastaron 3 lt. de agua, entonces:

$$\text{Lt/Ha} = \frac{3 \text{ lt} \times 10000 \text{ m}^2/\text{Ha}}{100 \text{ m}^2}$$

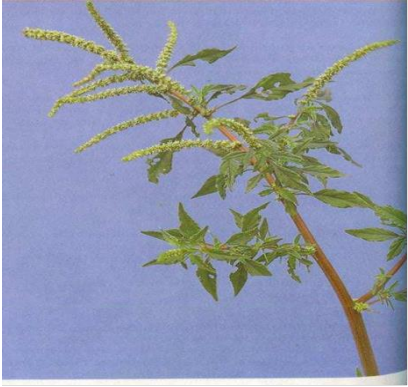
$$\text{Lt/Ha} = 300$$

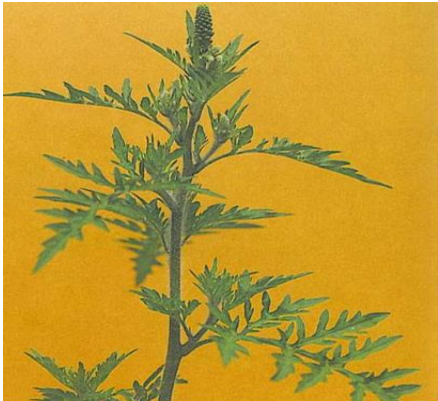
Esto quiere decir que para aplicar una hectárea al paso de velocidad seleccionada se necesitan 300 Lt de agua para 1 Ha.

La descarga depende de la boquilla utilizada, utilice boquillas originales y apropiadas para cada pesticida.

Clasificación de las malezas



<i>Acalypha alopecuroides</i> Flia: Euphorbiaceae Cadillo de mazorca, Mazorquilla Toxico: Nitritos y Nitratos  A photograph of a green plant with opposite, ovate leaves and a terminal, branched inflorescence. The leaves have serrated margins and prominent venation.	<i>Achyranthes indicus</i> Flia: Amaranthaceae Rabo de ratón, mozotillo Tóxicos: Nitritos y Nitratos  A photograph of a plant with a dense, upright growth habit, featuring small, opposite leaves and a terminal, branched inflorescence. The background is a warm, orange-yellow color.
<i>Amaranthus dubius</i> Flia: Amaranthaceae Bledo, Bledo blanco Toxico: Nitritos y Nitratos  A photograph of a plant with a dense, upright growth habit, featuring small, opposite leaves and a terminal, branched inflorescence. The background is a dark, green color.	<i>Amaranthus spinosus</i> Flia: Amaranthaceae Bledo espinoso Toxico: Nitritos y Nitratos  A photograph of a plant with a dense, upright growth habit, featuring small, opposite leaves and a terminal, branched inflorescence. The background is a solid blue color.

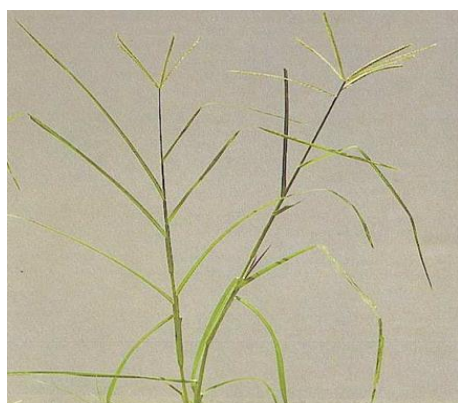
<i>Ambrósia artemisufolia</i> Flia. Compositae Altamisa, Amargosa, Artemisa Toxico: Alcaloides, Taninos 	<i>Asclepias curassavica</i> Flia: Amarantaceae Mata Caballo, Algodoncillo Toxico: Alcaloides (Asclepiadina) 
<i>Commelina diffusa</i> Flia: Commelinaceae Siempre viva, Suelta con suelta, Ramatillo Toxico: No Determinado, Diurético 	<i>Cyperus diffusus</i> Flia: Cyperaceae Coquito, Paja cortadera Toxico: Nitritos y Nitratos 

Elusine indica

Flia: Gramineae

Pata de gallina, Paja de burro

Toxico: Nitritos y Nitratos

*Mimosa somnians*

Flia: Leguminosae

Uña de gato, Zarza

Toxico: Alcaloides (mimosina), Taninos

*Portulaca oleracea*

Flia: Portulacaceae

Verdolaga

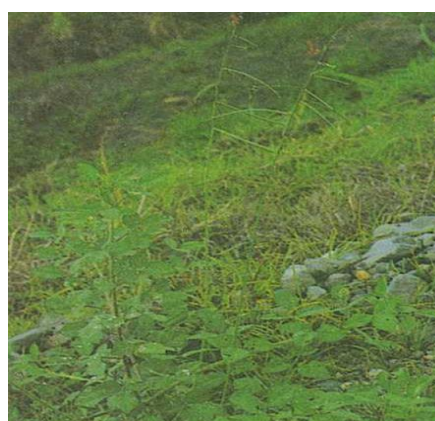
Toxico: Oxalatos

*Phaseolus lathyroides*

Flia: Leguminosae o (Fabaceae)

Frijolillo

Toxico: Nitritos y Nitratos, Alcaloides



PRÁCTICA No. 4

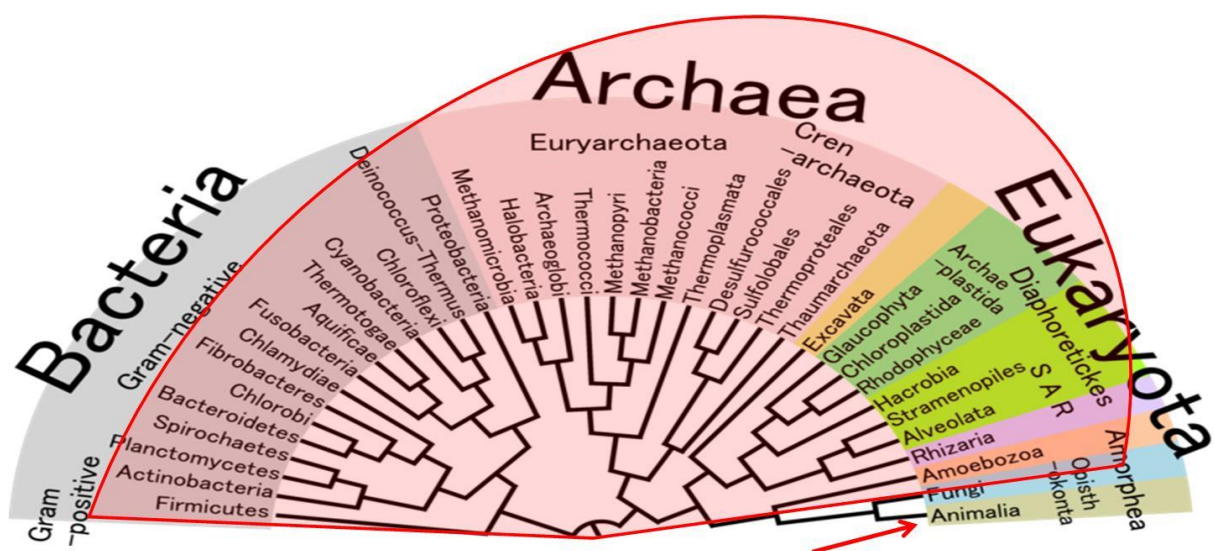
MALEZAS EN LOS CULTIVOS

Procedimiento:

1. Cada grupo de los participantes recolecta las malezas encontradas en el cultivo, colectando malezas de diferentes partes de la parcela.
2. Según sus conocimientos, clasifican las muestras encontradas en el campo en hojas anchas, hoja angosta y su tipo de reproducción (por semillas o partes de la planta).
3. Comparan raíces de las malezas con las del cultivo establecido.
4. Discuten como compiten por agua, luz y nutrientes con los cultivos.
5. También discuten los beneficios que algunas malezas desempeñan en el campo.
6. Visitan en la parcela un lugar donde haya buena población de cultivo y otro en el que no lo hay. En grupo, discuten ¿en qué lugar hay mayor presencia de malezas y por qué?

UNIDAD V

TIPOS DE MICROORGANISMOS



Fuente: Gentileza del Dr. José Antonio castillo – Docente Universidad Yachay Tech, Ecuador

UNIDAD V

TIPOS DE MICROORGANISMOS

Julio Gabriel, Jéssica Morán, Alfredo Castro

Introducción

Esta unidad fue escrita tomando como base una obra clásica como es la de Carrillo (2003), Ferrera – Cerrato y Alarcón (2014) y otros investigadores del mundo, que contribuyeron con sus investigaciones valiosas sobre microorganismos.

Se sabe que los ambientes capaces de albergar vida microbiana reflejan el amplio espectro de la evolución de estos organismos. Se han encontrado especies que viven a temperaturas comprendidas entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua, en agua salada y en agua dulce, en presencia y en ausencia de aire. Algunos han desarrollado ciclos de vida que incluyen una fase de latencia en respuesta a la falta de nutrientes.

Los microorganismos se hallan capacitados con una extensa gama de reacciones metabólicas y adaptarse a muchos ambientes diferentes. Puede ser transportado por las corrientes de aire y estar en todas partes.

Existen varias clases de microorganismos: mohos, levaduras, bacterias, actinomicetos, protozoos, algas, virus, viroides y otros.

El suelo es uno de los ambientes donde un conjunto de microorganismos compiten entre sí para obtener lo que todos ellos necesitan: nutrientes y energía. Al mismo tiempo, los productos de su metabolismo alteran la composición química del suelo donde habitan. Más aún, los propios microorganismos evolucionan en respuesta a la presión del ambiente. En un suelo agrícola están presentes unos 1000 organismos por g de suelo y constituyen una biomasa de aproximadamente 1500 kg por ha. Un gramo de suelo fértil puede contener 5 m de micelio fúngico, 108 células bacterianas, 106 esporos de actinomicetos.

En los animales monogástricos la población bacteriana alcanza su máximo nivel en el intestino grueso y el impacto metabólico de la microbiota es considerable. En el rumiante la acción de los microorganismos contenidos en el rumen es aún más espectacular, pues al degradar la celulosa permiten al animal alimentarse de forrajes.

Numerosas especies bacterianas y algunas veces incluso algas microscópicas o protozoos, proliferan en las superficies expuestas a la humedad formando un biofilms de microorganismos contenidos en una matriz de polisacáridos, cuyo espesor puede oscilar entre algunos micrómetros y pocos milímetros, que se adhiere fuertemente a la base. Los biofilms se forman en todas las superficies sumergidas, tanto en agua dulce como de mar, o bien sobre soportes constantemente húmedos tales como paredes de la cañería de agua, pisos o

dientes. El 99% de toda la actividad microbiana en un ecosistema abierto ocurre sobre las superficies.

Los mohos y levaduras forman parte de los hongos. Las levaduras son unicelulares en condiciones normales mientras que los mohos crecen como un sistema ramificado de filamentos (micelio). Se trata de organismos eucarióticos cuyas células, al igual que las de vegetales y animales, tienen un núcleo cerrado por una doble membrana porosa y llevan como mínimo dos cromosomas, a más de veinte en algunas especies. Las eubacterias y los actinomicetos son procarióticos. Sus células carecen de membrana nuclear y mitocondrias, además poseen un solo cromosoma que se encuentra libre en el citoplasma (nucleoide) y una pared celular rígida.

Las células de los procariotas son, en general, mucho menores que las de los eucariotas; unas 10 veces menor en medidas lineales y por lo tanto unas 1000 veces menor en volumen.

Los protozoos del suelo se alimentan de bacterias y presentan movimientos ligados a la fagocitosis que es la ingestión de partículas mediante invaginación de la membrana citoplasmática y formación de vesículas intracelulares.

Las eubacterias presentan diversa morfología: esférica, cilíndrica, espiralada e incluso filamentosa. Los actinomicetos incluyen muchos géneros que desarrollan en forma de delgado micelio.

Las eubacterias son organismos pequeños, que miden uno o varios micrómetros. Las levaduras, en cambio, miden entre 6 y 12 μm . Los mohos son pluricelulares y aunque sus células aisladas miden a lo sumo 25 μm de largo, su conjunto se distingue a simple vista. Los hongos con reproducción sexual pueden tener cuerpos fructíferos de tamaño notable como los champiñones y otras setas, formados por millones de células.

Reinos y dominios

Las dificultades lógicas para ubicar a los microorganismos en los vegetales o los animales desaparecieron al admitir un tercer reino, el de los protistas. Este reino incluía a todos aquellos organismos que se diferencian de las plantas y los animales, por su falta de especialización morfológica, siendo la mayoría unicelulares. Luego los protistas fueron divididos en dos grupos claramente definidos sobre la base de su estructura celular. Los eucarióticos eran protistas superiores. Este grupo comprendía a los protozoos, hongos y algas. Los procarióticos eran protistas inferiores e incluían a las diversas bacterias y cianobacterias. Otra clasificación de los seres vivos estaba fundada en el reconocimiento de cinco reinos.

Los estudios ultraestructurales, bioquímicos y de la biología molecular hicieron insostenible la permanencia de estos reinos, y los procariotas fueron ubicados en los dominios Bacteria y Archaea mientras que el dominio Eukarya comprende a los microorganismos en tres reinos. La importancia de esto último radica en que los organismos estudiados por los fitopatólogos han sido distribuidos entre los reinos

Chromista, Fungi y Protozoa, aunque se ha sugerido transferir los hongos que están en Chromista al nuevo reino Straminipila.

Los virus no fueron considerados pues son partículas acelulares, diferentes de todos los otros microorganismos, que pueden proliferar y replicarse solamente dentro de células vivas. Por otra parte, parece que las células eucarióticas surgieron de antepasados procarióticos, pues hay pruebas del origen bacteriano de mitocondrias y cloroplastos.

Dominio	Reino	Tipo celular	Ejemplos
Archea		procariótico	arquibacterias
Bacteria		"	eubacterias, actinomicetos, mixobacterias, cianobacterias
Eukarya	Chromista	eucariótico	oomicetos, algas
	Protozoa	"	mixomicetos, protozoos
	Fungi	"	levaduras, mohos, setas, bejines
	Plantae	"	musgos, hepáticas, coníferas, plantas con flores
	Animalia	"	esponjas, corales, gusanos, moluscos, insectos, vertebrados

Fuente: Carrillo (2003)

Organismos procarióticos

La célula procariótica tiene solamente dos sistemas internos principales: una molécula circular de ADN con cadena helicoidal doble y un citoplasma no diferenciado donde se halla inmerso ese ADN. La longitud del anillo de ADN que codifica toda la información genética de la célula apenas es superior a un milímetro. El citoplasma contiene gran número de ribosomas, gránulos constituidos por ARN y proteínas, que cumplen la función de enlazar los aminoácidos formando proteínas. Los ribosomas procarióticos son más pequeños que los eucarióticos.

La replicación del ADN comienza cuando ambas cadenas se separan, permitiendo la síntesis de una cadena complementaria a cada una de ellas mediante la ADN polimerasa. La nueva hélice es un híbrido consistente de una cadena original y una recién formada (replicación conservativa). La duplicación del cromosoma de *Escherichia coli* en condiciones favorables tarda 20 minutos. Un gen (unidad de información genética), está representado por una secuencia específica del ADN y determina la estructura de un polipéptido. El conjunto de genes se denomina genoma.

La información contenida en la secuencia del ADN es transferida al ARN mensajero (ARNm) durante la transcripción. Los aminoácidos son reunidos en una cadena polipeptídica según la secuencia determinada por el ARNm en un proceso de traducción que implica la participación del ARNt (ARN que transfiere los aminoácidos), los ribosomas, varias enzimas y ATP.

Los microorganismos procarióticos poseen una cubierta celular muy diferente de la de los eucariotas. Las paredes celulares de muchos de los procariotas poseen un componente químico común, el péptidoglucano (mureína), que es el responsable

de la forma y consistencia de la pared. El péptidoglucano es un extenso polímero que se halla integrado por b-subunidades alternas de N-acetilglucosamina (que es también el constituyente de la quitina en los eucariotas) y el ácido N-acetilmurámico. Esta última molécula es similar a la N-acetilglucosamina, pero tiene una unidad de ácido láctico unida al tercer átomo de carbono de la glucosa. El ácido láctico sirve como punto de unión de una cadena lateral lineal constituida por cuatro aminoácidos D o L. Las moléculas de péptidoglucano que rodean la célula están entrelazadas por puentes formados por los aminoácidos. Algunas bacterias filamentosas forman una envoltura tubular constituida por heteropolisacáridos que se conoce como vaina.

La flexibilidad metabólica de una bacteria es enorme. Debido al pequeño tamaño, una bacteria esférica tiene espacio para no más que cien mil moléculas de proteínas. Las enzimas no están corrientemente dentro de la célula, sino que su síntesis es inducida por la presencia del sustrato en el ambiente.

Eubacterias

La cantidad de péptidoglucano de la pared de las células bacterianas varía enormemente, desde el 90% en la pared de algunas bacterias gram-positivas hasta menos del 10% en las bacterias gram-negativas. El término Gram-positivo hace referencia a la capacidad de ciertas bacterias de retener el colorante violeta cristal en presencia de yodo cuando se agrega alcohol, al hacer la coloración de Gram sobre un portaobjetos con las bacterias fijadas. Las bacterias negativas no retienen a este colorante. La penicilina y otros antibióticos b-lactámicos que interfieren con la biosíntesis de la pared celular llevan a la producción de protoplastos carentes de pared celular bajo condiciones osmóticas apropiadas. El término esferoplasto se usa para los casos en que persisten restos de pared.

La pared celular de las bacterias Gram-positivas contiene pequeñas cantidades de proteínas y polisacáridos, a menudo también ácidos teicoicos (polímeros de ribitol-fosfato o glicerol-fosfato unidos mediante enlaces fosfodiéster) o de ácidos teicourónicos. Estos ácidos están unidos al péptido-glucano por los fosfatos. En las proteobacterias (Gram-negativas) la capa interna de la pared celular es pobre en péptidoglucano y la capa externa rica en lipoproteína y lipopolisacáridos, los cuales constituyen más del 80% del peso seco de la pared. El espacio entre la membrana externa y la capa de péptidoglucano, llamado periplásmico, contiene un gran número de proteínas enzimáticas. La capa de péptido-glucano está rodeada por una membrana externa compuesta de lípido A y fosfolípidos con proteínas en túnel (porinas) que la atraviesan.

El lípido A consiste de un disacárido de glucosamina cuyos grupos hidroxilo están esterificados con ácidos grasos de 12, 14 ó 16 carbonos. Los micoplasmas son organismos parecidos a bacterias pero carentes de pared celular y parecen protoplastos, pero son más resistentes a la lisis osmótica debido a la naturaleza de su membrana citoplasmática, la que contiene esteroides en un grupo y carotenoides u otros compuestos en los demás.

La membrana citoplasmática bacteriana contiene alrededor del 70-90% de los lípidos celulares mientras que la membrana constituye solamente 8-15% del peso celular seco.

La membrana, con un grosor de 5 nanómetros, consiste de una doble capa lipídica con los extremos hidrofóbicos de los fosfolípidos en el interior y las cabezas hidrofílicas expuestas sobre ambas superficies. También tiene incorporadas proteínas que la atraviesan o están inmersas parcialmente en ella. Otras proteínas unidas a la membrana son conocidas como proteínas periféricas. Las sustancias hidrofóbicas difunden fácilmente pero no los iones. Las proteínas de la membrana intervienen en la entrada y salida de sustancias de la célula, y son específicas para un grupo de moléculas estrechamente relacionadas.

La membrana citoplasmática se extiende y repliega hacia el interior del citoplasma formando los sitios de la generación de energía respiratoria (mesosomas) y fotosintética (tilacoides y cromatóforos) en las bacterias que posean tales actividades metabólicas.

Otras bacterias (por ejemplo *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*) tienen paquetes de láminas paralelas, algunas de las cuales están conectadas a la membrana citoplasmática.

Muchas bacterias están dotadas de flagelos que les permiten moverse, insertados en la superficie celular. Si los flagelos se encuentran concentrados en un extremo de la célula se denominan polares; si están distribuidos por toda la superficie celular, reciben el nombre de peritricos.

Los flagelos posibilitan la quimiotaxis, que es el movimiento hacia la fuente de nutrientes o el alejamiento de un entorno químicamente hostil. La proteína del flagelo, flagelina, está unida a un gancho asociado a un cuerpo basal que causa el movimiento giratorio del flagelo. La base del flagelo está anclada en la membrana citoplasmática, asociada en las gran-negativas al péptido glucano y a la membrana externa para estabilizar la estructura flagelar. Las bacterias sin flagelos carecen de movimiento excepto aquellas que se deslizan sobre el sustrato. La superficie bacteriana gran-negativa también suele tener otras estructuras proteicas filamentosas las fimbrias o pili la que participan en la adhesión a diversas superficies, por ejemplo las mucosas animales, y los pelos de conjugación o pili F. A veces las bacterias acumulan capas de polisacáridos sobre la superficie exterior (ejemplo *Xanthomonas*), pero algunas tienen una cápsula polipeptídica (ejemplo *Bacillus*). La cápsula no es esencial para la vida y no siempre está presente. Para observarla se suspende al microorganismo en una solución de nigrosina o rojo Congo y como la cápsula no es teñida se ve como un halo claro alrededor de la célula. En muchos casos el material capsular puede ser separado en forma de limo, por agitación u homogeneización. Por ejemplo, *Leuconostoc mesenteroides* convierte rápidamente a una solución de azúcar de caña en una jalea de dextrano (1,6- α -glucano). Por otra parte *Acetobacter aceti* var. *xylinum* secreta celulosa formando una cubierta coriácea que rodea a las células y da cohesión a la colonia.

Numerosas eubacterias y también arqueobacterias, poseen una envoltura exterior proteica o capa S que suelen perder en las condiciones óptimas del laboratorio.

Esta capa favorece la adhesión al sustrato para permitir la acción de las exoenzimas y a la virulencia de las bacterias patógenas.

Un pequeño grupo de eubacterias que se encuentran en el suelo (*Bacillus*, *Clostridium*, *Sporosarcina*, etc.) poseen endosporos. Son paquetes de ADN y otras moléculas que pueden permanecer en estado latente por muchos años, y resultan altamente resistentes al calor (incluso al agua hirviendo), productos quimiotóxicos y otros agentes que ocasionan la muerte a las células. Ya en el ambiente apropiado, el endosporo puede dar origen a una nueva bacteria. Si se calienta una suspensión de suelo a 80-100°C durante 10 minutos, sólo sobreviven los endosporos bacterianos. Éstos contienen ácido dipicolínico, una sustancia no hallada en la forma somática, en la proporción de 10-15% del peso seco del esporo. Son varias las cubiertas que rodean al citoplasma del endosporo: membrana citoplasmática, pared celular, córtex (péptidoglucanos), envoltura interna, envoltura externa (polipéptidos) y, en ocasiones, exosporio.

Los plásmidos son pequeños anillos (hay algunos lineales) de ADN extracromosomal que se multiplican independientemente en las células que los alojan y pueden portar genes que confieren ciertas ventajas a las mismas, por ejemplo resistencia a los antibióticos. Las bacterias hospedadoras a su vez, dejan que el ADN plasmídico se replique en ellas hasta cierto punto, asegurando así la presencia continuada del plásmido en las células hijas. Los tumores de las plantas producidos por la infección con *Agrobacterium tumefaciens* se deben al plásmido Ti que es el agente infeccioso real. El ADN plasmídico penetra en la célula vegetal y parte del mismo se incorpora al genoma de la planta. Este proceso se llama transformación oncogénica. La parte integrada del plásmido lleva la información para la producción de opinas que son sustancias utilizadas solamente por la bacteria. Otra especie, *Agrobacterium rhizogenes* desencadena el crecimiento anormal de las raíces mediante el plásmido Ri.

La conjugación es una forma de transferencia de genes y para que se produzca debe haber contacto entre las células bacterianas a través de los pili F o pelos de conjugación que retienen juntas a las células dadora y receptora. Los sistemas de conjugación en bacterias gram-negativas produce la transferencia de una parte del ADN del cromosoma o de un plásmido de la célula dadora a la receptora.

Las bacterias forman colonias características sobre la superficie del sustrato, que tienden a adoptar una forma circular creciendo por adición de células a su perímetro.

Al extenderse la colonia sobre el agar se observa que en el crecimiento participan unos elementos en anillos y otros en sectores. A todos los sectores los va formando, por propagación centrífuga, la progenie de un antepasado común. Algunos sectores se diferencian del resto porque las células difieren en su ADN de las de los sectores contiguos debido a mutaciones espontáneas. Las bacterias de un anillo comparten algunas propiedades entre sí pero no están emparentadas, pues tienen parentesco directo con las de las zonas precedente y la siguiente.

Las bacterias generalmente se multiplican por fisión binaria. Después del crecimiento de la célula, aparece el septo y las células se separan o permanecen

unidas con formas características: pares de bacterias, cadenas, paquetes cúbicos y acúmulos planos irregulares entre las bacterias esféricas (cocos), o pares y cadenas en las cilíndricas (bacilos). La multiplicación por brotación es rara en los procariotas pero se observa, por ejemplo, en la bacteria del agua estancada *Hyphomicrobium*.

La segregación del ADN es el proceso que distribuye igualitariamente el material genético en las células hijas. Es producida en las bacterias debido a un mecanismo parecido al mitótico. La replicación de los plásmidos en la célula, sobre el replisoma, entraña la formación de un complejo de separación o partición donde se adhiere el plásmido a una región centromérica. Una vez formadas las copias, éstas se alejan activamente unidas a las proteínas de partición hasta que la célula se divide. La división del cromosoma parece ocurrir de igual manera.

Género *Bacillus*

El género *Bacillus* fue descrito por primera vez por Cohn y comprende un grupo de especies filogenética y fenotípicamente heterogéneas. Incluye más de 100 especies⁸ y sus miembros se consideran ubicuos. En una etapa temprana de la clasificación de las especies del género *Bacillus* se tienen en cuenta dos características fundamentales: el crecimiento aerobio, la respuesta positiva a la tinción de Gram, la forma bacilar y la formación de endospora. Esto hace que exista una gran cantidad de especies de este género ocupando una gran variedad de hábitats. Debido a esto, la heterogeneidad en la fisiología, ecología y la genética dificulta la clasificación del género o la generalización sobre este.

Sobre la base de estudios moleculares de la secuencia del rRNA 16S, este género se ha subdividido en cuatro grupos. El primero pertenece a *Bacillus sensu stricto* en el cual se incluye *Bacillus subtilis* y otras 27 especies.

El segundo, también conocido como *sensu lato*, incluye bacilos formadores de esporas redondeadas, en el que se destacan las especies *B. cereus*, *B. thuringiensis* y *B. anthracis* y unidos a estos se encuentran algunos taxos asporógenos como *Caryophanon*, *Exiguobacterium*, *Kurtia* y *Planococcus* debido a que presentan cierta similitud con *Bacillus subtilis*. Por su parte, el grupo 3 está formado por 10 representantes, dentro de los que se encuentra *B. polymyxa* y *B. macerans*, los cuales se han reclasificado en un nuevo género, *Paenibacillus*. El grupo 4, se encuentra formado por especies que han sido reclasificadas en dos nuevos géneros *Aneuribacillus* y *Brevibacillus*. Por otra parte, se ha creado un nuevo género (*Virgibacillus*) en el que se ubicó la especie *B. pantothenicus*. Finalmente, se han descrito nuevas especies del género aisladas de diversos ecosistemas que incluyen a *B. mojaviensis* y *B. vallismortis*, *B. ehimensis* y *B. chitinolyticus*, *B. infernus*, *B. carboniphilus* y *B. horti*.

Arqueobacterias

Este grupo de procariotas en su bioquímica y en la estructura de los ribosomas, membrana y pared, difieren tanto de los procariotas como de los eucariotas. Se los denomina arqueobacterias pues algunas poseen un metabolismo particularmente adecuado a las condiciones que se supone prevalecieron en los primeros tiempos

de la vida sobre la tierra. Comprende tres clases muy diferentes: las metanógenas, las halófilas extremas y las termoacidófilas.

Las arqueobacterias no tienen péptidoglucano en la pared. La membrana está formada por lípidos no habituales, compuestos por un grupo glicerol ligado a dos cadenas de alquil-isoprenoides por un enlace tipo éter (-O-). Algunas de estas bacterias tienen histonas y nucleosoma de tipo eucariótico.

Las metanógenas (*Methanobacterium*, etc.) viven solamente en ambientes libres de oxígeno y liberan metano mediante la reducción del CO₂. Su apariencia externa es la de las demás bacterias pero su pared celular varía. Algunas metanobacterias contienen pseudomureína donde el ácido acetilmurámico está reemplazado por el ácido Nacetilalosaminurónico pero en otras predominan las proteínas o los heteropolisacáridos en la pared celular. Viven en estrecha asociación con otras bacterias, como los clostridios, que metabolizan materia orgánica en descomposición y desprenden hidrógeno como producto de desecho. Se encuentran en agua estancadas, en las plantas de tratamiento de aguas residuales, en la panza del ganado, en el intestino de los animales, en el fondo del océano y en los manantiales de aguas termales.

Las halófilas extremas son bacterias que, para sobrevivir, requieren elevadas concentraciones de sal. Algunas de ellas crecen fácilmente en salmuera saturada.

Pueden conferir color rojo a los estanques de evaporación donde obtiene la sal y alteran al pescado salado. Mantienen fuertes gradientes en la concentración de ciertos iones a través de la membrana celular y utilizan esos gradientes para transportar diversas sustancias hacia adentro o hacia afuera de la célula. Poseen un mecanismo fotosintético sencillo que se basa en un pigmento ligado a la membrana: la rodopsina bacteriana. La pared de *Halobacterium* está formada por proteínas pero la de *Halococcus* por heteropolisacáridos.

Entre las termoacidófilas se encuentra *Sulfolobus* que se halla en los manantiales de aguas termales sulfurosas. Crecen a más de 80°C y a pH inferior a 2. Otro género es *Termoplasma*, un micoplasma que sólo posee membrana celular y crece a más de 55°C.

El medio interior de la célula tiene un pH próximo a la neutralidad; ello exige mantener un considerable gradiente de pH a través de la membrana celular. El gradiente es empleado para bombear moléculas hacia dentro o fuera de la célula.

Actinomicetos

Los actinomicetos constituyen un importante grupo de organismos procarióticos habitantes del suelo y del material vegetal compostado. El género principal del grupo es *Streptomyces* cuyas especies suelen excretar antibióticos y el olor a tierra mojada se debe a compuestos volátiles fabricados por los mismos. Cuando se los cultiva en medio sólido, no sólo forman un fino micelio ramificado, sino que también producen una hifa aérea que se diferencia en cadenas de conidiosporos. Cada conidiosporo puede, a su vez, generar una colonia micelial. Otro género de interés es *Nocardia* cuyas colonias carecen de micelio aéreo o es escaso, con

unos pocos conidiosporos en los extremos de las cortas ramas hifales o sin ellos, y finalmente las hifas se fragmentan totalmente en elementos bacilares.

Thermoactinomyces, a diferencia de los otros géneros de actinomicetos, forma endosporos similares a los de *Bacillus* y *Clostridium*, en el extremo de pequeñas ramificaciones.

Nocardia, como la bacteria *Mycobacterium*, no se tiñe fácilmente por el colorante de Gram ni por otros, para colorearla se recurre al método de Ziehl Neelsen donde el colorante (fucsina fenicada) se aplica en caliente y con el fin de diferenciarla se decolora a los otros organismos con un ácido mineral diluido. Esto se debe a que el péptidoglucano está unido a los arabino-galactanos esterificados con ácidos micólicos de naturaleza cerosa.

Cianobacterias

Son organismos procarióticos, unicelulares o filamentosos (por reunión de células individuales adheridas por sus extremos) que contienen, además de la clorofila, un pigmento azulado llamado ficocianina. Están presentes en suelos, y aguas dulces o saladas. A veces colonizan ambientes extremadamente inhóspitos. Algunos convierten el nitrógeno atmosférico en compuestos que los vegetales aprovechan y fertilizan los campos y de manera muy especial los arrozales. Ciertas especies producen metabolitos secundarios tóxicos (por ej. un fosfato orgánico letal) que son liberados de las células en el tracto digestivo de los animales al beber agua con verdín.

Algunas son unicelulares adheridas por un limo o dentro de una cápsula, ej. *Gloeocapsa*. Otras también unicelulares generan múltiples beocitos en su interior, ejemplo *Dermocarpa*. Las que forman cadenas de células (tricomas) que pueden deslizarse, suelen tener células especiales donde ocurre la fijación del nitrógeno molecular (heterocistos) y células de reposo (acinetos), ejemplo *Nostoc*, o carecer de ellas, ejemplo *Oscillatoria*. Unas pocas tienen una vaina alrededor del tricoma. Los géneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* y *Nodularia* contienen especies tóxicas. En cambio el género *Spirulina* es comestible y apreciado por el alto tenor de proteínas, del orden del 50-60% del peso seco, con un aminograma similar al de la harina de soja. Las cianobacterias también pueden convivir en simbiosis con las plantas, debido a su capacidad de fijar el nitrógeno molecular, por ejemplo *Anabaena* en las cavidades dorsales de las hojas del helecho acuático *Azolla*, y *Nostoc* en los nódulos caulinares del arbusto tropical *Gunnera*.

Mixobacterias

Las mixobacterias son organismos sociales cuyas células son flexibles y no tienen una pared celular rígida, generalmente están embebidas en un limo espeso. Al desplazarse segregan un material mucoso extracelular que se convierte en grandes avenidas por donde avanzan miles de células. El movimiento es coordinado. Cuando la población emigra sobre el agar, se desplaza como una unidad indivisa. Incluso las especies que entran en letargo como esporos unicelulares, exhiben hábitos sociales durante buena parte de su ciclo vital. Muchas de ellas nunca se presentan aisladas, por el contrario, entran en una

etapa de letargo en forma de cisto pluricelular que luego germina y libera una nueva población de millares de mixosporos.

Las mixobacterias son organismos del suelo y los cuerpos fructíferos se encuentran sobre material vegetal en descomposición o estiércol. Algunas, como *Myxococcus*, forman cuerpos fructíferos como gotitas con menos de 1 mm de diámetro. Otras, como *Sporocytophaga* forman además de los bacilos delgados, unas células ovales como esporos llamadas microcistos. Pero *Cytophaga* no forma ni microcistos ni cuerpos fructíferos.

En el conjunto de la población de mixobacterias se dejan sentir ondas pulsátiles rítmicas. Las oleadas de mixobacterias que se acercan al centro o se alejan hacia el borde de la colonia en crecimiento, forman agregados en puntos específicos para construir los cistos o, en algunos géneros como *Chondromyces*, complejos cuerpos fructíferos. La producción de estas estructuras responde a cambios físicos y nutricionales en el ambiente. Las células perciben estos cambios y transforman esta percepción en una serie de hechos que implican agregación, construcción del cuerpo fructífero pluricelular y la conversión de las células alargadas en mixosporos redondos, resistentes y metabólicamente en reposo. Durante estos procesos monitorean la densidad celular, controlan el cronometrado de una serie de acontecimientos evolutivos, emprenden comportamientos tácticos, sufren autólisis evolutiva y se orientan en el espacio tridimensional. Las mixobacterias depredadoras se alimentan segregando enzimas en los huecos de las colonias para evitar su dilución en el medio acuoso, que disuelven la cubierta celular externa de otros microorganismos. Cuando éstos estallan, las mixobacterias absorben el contenido.

Organismos eucarióticos

Los cromosomas eucarióticos están asociados a una clase de proteínas básicas llamadas histonas, y experimentan movimientos en el momento de la división celular. Como en los procariotas, la información contenida en el ADN es transportada por los ARNm del núcleo hacia el citoplasma, donde esta información es descodificada y da lugar a la síntesis de las proteínas en los ribosomas.

Una célula eucariótica contiene orgánulos definidos por membranas que cumplen funciones esenciales, tales como las mitocondrias (producción la energía), el retículo endoplásmico (síntesis de proteínas en los ribosomas adheridos), el aparato de Golgi o dictiosoma (síntesis y almacenamiento de glicoproteínas), y en algas los cloroplastos (fotosíntesis).

Las proteínas son dirigidas hacia la ruta secretora por una secuencia terminal (señal péptido) que es reconocida por una partícula reconocedora de la señal. Después de la unión del complejo ribosoma-partícula a la membrana del retículo endoplásmico, el traslado continúa y el polipéptido naciente llega al lumen del retículo endoplásmico donde una endoproteasa específica quita la señal y, tiene lugar el ensamblaje (plegado y formación de puentes disulfuro) y la N-glicosilación de la proteína. Después las proteínas dejan el retículo endoplásmico en vesículas y son transportadas al aparato de Golgi donde ocurren ulteriores modificaciones.

De allí salen las proteínas para sus diversos destinos, otra vez en vesículas, hacia la membrana citoplasmática (secreción) o los lisosomas (digestión de moléculas).

La mayor parte de la energía obtenida por la oxidación de glucosa y ácidos grasos es transformada en energía química utilizable por la célula mediante la síntesis del trifosfato de adenosina (ATP) en la cadena respiratoria. Estas reacciones ocurren en las mitocondrias. Tienen dos membranas, la interna está invaginada en crestas. Los pliegues contienen los componentes de la cadena de transporte de electrones y la ATP sintasa. También un pequeño número de proteínas es sintetizado en los ribosomas de la matriz mitocondrial, la que contiene también su propio ADN pues estos orgánulos están dotados de la capacidad de multiplicarse.

Todas las estructuras se desplazan por el citoplasma a lo largo de pequeños tubos huecos, los microtúbulos, que son polímeros de tubulina nucleados por el centrosoma. La organización de los microtúbulos en flagelos y cilios, permite a algunos eucariotas unicelulares nadar en el medio en que se encuentra.

Mohos

Los mohos se caracterizan por tener núcleo verdadero, carecer de pigmentos fotosintéticos, poseer micelio con pared celular constituida por glucanos, quitosano y quitina (polímeros de glucosa, glucosamina y N-acetil-glucosamina, respectivamente). En pocas ocasiones la pared celular está constituida enteramente de quitina. La pared celular del micelio de los hongos semeja un extenso sistema tubular por el que avanza protegido el citoplasma para su dispersión y búsqueda de nutrientes.

Los elementos somáticos tubulares que constituyen el micelio reciben el nombre de hifas. Las hifas pueden estar separadas en secciones, generalmente multinucleadas, por medio de septos perforados o bien carecer de ellos. Los hongos pueden reproducirse tanto sexual como asexualmente. Los hongos asexuales (anamorfos) generan varias clases de esporas asexuales por mitosis del núcleo celular (mitosporas).

La morfología de las estructuras que contienen las esporas es muy variable y constituye una de las bases de la clasificación de los hongos. El micelio somático no es suficientemente discriminador para utilizarlo en la clasificación. El color de muchos mohos que viven en la materia orgánica en descomposición se debe al color de sus esporas asexuales. Éstas presentan varias tonalidades de color blanco, amarillo, azul, verde, rojo, pardo o negro.

Los mohos generan varias clases de esporas asexuales, mono o pluricelulares. Las esporas se desarrollan en los esporóforos, estructuras especializadas que se extienden en el aire a partir del micelio vegetativo, y las esporas se acumulan en el extremo superior de los mismos. Si las esporas están encerradas en un esporangio (en forma de bolsa) se las llama esporangiosporas. Los conidios son esporas externas o sea no están encerradas.

Al madurar, estas esporas son esparcidas por el viento. Muchos mohos pueden reproducirse también a través de esporas sexuales, generadas por meiosis, o división reductora, de un núcleo diploide (meiosporas). En la meiosis, el número

de cromosomas se divide por la mitad. Las esporas sexuales contienen sólo un cromosoma de cada par homólogo. La condición diploide se restablece cuando dos estructuras haploides se unen, completando el ciclo vital. Los mohos a los que no se les conoce ciclo sexual, se consideran hongos imperfectos.

Los mohos con estructuras reproductoras sexuales (teleomorfos) corresponden a tres grupos: ascomicetos, basidiomicetos y zigomicetos. Los ascomicetos producen sus esporas en ascos, que generalmente se forman dentro de un complejo cuerpo fructífero, el ascoma. De forma similar, los basidiomicetos desarrollan sus esporas sexuales externamente, en los basidios que se hallan en un complejo cuerpo fructífero: el basidioma. Pero este grupo también comprende a los carbones y las royas, organismos de interés agronómico por ser parásitos vegetales. Los zigomicetos producen zigosporas a veces visibles a ojo desnudo. En condiciones naturales, los mohos se reproducen en la mayoría de los casos asexualmente, las estructuras reproductoras sexuales sólo aparecen ocasionalmente en circunstancias favorables.

Levaduras

La mayoría de las numerosas especies de levaduras se han clasificado desde el punto de vista de la reproducción, que puede ser sexual o asexual. En la reproducción vegetativa, generalmente, una célula madre da lugar a diversas células hijas por la formación repetida de yemas en la superficie celular; en unas pocas levaduras la división asexual se hace por escisión celular luego de la duplicación del núcleo. Tres grupos de hongos acogen a las levaduras: los ascomicetos, los basidiomicetos y los hongos imperfectos. El primer grupo incluye las levaduras cuyas estructuras reproductoras sexuales son los ascos sencillos que contienen ascosporas. Una célula diploide de levadura sufre meiosis y forma de cuatro a ocho ascosporas, encerradas en el asco. Una ascospora es una célula haploide que al germinar genera una progenie de células haploides por mitosis (reproducción asexual). Las células de diferente polaridad sexual se combinan para formar un nuevo organismo diploide. Entre las levaduras que pertenecen a los ascomicetos se encuentra *Saccharomyces cerevisiae* empleada para la fabricación del pan y la fermentación alcohólica. Los basidiomicetos agrupan un número reducido de levaduras. Los hongos imperfectos incluyen levaduras que se reproducen sólo de forma asexual, ej. *Candida tropicalis*.

Macromicetos

Son hongos con cuerpos fructíferos (ascoma o basidioma) que se miden en centímetros. Entre ellos son de interés los que forman asociaciones simbióticas con árboles (ectomicorrizas), por ejemplo *Amanita*, *Boletus*, *Cortinarius*, *Lactarius*, *Russula*, *Scleroderma*, *Suillus*, *Tricholoma*, y los que crecen sobre troncos descomponiendo la madera, por ejemplo *Schizophyllum*, *Polyporus*, *Coriolus*, *Xylarius* mixomicetos son organismos eucarióticos mucosos que forman plasmodio y luego un cuerpo fructífero de colores destacados, sobre troncos y hojas en descomposición o postes viejos, de 0.5 a 1 cm.

La asociación celular en los hongos mucilaginosos está mediada por la interacción entre proteínas unidas a carbohidratos de una célula y receptores formados por

oligosacáridos específicos de otra. De este modo, la diferenciación de los hongos mucilaginosos desde una forma somática (unicelular) hasta la forma cohesiva (agregada) va acompañada de la aparición de lectinas y glicoproteínas específicas en la superficie celular.

Las esporas liberadas de los cuerpos fructíferos germinan sobre una superficie húmeda y producen mixoflagelados que nadan o bien mixamebas. Éstos se alimentan de los nutrientes líquidos o por fagocitosis de bacterias, levaduras, esporas fúngicas, etc. Las células flageladas pierden luego su flagelo y entran en un estado ameboide. Estas células son mononucleadas. Ocasionalmente se fusionan en pares para dar mixozigotos. Estas amebas diploides se fusionan para dar un plasmodio (estructura multinucleada). Luego el plasmodio da origen al cuerpo fructífero o esporangio con numerosas esporas haploides.

Protozoos

Los protozoos constituyen un grupo muy heterogéneo de microorganismos eucarióticos, unicelulares y móviles (con algunas excepciones). El ciclo de vida comprende dos fases: una de actividad, durante la cual se desplazan, nutren y reproducen; otra de reposo o enquistamiento. Se alimentan de bacterias, levaduras, algas y otros protozoos.

Se los agrupan en: rizópodos que se desplazan por pseudópodos (amebas y testáceos o foraminíferos), flagelados con uno o más flagelos, ciliados dotados de cilias y dos núcleos, y esporozoos parásitos. La población de flagelados y amebas es del orden de $10^3 - 10^5$ /g de suelo, la de ciliados 10^3 /g y la de rizópodos testáceos $10^3 - 10^4$ /g. Participan en el equilibrio biológico del suelo pues consumen grandes cantidades de bacterias, una ameba ingiere unas 40.000 bacterias entre cada división celular.

Algas

Son organismos fotosintéticos eucarióticos. Las algas del suelo viven en la proximidad inmediata a la superficie o sobre la misma. Predominan, arriba las diatomeas y abajo las clorofíceas y xantofíceas ubicuas. La humedad óptima es del 40 al 60% de la capacidad de retención del agua por el suelo. Las algas libres o liquenizadas constituyen el estado inicial de la vegetación rocas y suelos minerales infértiles.

Líquenes

Un liquen está constituido por un hongo (el micobionte) junto con una o más algas y/o cianobacterias (el fotobionte) viviendo en una relación simbiótica y formando un cuerpo estable e identificables líquenes.

Organismos acelulares

Virus

Un virus es una estructura submicroscópica de naturaleza proteica, lo que indica que tiene un ácido nucleico y una cubierta proteínica conocida como cápside. Hay muchas clases de virus y se los puede agrupar por el tipo de material genético que portan.

Algunos tienen una molécula de ARN monocatenario (cadena "más") compuesto por varios miles de subunidades nucleotídicas, que puede ser leído directamente por el aparato de traducción del hospedador, el ribosoma, como si fuera un ARNm propio. Un ejemplo de este tipo de virus es el TMV o virus del mosaico del tabaco.

Otros virus, como el de rabia, cifran sus mensajes en cadenas "menos" de ARN, las que en el interior de la célula deben transcribirse en cadenas complementarias de tipo "más" para que empiece la replicación.

Los retrovirus constituyen una tercera clase de virus de ARN monocatenario. Cuando un retrovirus infecta a una célula, la enzima retrotranscriptasa transforma la cadena de ARN vírico en ADN monocatenario y éste es copiado por la ADN-polimerasa celular a ADN bicatenario que puede integrarse al genoma del hospedador.

Los reovirus, patógenos de plantas y animales, tienen ARN bicatenario. Ejemplos de virus con ADN monocatenario son los inovirus y con ADN bicatenario los miovirus, ambos patógenos de bacterias. Un fago (virus que infecta a bacterias) posee una sola molécula de ácido nucleico que se inyecta en la célula bacteriana. Parte de las proteínas son enzimas implicadas en la replicación del ácido nucleico del fago, tarea que realizan en conjunción con enzimas de la propia bacteria. El virus se reproduce, es decir fabrica nuevas moléculas de ADN y proteínas de la cápsula. Los nuevos ADN se introducen en las cápsulas recién formadas y el hospedador acaba lisándose. Por otra parte, el fago puede insertarse en el ADN de la bacteria hospedadora. En el estado integrado, el ADN del fago es replicado junto con el ADN bacteriano y no se expresa la información contenida en el primero. Este fago no infeccioso, que puede pasar de célula en célula por herencia, se denomina profago. La escisión del fago en la célula lisogénica le devuelve la virulencia.

Otra forma de agrupar los virus es por la forma. Se llama nucleocápside al ácido nucleico (o virión) con la cápside, y puede estar desnuda o recubierta por una membrana. Una cápside consta de capsómeros, y en la mayoría de los casos es simétrica. Se observan dos tipos de estructuras simétricas: helicoidal e icosaédrica.

Viroides

Los viroides son más sencillos que los virus, pues son sólo filamentos muy cortos de ARN. Producen enfermedades específicas de las plantas.

Priones

Se llama así a las proteínas que actúan como agentes infecciosos en algunas enfermedades del sistema nervioso de ovejas, vacas y otros animales, pero es discutible si se pueden considerar microorganismos.

Transferencia genética en bacterias

En una bacteria la información genética está codificada en una molécula de ADN larga y muy plegada para caber en la célula. El cromosoma bacteriano circular tiene al menos un milímetro de largo. La doble hélice formada por dos cadenas de

nucléotidos consta de varios millones de pares de bases y la información total de la bacteria se despliega en un conjunto de varios miles de genes estructurales.

En los procariotas y eucariotas la clave genética y la bioquímica esencial de la transcripción y la traducción son las mismas, pero no así las señales de control. En las bacterias la información genética codificada en un segmento continuo de la doble hélice de ADN, que constituye el gen estructural, se transcribe directamente en un ARNm cuya traducción da lugar a una proteína, generalmente una enzima.

Antes de que una célula bacteriana se divida (transferencia vertical) ha de duplicarse su ADN. Durante la replicación del ADN se separan los pares de bases al alejarse ambas cadenas helicoidales. Las ADN polimerasas copian cada una de las hebras. Mientras se va construyendo la nueva hebra, ésta se empareja con la que le sirve de molde. Pueden darse errores de replicación por corrimiento cuando alguna de las hebras se desliza y establecen un emparejamiento inadecuado. En cada tanda de división bacteriana asexual habrá alguna célula que porte una mutación. La mutación altera los genes de un microorganismo. La recombinación reordena los genes o parte de los mismos, y agrupa en un mismo individuo la información genética de dos o más organismos.

Los tres mecanismos principales de intercambio horizontal de material genético entre bacterias son: **conjugación, transformación y transducción**. En todos estos procesos se transfiere ADN de la célula donadora a la receptora, pero difieren en la manera en que es transportado. La transferencia es seguida por la recombinación y así el ADN de la bacteria donadora se integra al de la receptora. El intercambio de genes en las bacterias no está confinado dentro de una especie o especies afines, acontece entre bacterias de géneros o familias diferentes. La recombinación homóloga ocurre cuando los ADN que poseen secuencias de bases similares, se reúnen e intercambian segmentos mediante la rotura y ensamblaje de las cadenas. Otra forma de recombinación que añade nuevas porciones al ADN que ya posee el microorganismo, es la específica de sitio y requiere solo pequeños fragmentos de ADN homólogo para el reconocimiento. Cuando ambos ADN poseen una secuencia de reconocimiento se habla de recombinación específica de sitio doble, por ejemplo la inserción de un fago. Si solamente una molécula de ADN transporta esa secuencia la recombinación específica de sitio es simple y permite la inserción de una secuencia mediante la transposición.

Ambientes en los que ha observado transferencia genética horizontal (41)

Ambientes	Transducción	Conjugación	Transformación
Terrestres	Suelos, superficies de plantas	Suelos, superficies de plantas	Suelos
Acuáticos	Lagos, océanos, ríos, zonas de tratamiento de aguas residuales	Lagos, océanos, sedimentos marinos, ríos, epilíton (capas gelatinosas que recubren las piedras de los ríos), zonas de tratamiento de aguas residuales	Sedimentos marinos, ríos, epilíton de las piedras de los ríos
Interior de organismos	Crustáceos, ratones	Plantas, insectos, gallinas, ratones, humanos	Plantas, insectos, ratones

Conjugación

Se descubrió cuando se mezclaron mutantes nutricionales (auxotróficos) con diferentes requerimientos de la bacteria Gram-negativa *Escherichia coli* y crecieron sobre un medio mínimo siendo que, separadamente, necesitaban un suplemento de determinados nutrientes para poder multiplicarse. Los genes silvestres de una cepa completaron los genes mutados de la otra. Este proceso requiere el contacto entre las células y se transfiere el factor sexual F (fertilidad) que es una molécula pequeña de ADN circular de doble cadena (plásmido) desde la célula donadora (F+) a la receptora (F-). Las células donadoras tienen en la superficie los pelos de conjugación (pili F) que sirven para facilitar el contacto. La presencia de un plásmido altera la capacidad para sintetizar el pelo F y el desplazamiento del ADN para su transferencia a otra célula, además modifica los receptores superficiales.

Sólo unas pocas bacterias F+ pueden transferir ADN cromosomal. Son las que tienen el factor F integrado al cromosoma. Tales bacterias, llamadas Hfr, transfieren sus genes con una frecuencia muy alta. Durante la transferencia el ADN bacteriano se replica a partir del punto de inserción del factor F y la cadena recién formada entra en la célula aceptora. Este proceso es seguido de la recombinación homóloga del ADN de ambas células dentro de la bacteria receptora.

La introducción de unas cuantas bacterias con plásmidos en una población receptora, puede convertirla en portadora de plásmidos en poco tiempo. En las bacterias Gram-positivas la conjugación no está mediada por pili. Antes del intercambio genético, la célula receptora secreta sustancias que estimulan la síntesis de proteínas aglutinantes por las potenciales donadoras. Una vez que las bacterias se asocian, se forman los poros necesarios para la transferencia del ADN.

Transformación

Algunas bacterias pueden captar ADN desnudo, por ejemplo las células de una colonia rugosa de *Streptococcus pneumoniae* al ser mezcladas con el ADN de una cepa virulenta con colonias lisas adquieren la cualidad de producir colonias lisas.

La transformación suele ocurrir tanto en bacterias Gram-positivas como en Gram-negativas, y es utilizada para introducir genes extraños en una bacteria.

Un fragmento de ADN se puede insertar en un plásmido pequeño especializado conocido como vector de clonación usando una enzima específica. Este ADN recombinante se usa para transformar las bacterias que crecerán luego en un medio selectivo apropiado para detectarlas. La capacidad de aislar ADN de un organismo e inducir su incorporación en otro no relacionado constituye el fundamento de una de las manipulaciones del ADN recombinante. El plásmido sirve así de vector para genes que no tienen equivalente en el organismo receptor y que, por lo tanto, no podrían heredarse de forma estable mediante recombinación homóloga. Estos genes pueden así transmitirse a través de generaciones sucesivas conforme el plásmido va replicándose. Pero a veces la bacteria pierde el plásmido espontáneamente.

La mayoría de las especies de rizobios, bacterias de gran importancia agronómica, contienen plásmidos con la información genética para la simbiosis en leguminosas.

Transducción

Los genes bacterianos se pueden transferir de una cepa a otra usando bacteriófagos como vectores, pero este fenómeno no ocurre en todas las especies de bacterias. Según el comportamiento del bacteriófago la transducción puede ser:

a) general o inespecífica

Comúnmente el bacteriófago se replica dentro de la célula que infecta y con la ruptura de la misma se liberan las nuevas partículas víricas. Estas partículas infectan otras células completando el ciclo de lisis. Ocasionalmente durante el proceso lítico el genoma bacteriano se fragmenta y algunos segmentos pasan a formar parte del nuevo bacteriófago. Éstos suelen carecer de parte de su propio genoma, pero aunque defectuosos son capaces de infectar nuevas bacterias y dejarles la porción de ADN bacteriano que transportan.

Este ADN suele recombinarse con el genoma de la célula infectada. La porción de genoma bacteriano transportada por bacteriófagos es por lo general menor que 1% del ADN total. La mayoría de las partículas víricas son normales y no participan en la transducción.

b) especializada

Los bacteriófagos moderados también son capaces de formar una relación estable con sus hospedadores. Luego de la infección suelen incorporarse al genoma bacteriano como profago. Éste suele codificar otras funciones además de las específicas del bacteriófago, por ejemplo la producción de toxinas. Las bacterias que albergan profagos se llaman lisogénicas.

Los profagos suelen vivir en armonía con su hospedador hasta que una situación de stress ambiental induce el ciclo lítico.

Cuando el bacteriófago se escinde del genoma bacteriano puede acarrear una porción de este último. Estos fagos defectuosos invaden nuevas bacterias. La

integración al genoma de la célula hospedadora es esencial para la transferencia de los genes. Como cada profago tiene un particular lugar de inserción en el genoma de la bacteria, solamente los genes adyacentes pueden ser transferidos por este proceso. La transposición es la recombinación que presentan los transposones o las secuencias de inserción. Las secuencias de ADN cambian de lugar en el genoma y se insertan en una región que no guarda homología con ella. Si esta integración sucede dentro de un gen se produce una mutación, pues se rompe la continuidad de la información codificada.

Fusión de protoplastos

Las barreras naturales a la recombinación entre organismos diferentes pueden romperse a menudo mediante la preparación de protoplastos, células bacterianas cuyas paredes externas se han eliminado poniendo al descubierto la membrana celular. Como las membranas celulares poseen aproximadamente la misma composición en la mayoría de los organismos, puede inducirse la fusión de protoplastos de especies distintas, formando una célula híbrida en la que los genes quedan expuestos a la recombinación. También es una técnica eficaz para aumentar la frecuencia de recombinación intraespecífica en los que el apareamiento natural es raro. La operación se lleva a cabo en una solución cuya presión osmótica equilibra la presión interior de las células, para que no estalle la membrana celular. Después se induce la regeneración de la pared de los protoplastos híbridos y se obtiene un cultivo normal.

Bibliografía consultada

- Acosta A (2000) Microbiología Agrícola. Trillas, México D.F., México.
- Agrios GN (2010) Fitopatología. UTEHA, México. 838 págs.
- Alexopoulos CJ, Mims CW (1985) .Introducción a la micología. Omega, Barcelona, España
- Álvarez Zamorano, R (2004). Enfermedades del tomate y chile Bell. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción Torreón, Coah, México, Octubre 13, 14 y 15 del 2004. Pdf. P1-31.
- Arauz LF (1998) Fitopatología: Un Enfoque Agroecológico. Editorial Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Pg. 23 – 24.
- Argüello H, Lastres L, Rueda A (2007) (ed.) Manual MIP en Cucúrbitas. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (PROMIPACZAMORANOCOSUDE). Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 244p.
- Avers Ch (1994) Biología celular. IBEROAMERICA. México D.F, México. 731 p.
- Barron GL (1977) The nematode-destroying fungi. Topics in Mycobiology N^o1. Canadian Biological Publications Ltd., Guelph.
- Beas C, Ortuño D, Armendáriz J (ed.) (2009) Biología Molecular. Fundamentos y aplicaciones. Mc Graw Hill, México D.F., México. 173 p.
- Carrillo L (2003) Microbiología Agrícola. Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina,
- Cisneros F (1995). Control de Plagas Agrícolas. Generalidades sobre las plagas y sus efectos en la producción agrícola. (en línea). Consultado el 21 de julio del 2008. http://www.avocadosource.com/books/CisnerosFausto1995/CPA_1_PG_1-10.pdf
- Claros M, Ortuño N (2016) Manual de laboratorio de microbiología Agrícola. Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 74 p.
- Crespo M (2008) Manual de Manejo Ecológico de Plagas. Métodos de producción ecológica y control biológico. Probioma. Bolivia. 96p.
- Crozzoli R, Casassa A, Rivas D, Matheus M (1991). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del guayabo en el estado Zulia, Venezuela. Fitopatol. Ven. 4 (1): 2-6.
- CRS. Servicios (2015) Laboratorio de Análisis Agrícola. Muestreo de Nemátodos en suelos. IT-TM-001. 13/02/2015. Revisión 1. P. 1-6.
- Dibut, B.; Martínez, R.; Ortega, Marisel; Ríos, Yoania; Fey, L. (2004) Presencia y uso de microorganismos endófitos en plantas como perspectiva Para el mejoramiento de la producción vegetal. Cultivos Tropicales 25 (2): 13-17.
- FAO (1996) Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (en línea). Consultado el 21 de julio del 2008. Disponible en

<http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s00.htm#Contents>

FAO (1998) Capacitación Participativa en el Manejo Integrado de Plagas – MIP, Una propuesta para América Latina. (en línea). Consultado el 21 de julio del 2008. Disponible en <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/proffito/cobbe.pdf>

FAO (2004) Manual Técnico. Manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos. (en línea). Consultado el 21 de julio del 2008. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/integra1.pdf>

FAO (2008) Criterios básicos económicos para el manejo mejorado de malezas en los países en desarrollo. (en línea). Consultado el 21 de julio del 2008. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGP/agpp/IPM/Weeds/Download/Ecosp4.PDF>

Ferrera – Cerrato R, Alarcón A (2014) Microbiología Agrícola. Trillas, México D.F., México.

FHIA (2009) Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Departamento de protección vegetal.

Gabriel J, Indacochea B, Ayón F, Valverde A, Máximo V, Castro C, Manobanda M (2017) Principios básicos de la resistencia genética a patógenos, plagas y factores abióticos. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Jipijapa, Ecuador. 116 p.

Gauma P (2006). Pasteuria penetrans. Bacteria Antagónica de Meloidogyne sp. Peea INTA Bella Vista.

Gastélum Luque RR, López Meza, M. y Tirzo P. Godoy Angulo. (2010). Nuevas Plagas En Hortalizas. Cuarta Mega convención Internacional en sistemas de producción agrícola. Mazatlán, Sinaloa, Agosto 26 de 2010. Pdf. p. 1-36.

Laserna C (editor) (2006). Manejo Integrado de Plagas. Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria. Proyecto Acceso a Mercados y Alivio de la Pobreza. MAPAUSAID/Bolivia. Imagina Comunicación. Impresiones Poligraf. Cochabamba,

Lastres L, Argüello H (2008) Identificando Insectos Importantes en la Agricultura: Un enfoque popular. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central

Levitus G, Echenique V, Rubinstein C, Hopp E, Mroginski L (2004) Biotecnología y mejoramiento genético II. ARGENBIO, Buenos Aires, Argentina. 643 p.

Llerena VR, Ocampo B, Quisberth RE (2005) Guía ilustrada de identificación de enfermedades, insectos plagas y enemigos naturales de cultivos en el trópico de Cochabamba. Chimore – Cochabamba – Bolivia. Junio del 2005. Pdf. p. 1-89.

Madigan MT, Martinko JM, Parker J (2004) Biología de los microorganismos. Pearson, Madrid, España.

Nazar J (2007) Biofilms bacterianos. Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello 67: 61-72.

Pettit P (1990) Reconocimiento de nematodos fitoparásitos asociados a frutales de

importancia económica en Venezuela. Fitopatol. Ven. 3 (1): 2-5.

Piedra Naranjo R (2015). Guía de muestreo de nematodos Fito parásitos en cultivos agrícolas. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA- COSTA RICA). Diseño Editorial M&F S.A. p. 1-26.

PROMIPAC-ZAMORANO-COSUDE (2008) Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 2da ed. 90p.

Solórzano OE, Ramírez M, Tobar Palomo M, Arturo, C (2004) Manejo integrado de plagas de pepino y pepián. Comité de Innovación Tecnológica San Vicente. p. 1-16.

Stanfield WD (1993) Genética. Mac Graw Hill, México D.F., México. 574 p.

Strickberger MW (1988) Genética. Trad. del Inglés por José Luis Ménsua. OMEGA, Barcelona, España.

Tejera-Hernández B, Rojas-Badía M, Heydrich-Pérez M (2011) Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos Revista Ciencias Biológicas 42 (3): 131-138

Theisen G, Ruedell J (2004) Tecnología de aplicación de herbicidas. Teoría & Práctica. Aldeia Norte Editora.

Pérez-Pazos JV, Sánchez-López DB (2017) Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomoea Batatas* del Caribe Colombiano: 35 – 46.

Velásquez L (2006) Aspectos Bioecológicos de las Plagas en los Cultivos Agrícolas. Programa Manejo Integrado de Plagas en América Central (PROMIPAC). Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). Managua, Nicaragua. 41p.

El Ing. Marcos Manobanda, es de nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agropecuario de la Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí", Ecuador. Magister (Mg. Duie.) en Docencia Universitaria e Investigación Educativa de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Actualmente profesor titular en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador.

El Dr. Julio Gabriel, es de nacionalidad boliviana, Ing. Agrónomo de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuaria, Veterinarias y Forestales de la Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. Maestro en Ciencias (MSc) en Genética del Colegio de Posgraduados, Montecillo, México. Doctor (PhD) en Producción Agraria y Aplicaciones Biotecnológicas de la Universidad Pública de Navarra, España. Actualmente profesor - investigador en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador.

El Ing. Fernando Ayón, es de nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agronomo de la facultad de Agromonía de la Universidad Tecnica de Manabi, Ecuador. Magister (MSc) en Agroecología y Agricultura Sostenible de la Universidad Agraria de Guayaquil, Ecuador. Trabajo durante 20 años como consultor en Programas de Desarrollo Rural Estatal. Actualmente profesor titular y Coordinador de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador.

El Ing. Carlos Castro, es de nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agropecuario de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Manta, Ecuador. Magister (MSc) en Administración Ambiental de la Universidad de Guayaquil, Ecuador. Actualmente profesor titular en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador.

El Ing. Máximo Vera, es de nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agropecuario de la Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí", Ecuador. Magister (MSc) en Administración Ambiental de la Universidad de Guayaquil, Ecuador. Actualmente profesor titular en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador.

El Dr. Washington Narváez, es de nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agrónomo Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Magister en Docencia Universitaria Investigación y Desarrollo, Universidad de Loja, Loja, Ecuador. Magister en Administración Ambiental, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Doctor en Ciencias Pedagógicas (PhD), Universidad de Camagüey, Cuba. Actualmente profesor titular en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador.

La Ing. Jéssica Morán, es de nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agrónomo de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Ecuador. Magíster en Ciencias (MSc) mención Microbiología, Universidad Austral de Chile, Chile. Actualmente docente en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador.

El Ing. Alfredo Castro, es de nacionalidad cubana, Ing. Agrónomo de la facultad de agronomía de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Licenciado en producción vegetal, Instituto superior pedagógico Juan Marinello de Matanzas, Cuba. Maestro en Ciencias Agrícola (MSc), Facultad de Agronomía, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuego, Cuba. Actualmente docente en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador.

ISBN: 978-9942-33-107-6



compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica