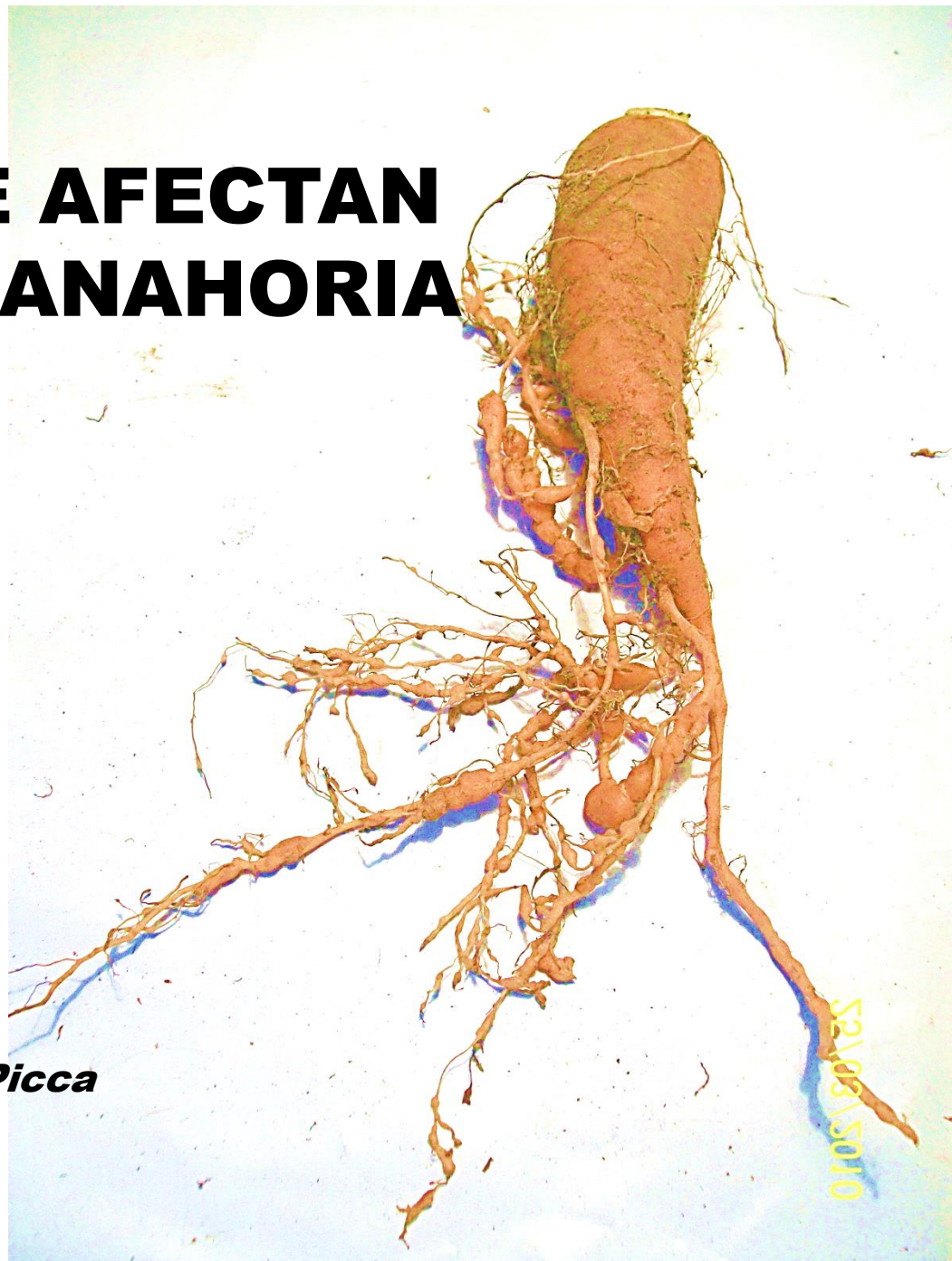


NEMATODOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE ZANAHORIA



Laboratorio de Protección Vegetal
EEA Rama Caída
Centro Regional Mendoza – San Juan

Ing. Agr. Cecilia Picca



Qué son los NEMATODOS?

✿ “Nematodo” → *nematoide* : “similar a un hilo”. *Gusanos cilíndricos*

✿ Multicelulares

✿ Invertebrados

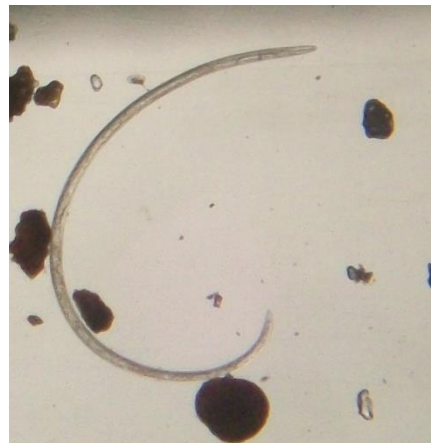
✿ Cuerpo alargado, fusiforme y en algunos casos globoso

✿ Tamaño variado: 0,2 mm a 9 mts (fitoparásitos: 0,5 a 2 mm)

✿ Sexos separados (en algunos casos con marcado dimorfismo)

✿ Hábitos alimenticios variados

✿ Organismos Acuáticos



Qué son los NEMATODOS?



Ditylenchus, fitoparásito
1 a 1.5 mm long.



Trichinella spiralis, parásito del
mamíferos, "triquinosis", 1.5 a 4 mm



Wuchereria bancrofti, parásito del
humano, "elefantiasis", 4-10 cm long.



Toxocara, parásito de perros
10-18 cm long.



Ascaris lumbricoides, parásito del humano,
"lombriz intestinal", 25-40 cm long.

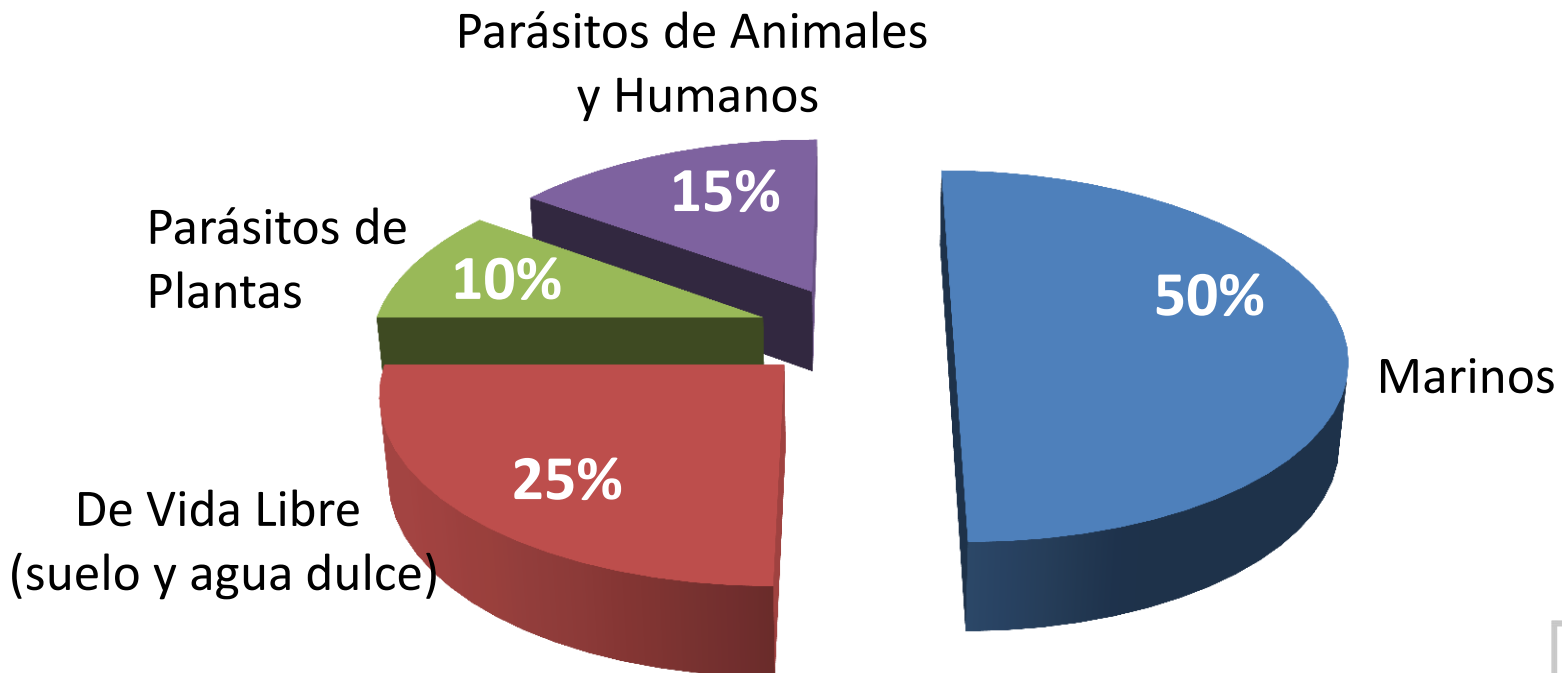
Qué son los NEMATODOS?

Existen más de 80.000 sps. descritas

Ecología:

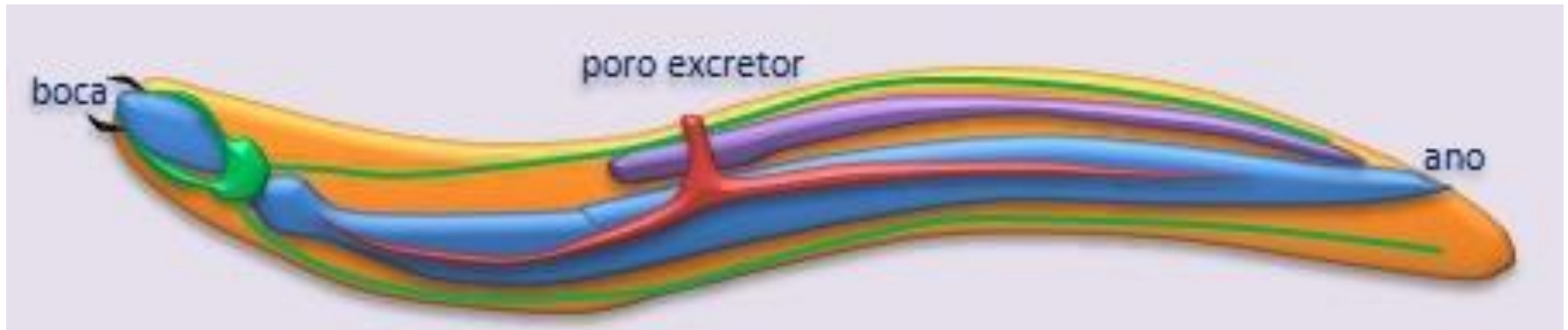
-de vida libre: mar, montaña, desierto, ríos, lagos, llanura.

-parásitos: externos e internos, de plantas, animales y humanos.



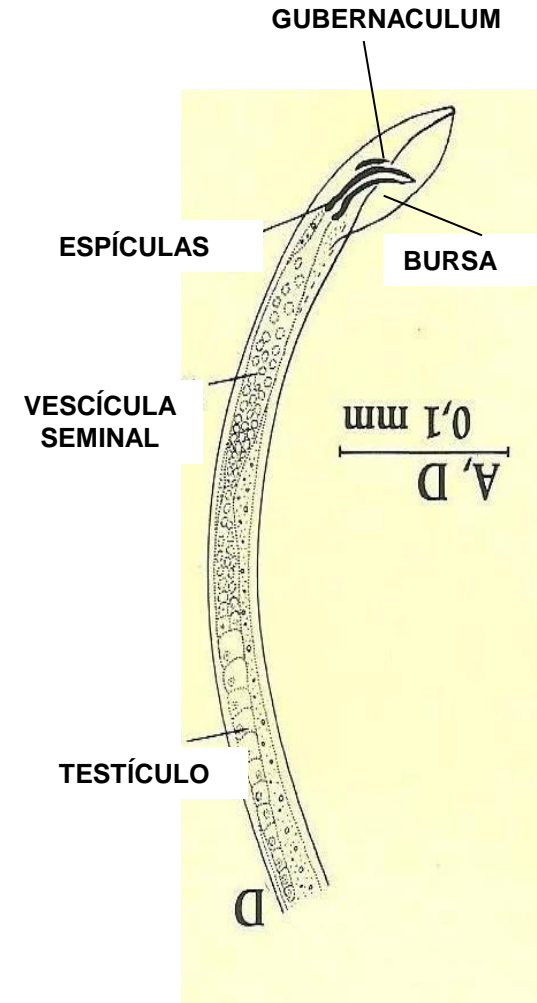
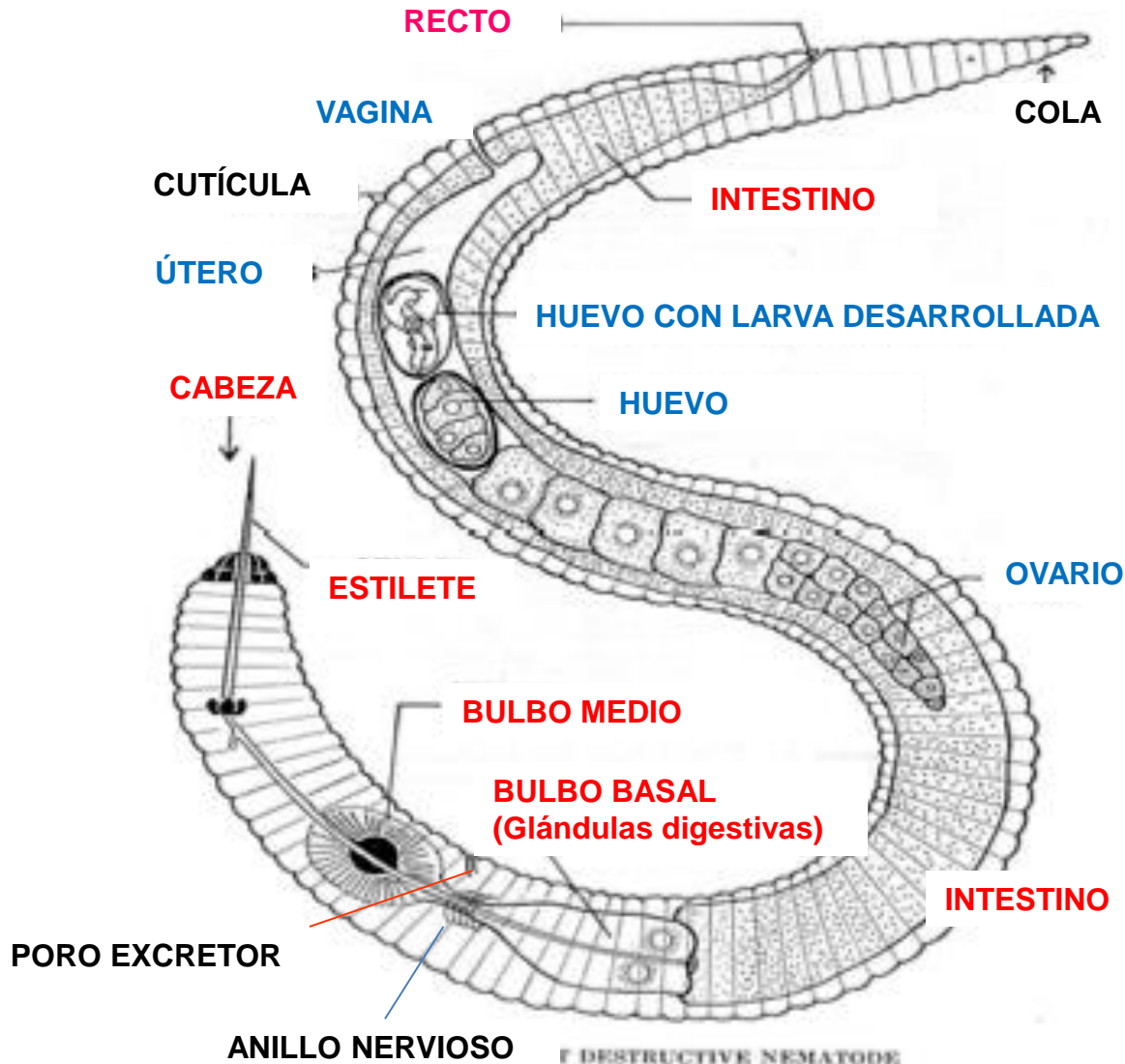
Esquema de la organización general de un nematodo

Cuerpo no segmentado



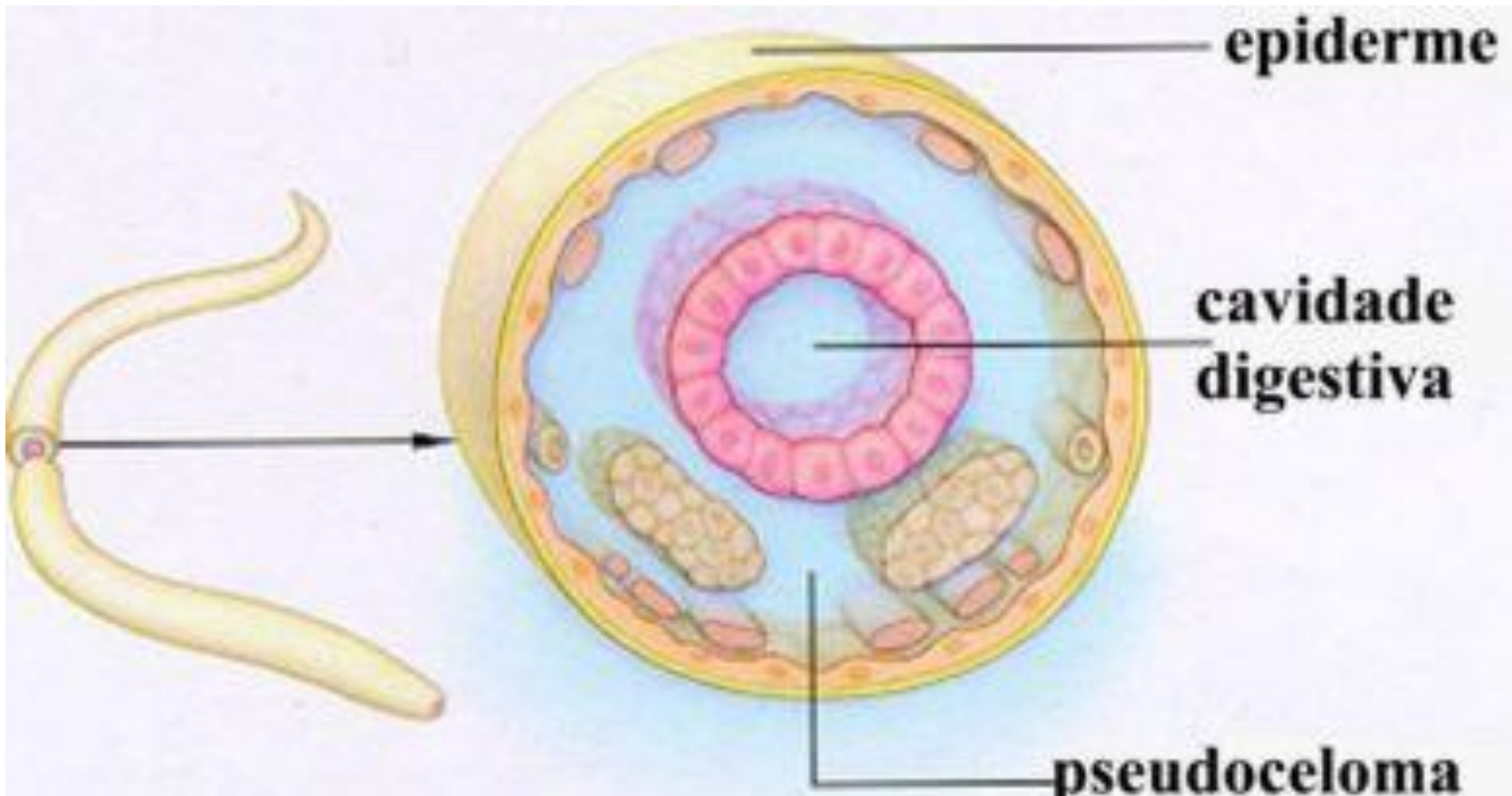
Esquema de la organización general de un nematodo

✿ Simetría bilateral



Esquema de la organización general de un nematodo

- ✿ **PSEUDOCELOMA:** espacio entre la capa muscular y el tubo digestivo.



***Función del pseudoceloma:
forma + desplazamiento + difusión de sustancias***

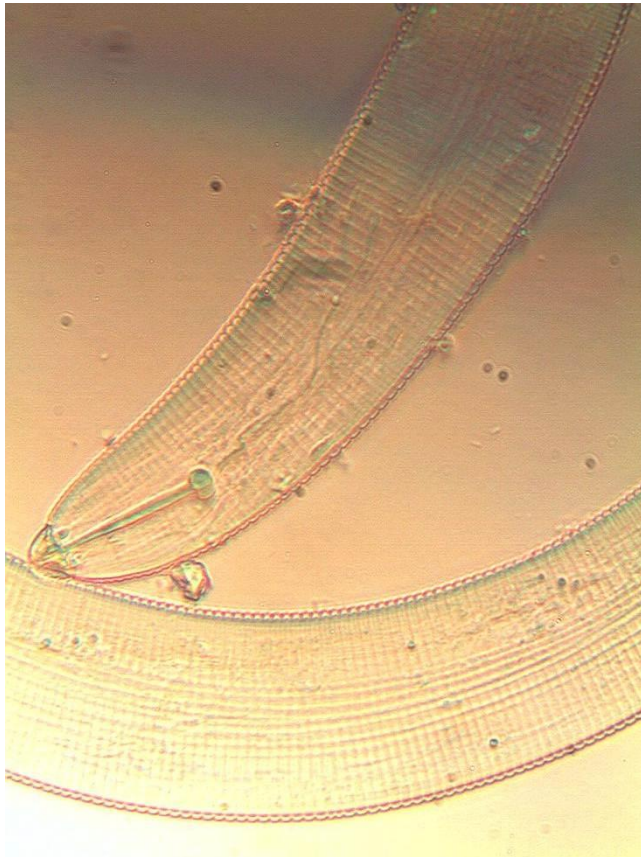
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

CUTÍCULA

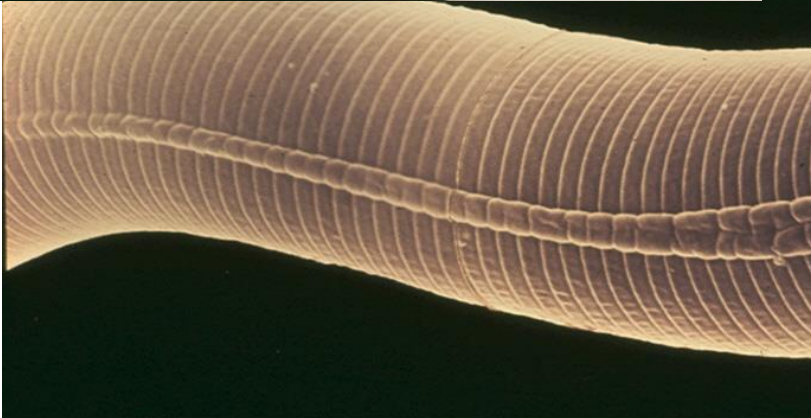
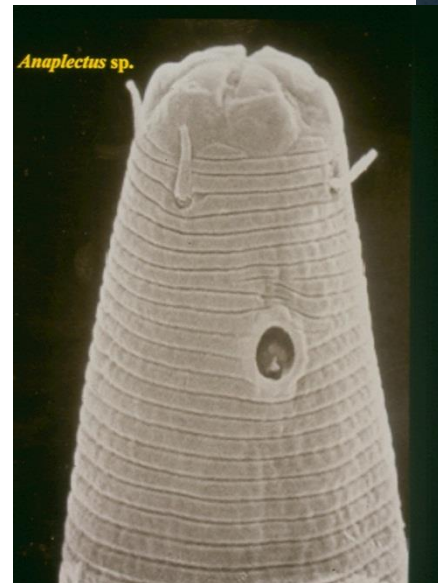
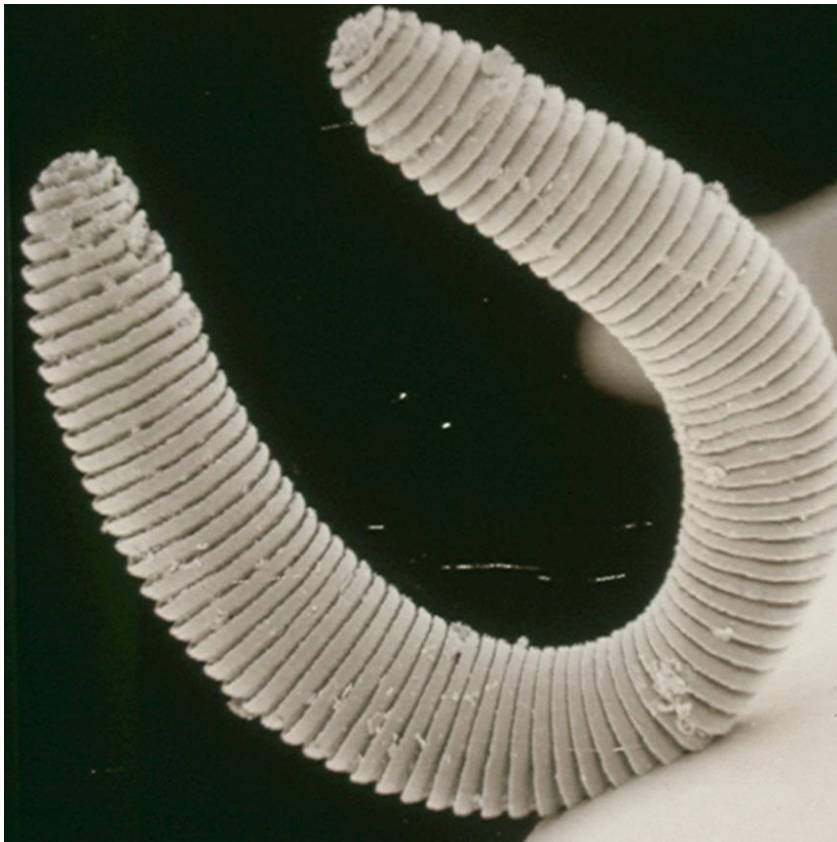
Protección del cuerpo y las diferentes aberturas (boca, poro excretor, vulva, ano).

Semipermeable

Anillos. Su prolongación forma setas, Apéndices (bursa), etc.

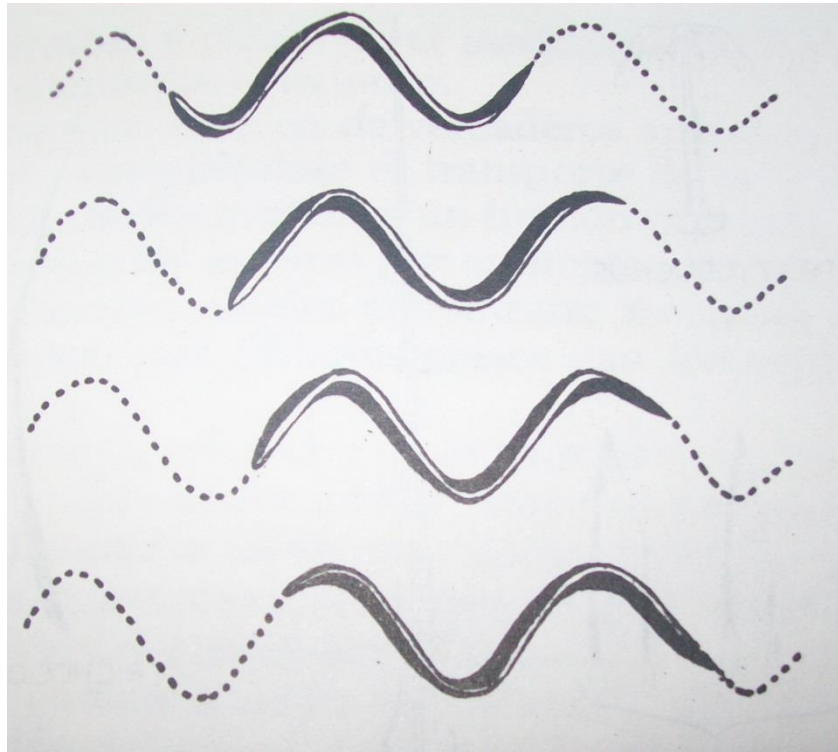


ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS



ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

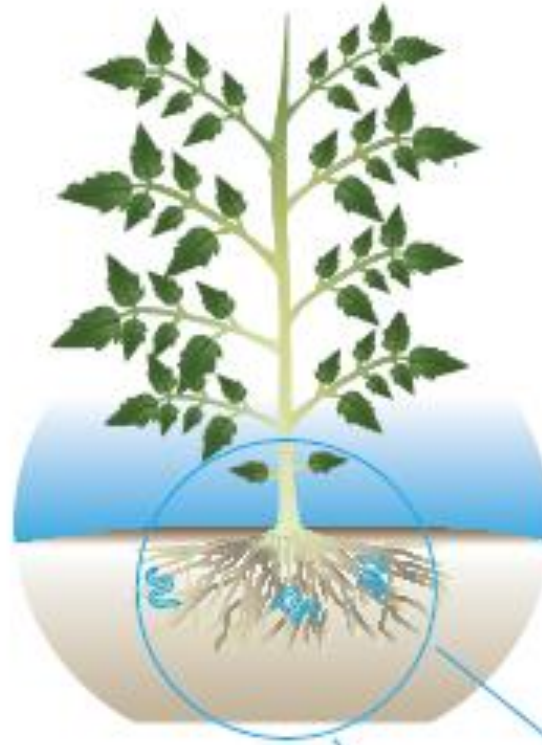
- ✓ *los nematodos tienen un único **movimiento** posible, que es en **ondas sinusoidales en el plano dorso-ventral**, por la **contracción alterna de las fibras musculares**.*



[Video](#)

NEMATODOS FITÓFAGOS

- Viven en la película de agua que rodea las partículas de suelo.
- Se alimentan de plantas, por lo que generalmente están ubicados en la zona de crecimiento de raíces, tubérculos y bulbos.
- Daños :
 - directos: necrosis celular, hipertrofia e hiperplasia
 - Indirectos: transmisión de virus y puerta de entrada de hongos y bacterias.



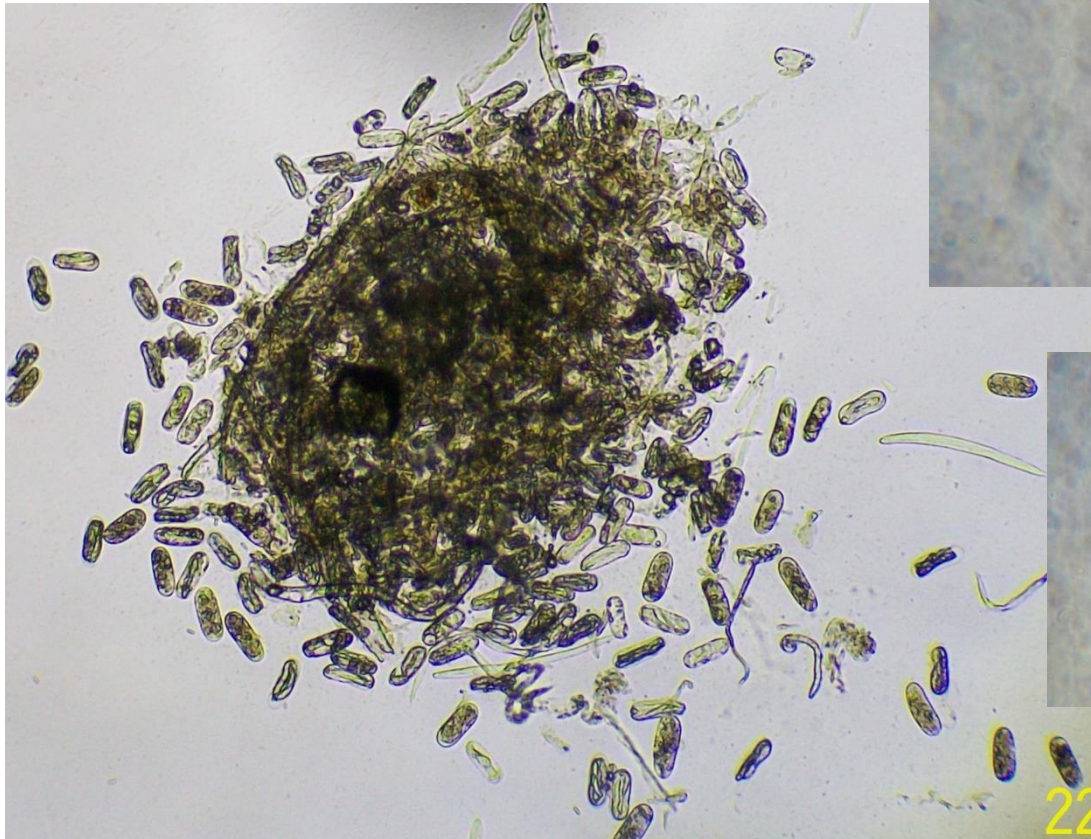
Raíces atacadas por Nematodos



ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

✿ CRECIMIENTO Y REGULACIÓN

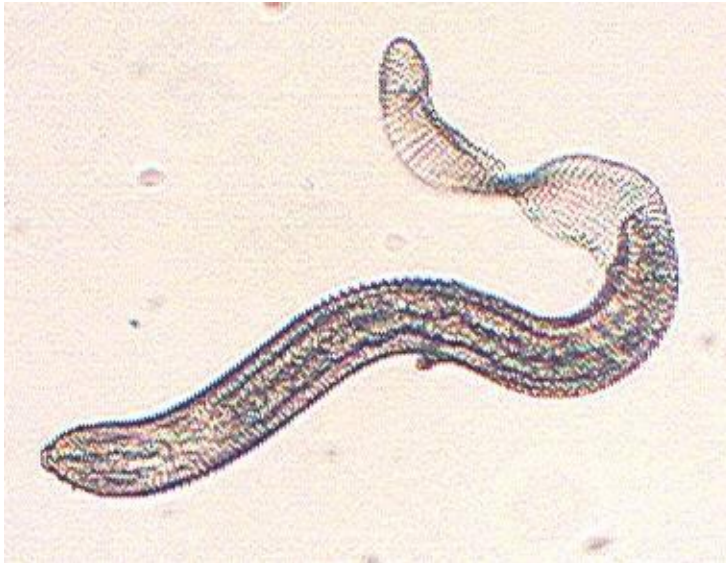
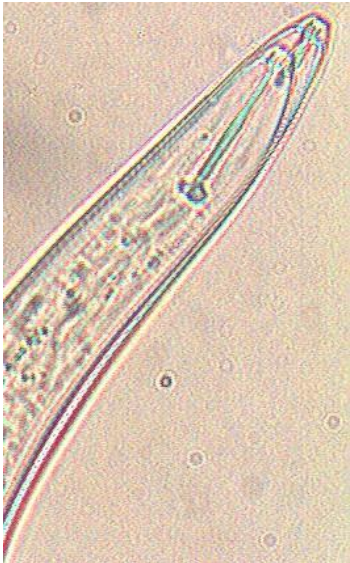
- ✓ La mayoría de los nematodos son ovíparos (también hay especies vivíparas).



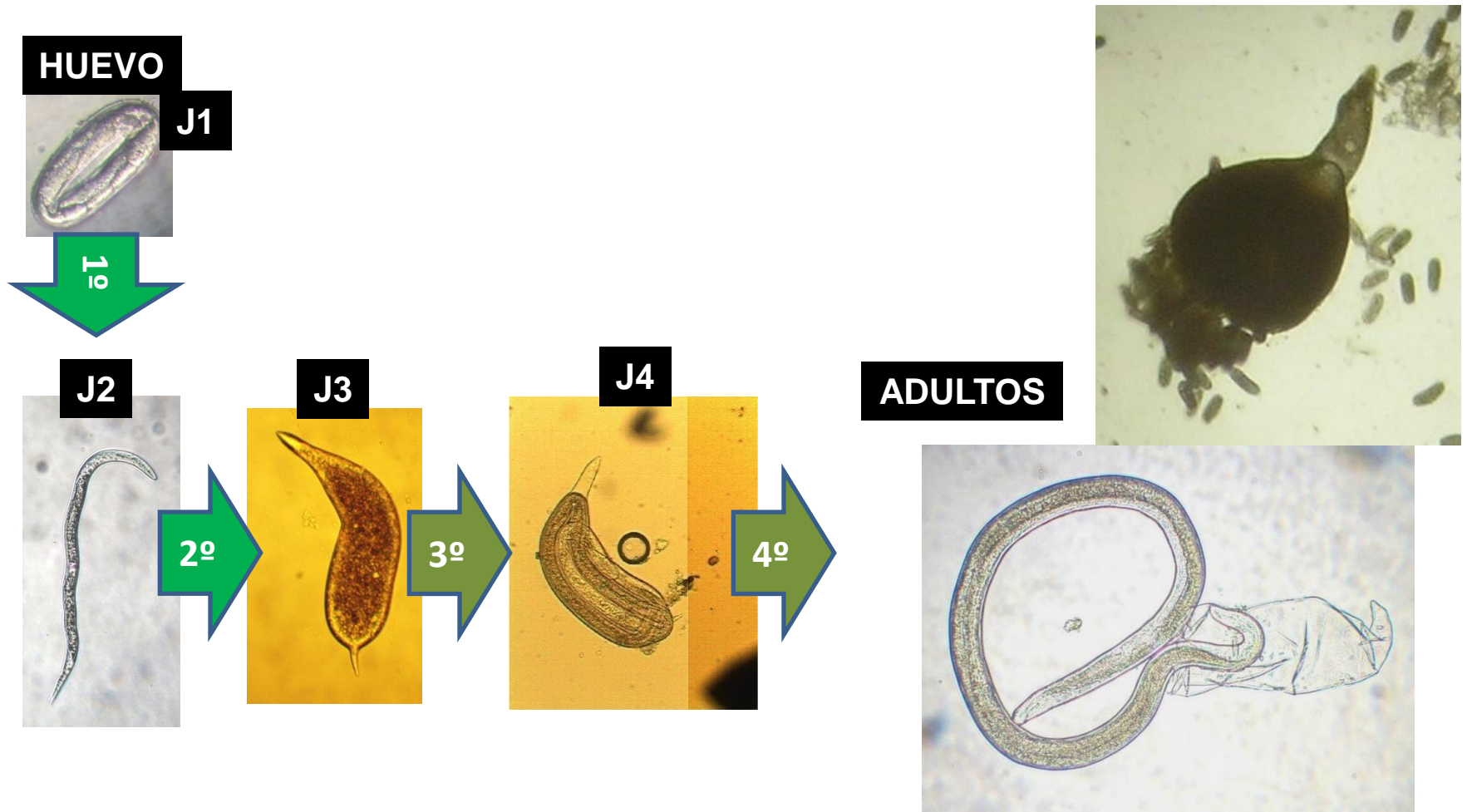
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

✿ CRECIMIENTO Y REGULACIÓN

- ✓ *La duración del ciclo de vida depende de la especie y de factores externos: ambientales y de alimentación.*
- ✓ *4 mudas: J1(huevo),J2,J3,J4 y adulto*

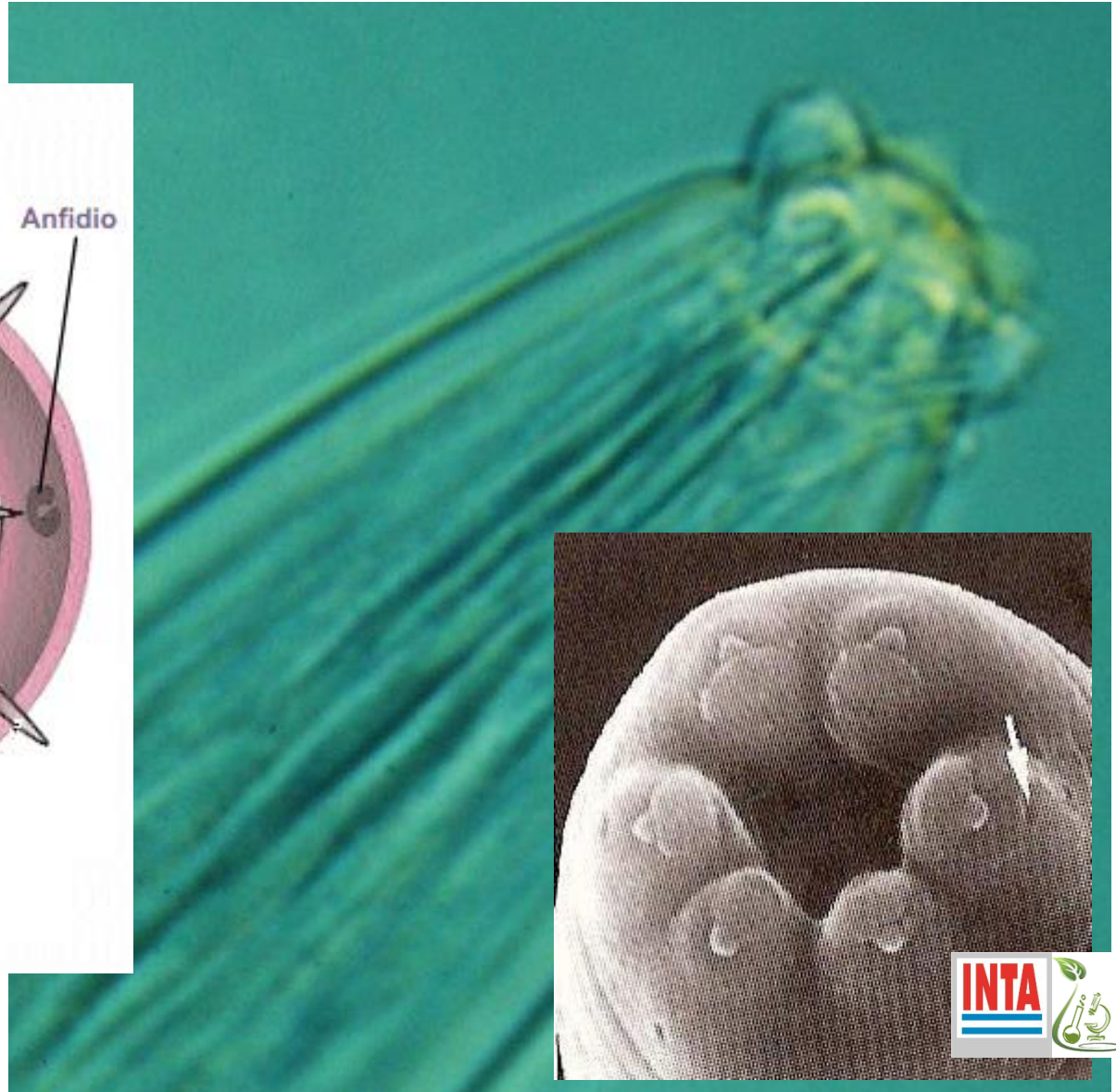
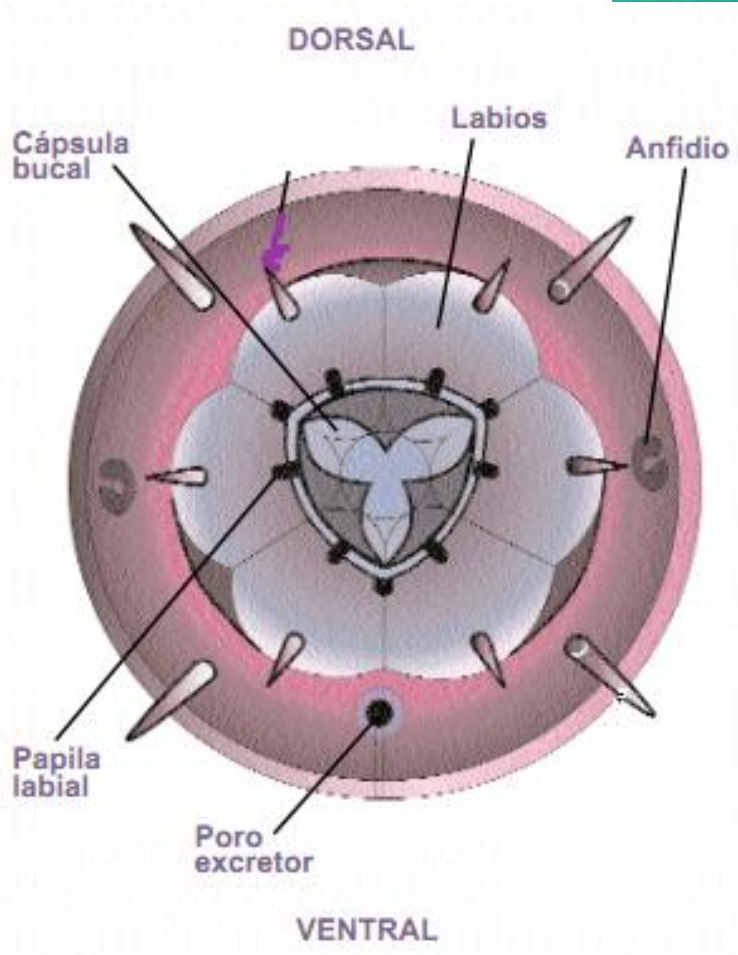


CICLO DE VIDA



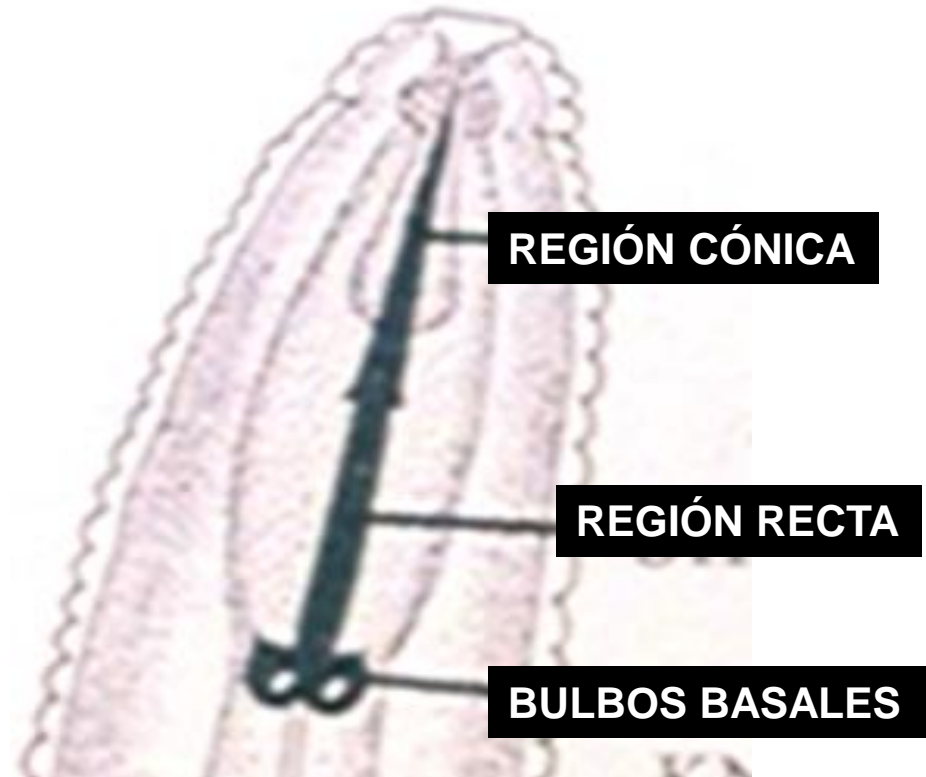
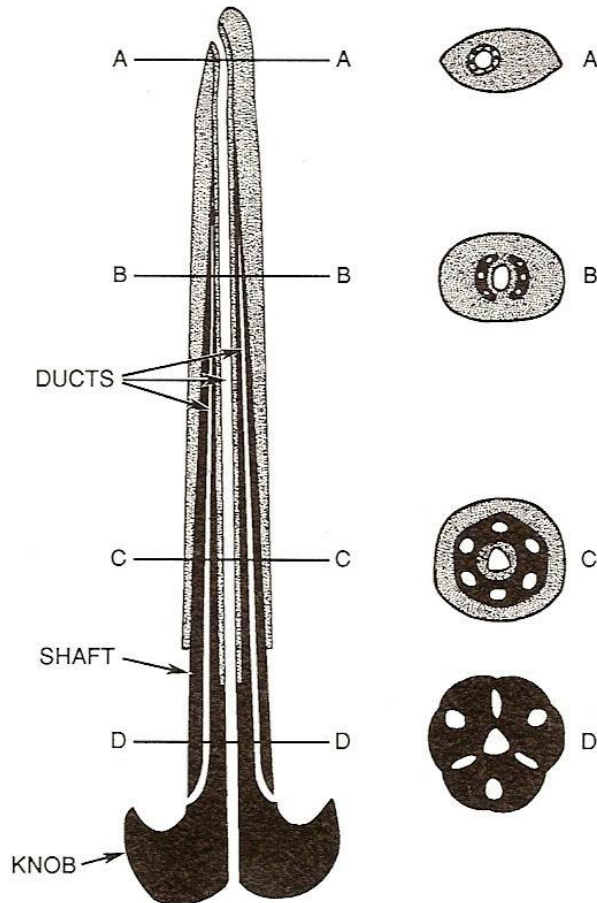
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

☀ CAVIDAD BUCAL



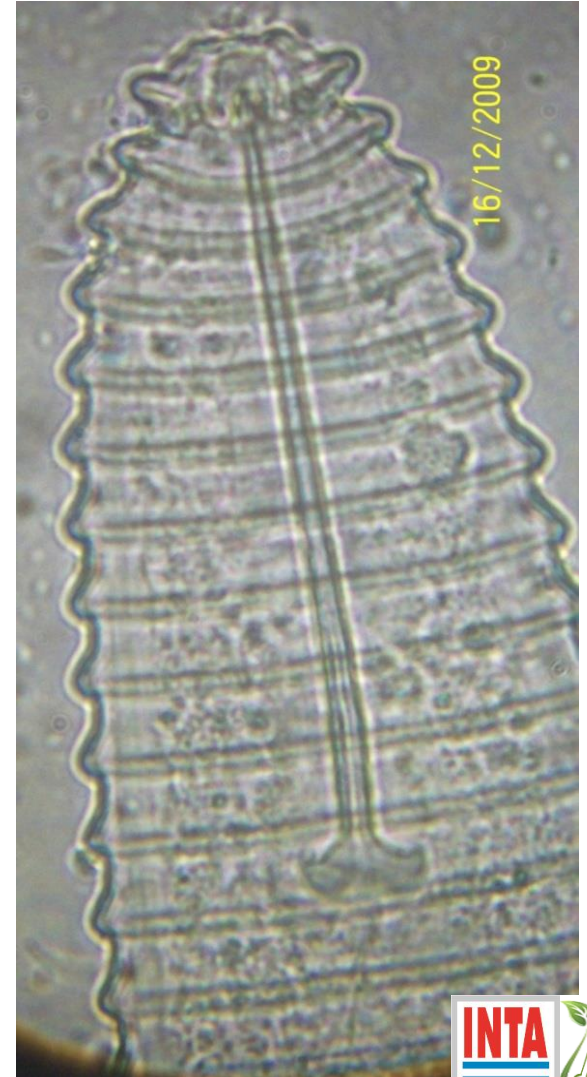
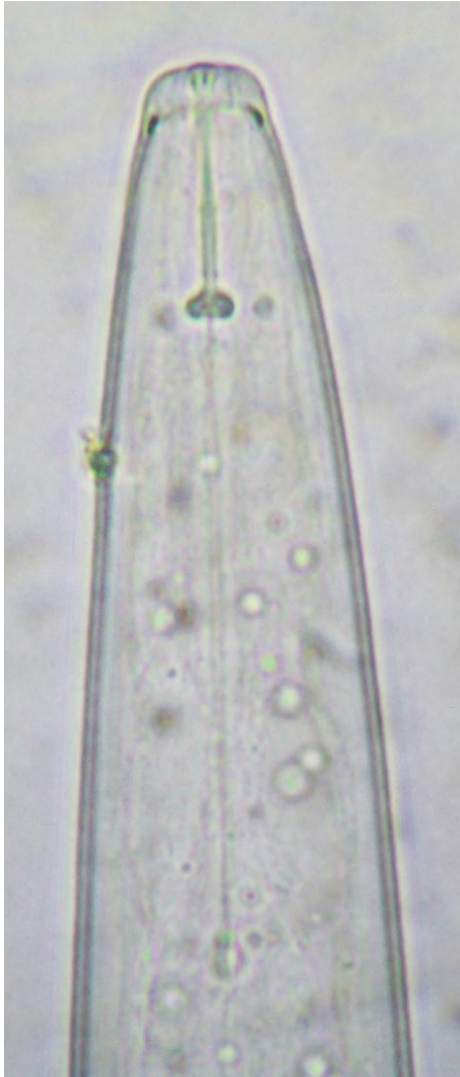
NEMATODOS FITÓFAGOS

- ESTOMA: su forma y tamaño es muy variable según el tipo de nematodo.
- En general tienen una zona esclerosada que en los fitófagos se llama **ESTILETE**.



NEMATODOS FITÓFAGOS

▣ la forma y el tamaño del estilete es muy variable

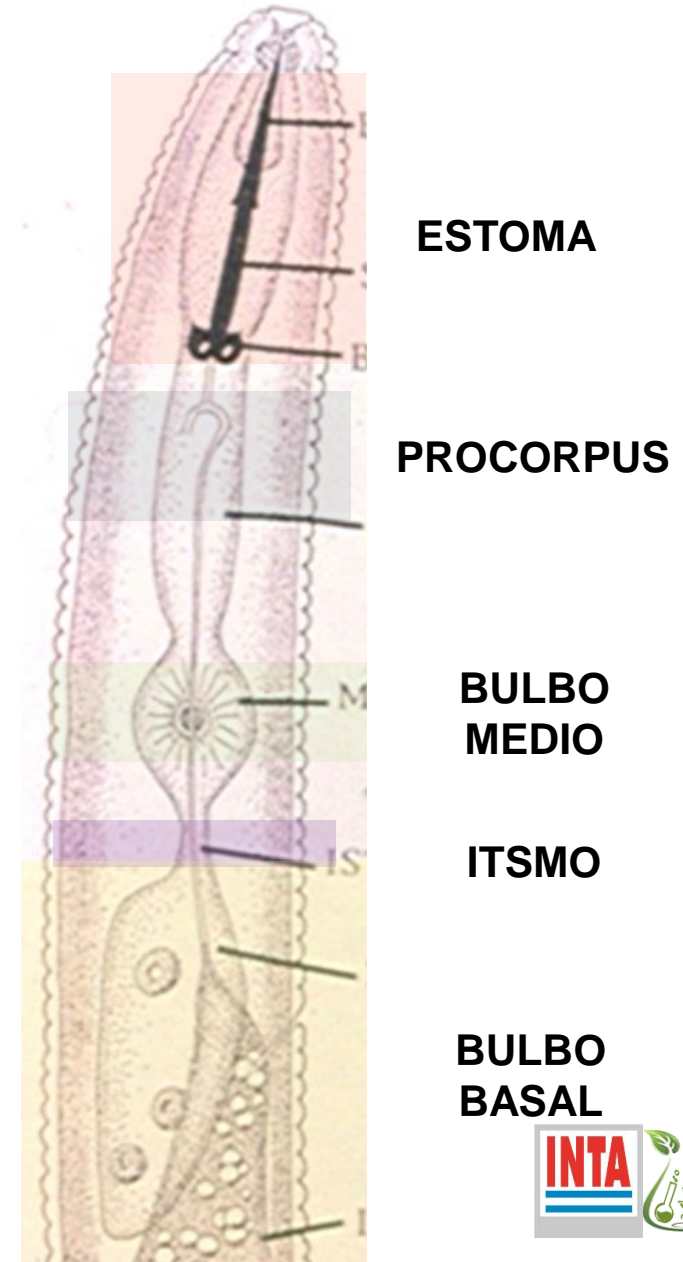


NEMATODOS FITÓFAGOS

✿ ESÓFAGO

✿ El líquido alimenticio pasa a través del lumen del estilete por la succión provocada por el tubo esofágico.

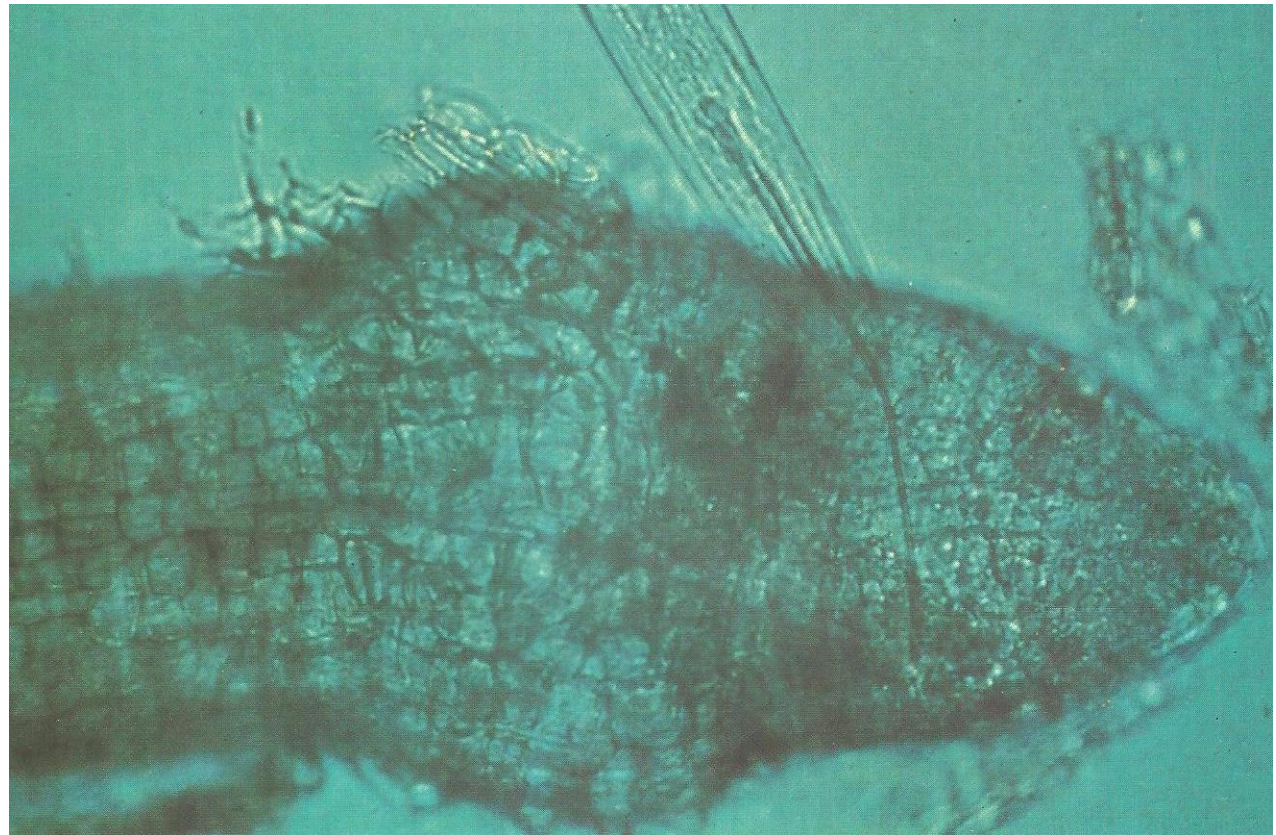
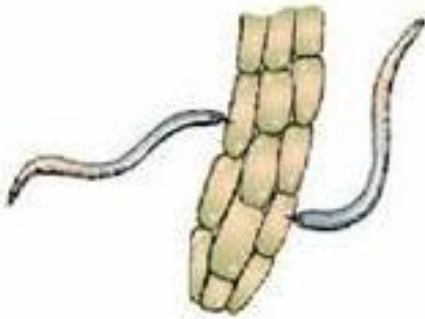
✿ Por dilatación y contracción del bulbo medio se produce el bombeo para que el alimento llegue al intestino.



NEMATODOS FITÓFAGOS

✿ Por la forma de alimentarse de los tejidos vegetales se clasifican en:

ECTOPARÁSITOS
(Parásitos externos)



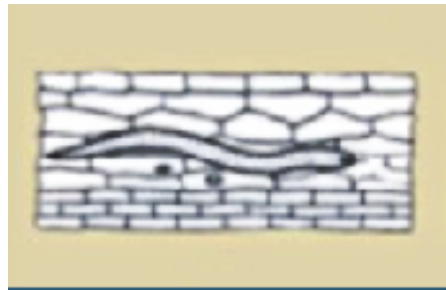
*Ej. Nematodo anillado (Criconemoides),
Nematodos en espiral (Helicotylenchus, Rotylenchus)
y Nematodo daga (Xiphinema)*

NEMATODOS FITÓFAGOS

ENDOPARÁSITOS (Parásitos internos)



SEMIENDOPARÁSITOS



ENDOPARÁSITOS MIGRATORIOS

*Ej. Nematodo lesionador
(Pratylenchus)
Nematodo del tallo
(Ditylenchus)*

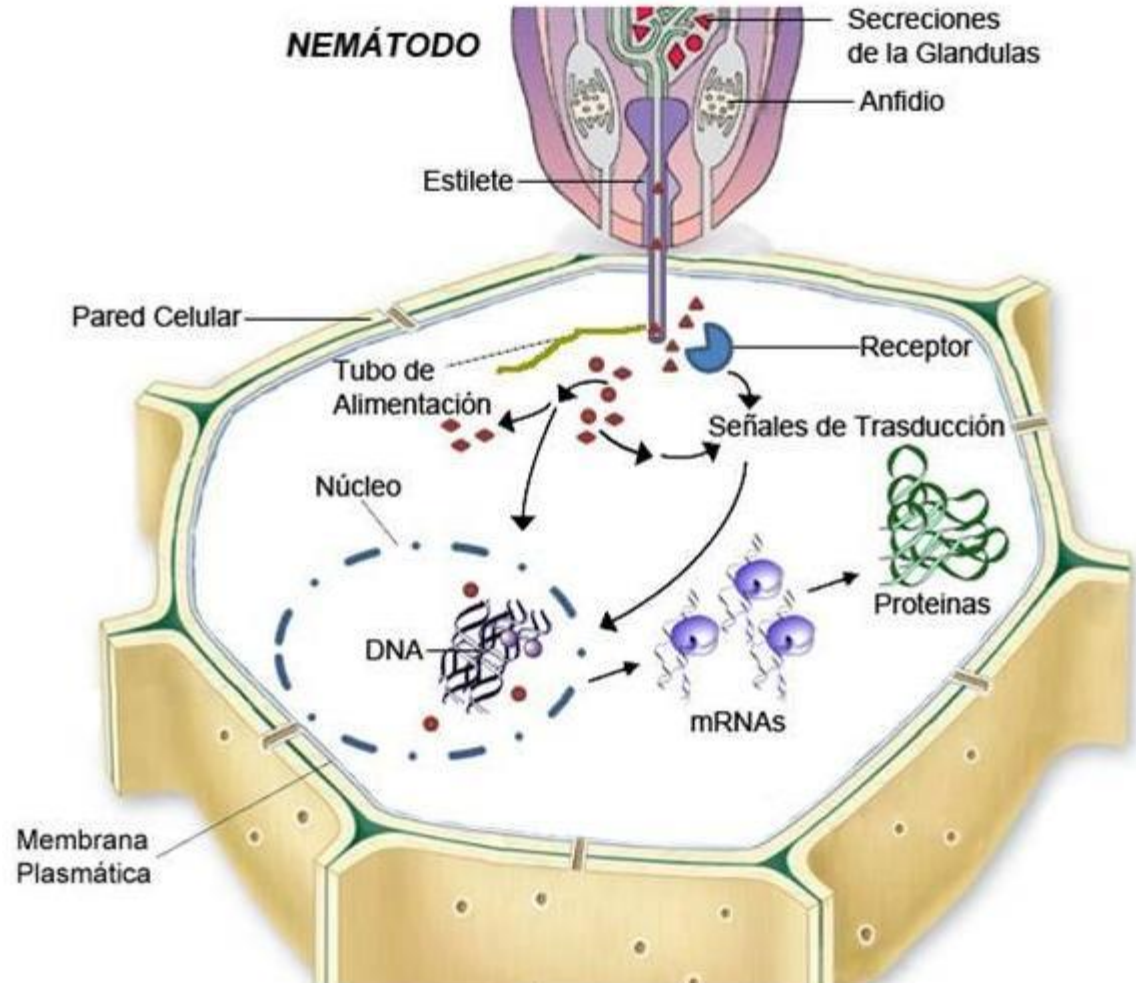


ENDOPARÁSITOS SEDENTARIOS

*Ej. Nematodo agallador
(Meloïdogyne)
Nematodo del rosario
(Nacobbus)*

NEMATODOS FITÓFAGOS

Los exudados radicales atraen a las larvas infectivas, que con su estilete perforan las células de la planta para inyectar toxinas y absorber el contenido citoplasmático.



[Video](#)

NEMATODOS FITÓFAGOS

Supervivencia

✿ En algunos estadíos son capaces de sobrevivir en el suelo y en los rastrojos bajo condiciones adversas. Ciertas especies subsisten en condición de anhidrobiosis durante mucho tiempo (aspecto de cinta).

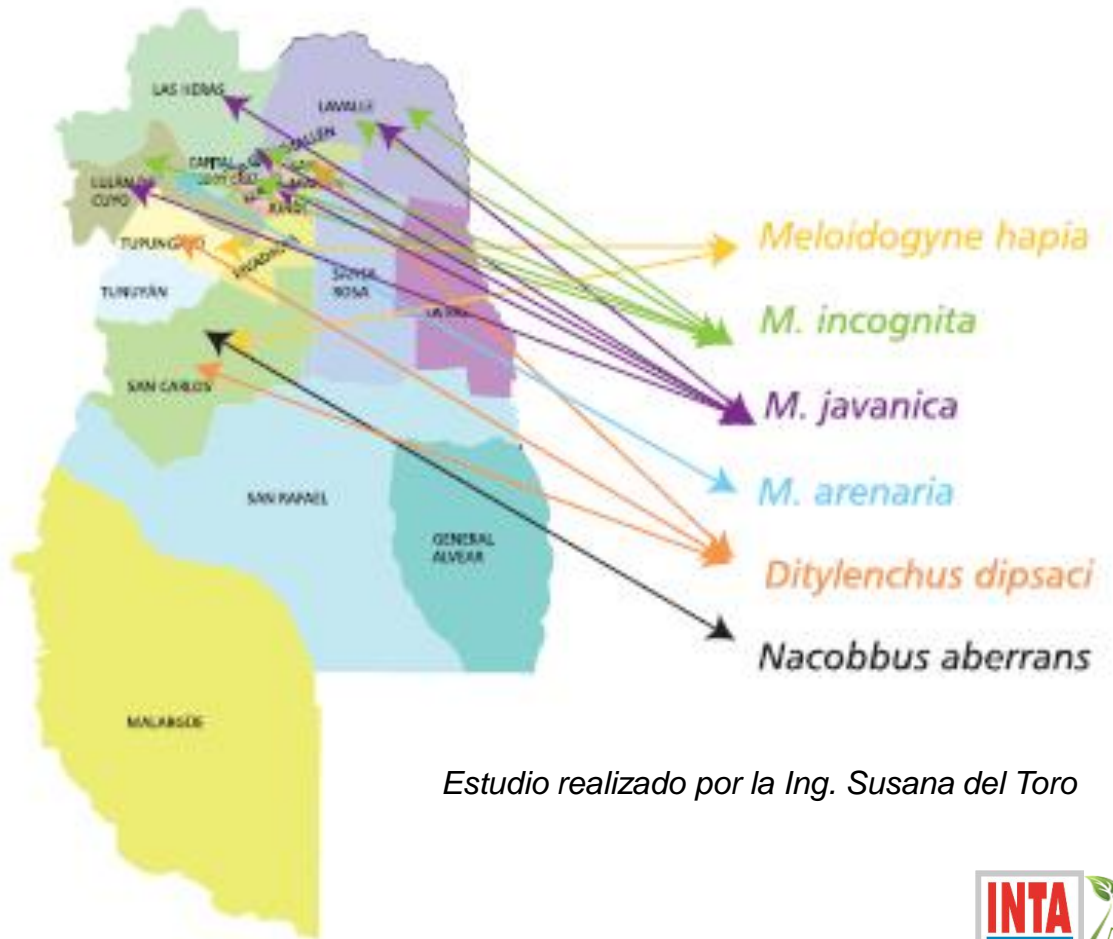
Diseminación

✿ Pueden ser dispersadas por: movimientos de suelo, maquinaria y agua de riego.

NEMATODOS FITÓFAGOS

✿ En el mundo se citan alrededor de 90 especies asociadas al cultivo de zanahoria, siendo las mas importantes:

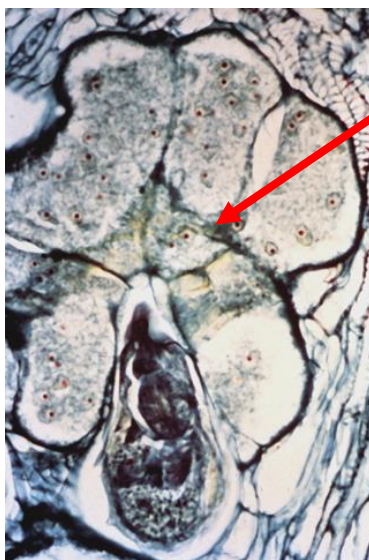
- ✓ ***Meloidogyne hapla***,
- M. incognita*, *M. Arenaria* y
- M. javanica*,
- ✓ ***Ditylenchus dipsaci***
- ✓ ***Nacobbus aberrans***
- ✓ ***Pratylenchus penetrans***



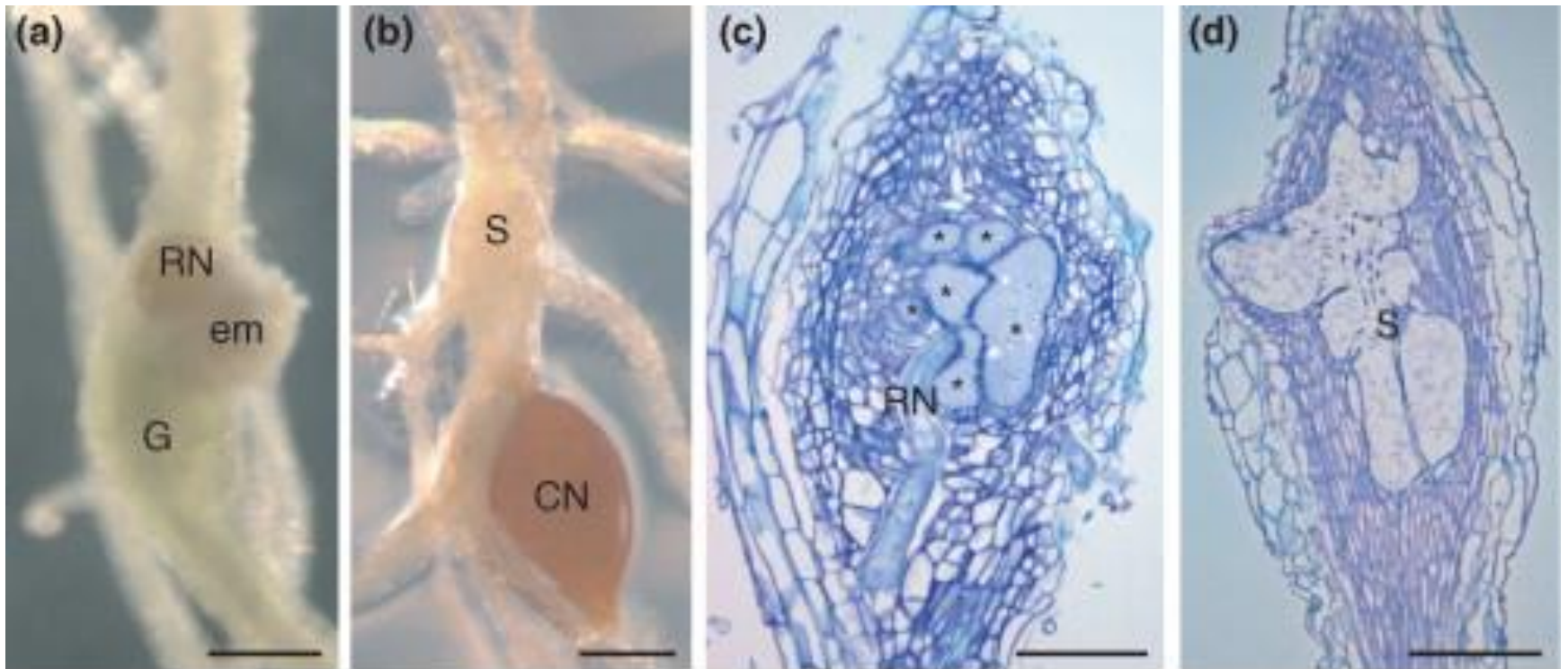
Estudio realizado por la Ing. Susana del Toro

Endoparásito sedentario: *Meloidogyne* sp.

Las larvas infectivas penetran en las raíces, donde inyectan toxinas que provocan una multiplicación desorganizada, con células gigantes multinucleadas, generando un **sitio de alimentación** (síncito), del cual se nutren hasta completar su ciclo.



Meloidogyne “nematodo agallador”



Current Opinion in Biotechnology

Figure 1 Giant cells and syncytia induced by plant parasitic nematodes. < (a) the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and (b) the cyst nematode *Heterodera* ...

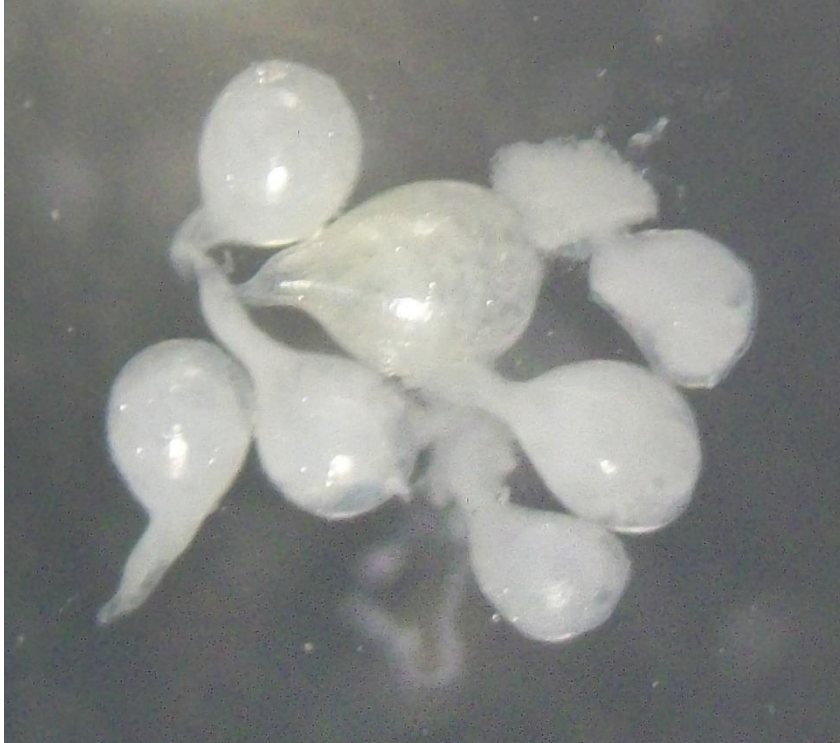
<http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2005.01.009>

Meloidogyne “nematodo agallador”

✿ Dimorfismo sexual: machos filiformes y hembras globosas

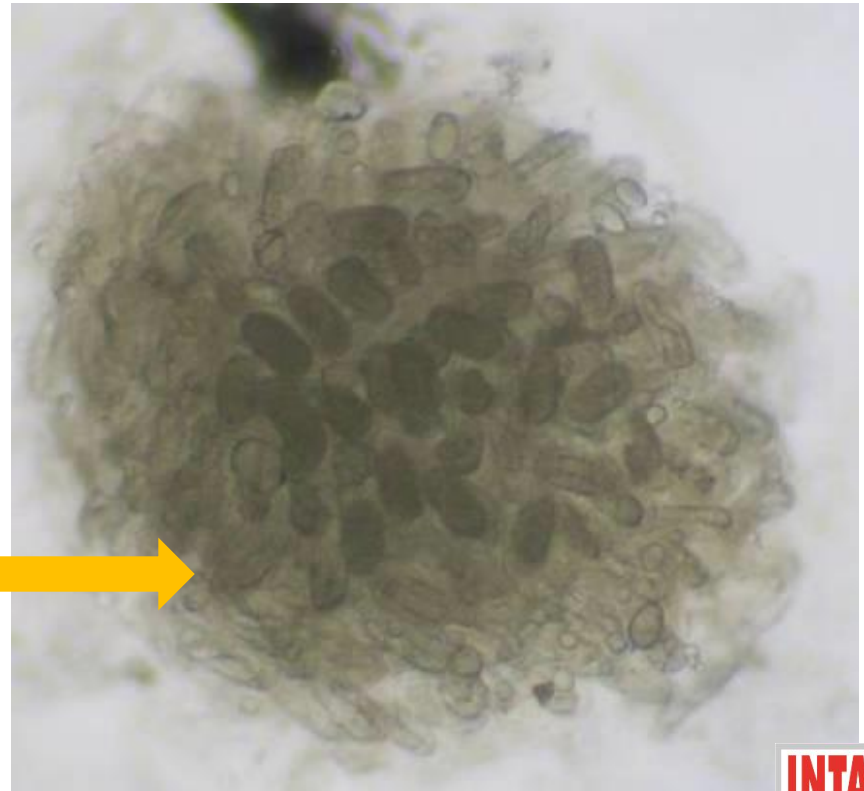


Meloidogyne “nematodo agallador”



Meloidogyne “nematodo agallador”

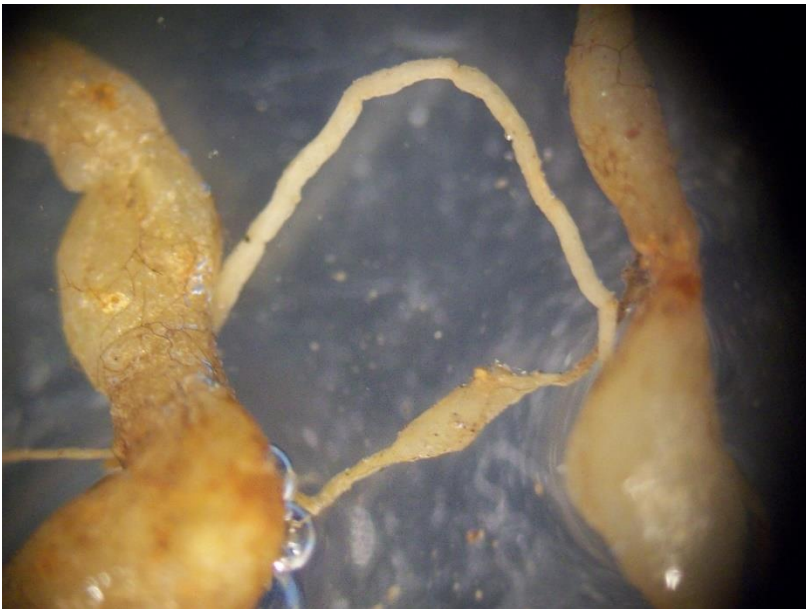
- Hembra madura: produce aproximadamente 600 huevos inmersos en una matriz muscilaginosa (protección).
- Eclosión de huevos: escalonada, para asegurar su persistencia



Meloidogyne “nematodo agallador”

Alteraciones histológicas

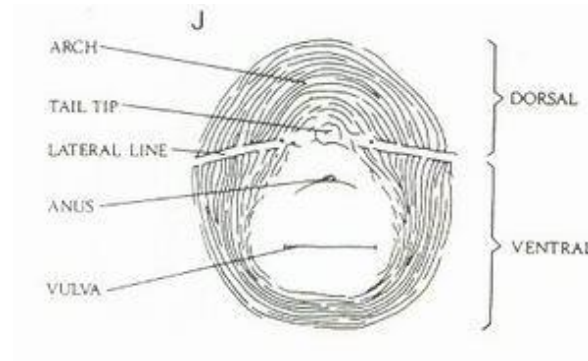
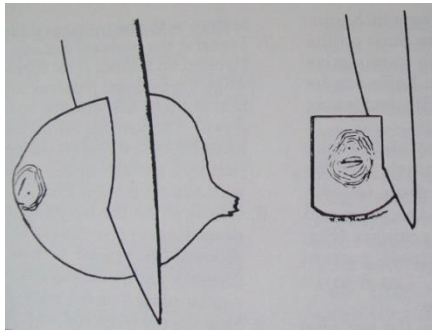
- Hipertrofia e hiperplasia celular, con lo cual se generan las típicas agallas en las raíces.
- Reducción y alteración del sistema vascular de la planta: menor rendimiento, clorosis, menor crecimiento.



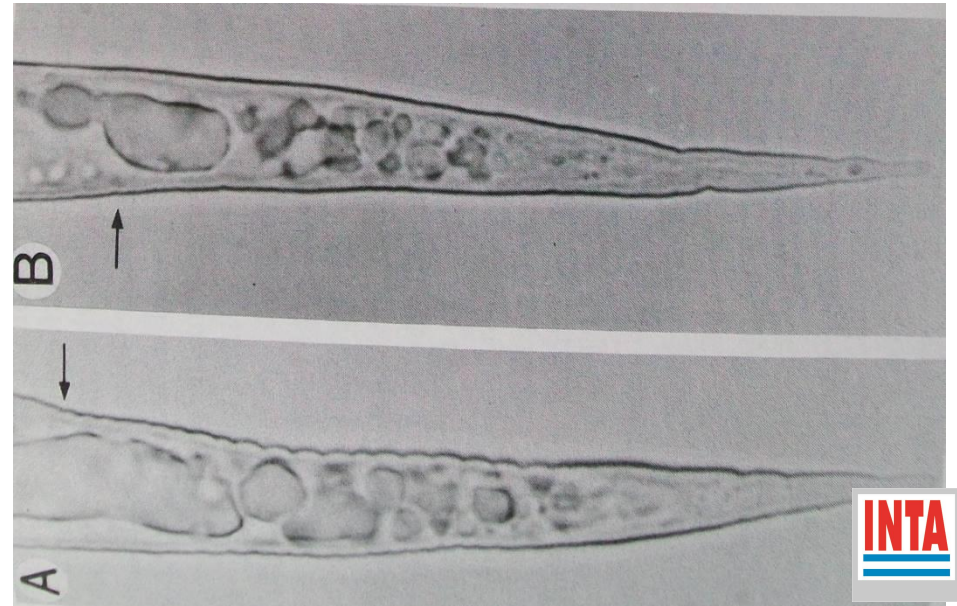
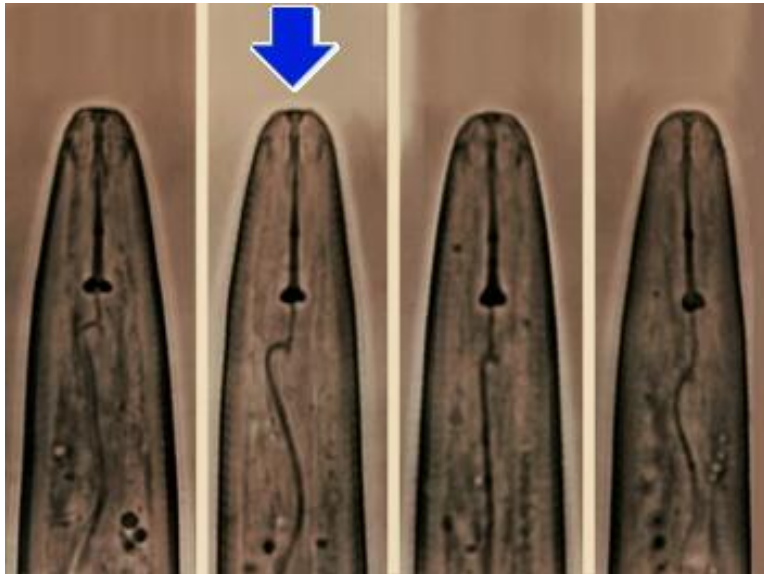
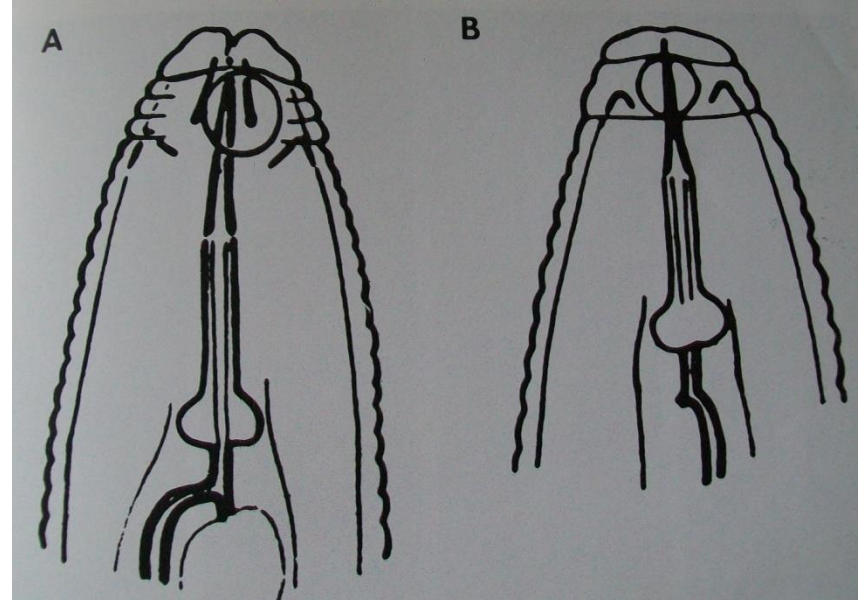
Meloidogyne “nematodo agallador”

Caracterización morfológica

- Las especies se pueden diferenciar estudiando el diseño perineal de las hembras y la región anterior de los machos y juveniles de segundo estadio.



Meloidogyne “nematodo agallador”



Meloidogyne “nematodo agallador”

Caracterización bioquímica

A partir de hembras o juveniles, se analiza el perfil de isoenzimas por electroforesis en gel de poliacrilamida, utilizando como referencia una población pura de *M. javanica* (Carneiro y Almeida, 2001).

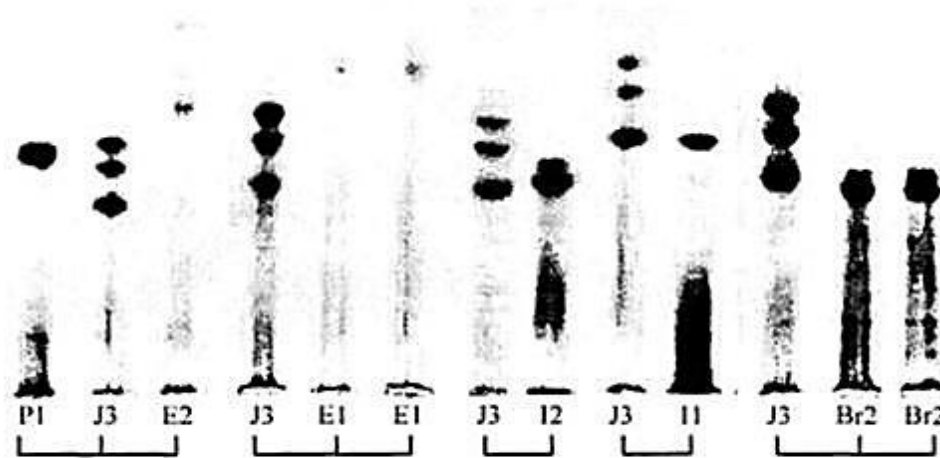


Figura. 2. Fenótipos de esterase de populações brasileiras de *Meloidogyne* spp. detectadas em cafeeiros nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Fenótipos P1: *M. paranaensis*, J3: *M. javanica*, E2: *M. exigua*, E1: *M. exigua*, I2: *M. incognita*, I1: *M. incognita*, Br2: *Meloidogyne* sp.

Meloidogyne “nematodo agallador”

Caracterización molecular

Estudio de ADN mitocondrial (COII-16S) Powers *et al.* (2005).

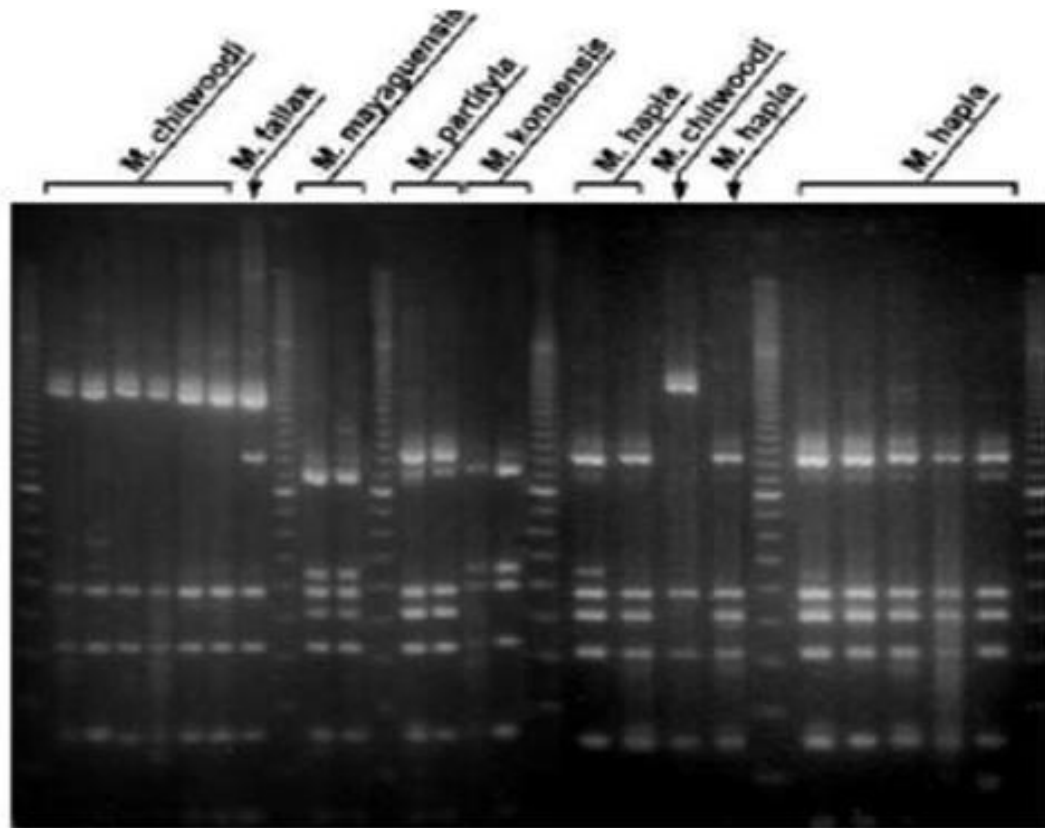


FIG. 5. *AluI* digestion pattern of the 640-bp 18S amplification product from selected *Meloidogyne* species. The 350-bp fragment observed in *M. chitwoodi* and *M. fallax* was unique for those species in these comparisons.

Meloidogyne “nematodo agallador”

✿ Un factor altamente influyente en la distribución de las especies geográficamente es la temperatura del suelo:

-**Especies criófilas**: sobreviven a temp. $<0^{\circ}\text{C}$ y eclosionan a temp. $<10^{\circ}\text{C}$.

Meloidogyne hapla.

-**Especies termófilas**: no sobreviven a $<10^{\circ}\text{C}$ y no eclosionan a $<15^{\circ}\text{C}$.

Meloidogyne incognita, *M. arenaria* y *M. javanica*.

Meloidogyne “nematodo agallador”

Síntomas

- ✓ Clorosis y necrosis prematura de hojas, especialmente en períodos de déficit hídrico
- ✓ Elevada mortalidad de plantas



Meloidogyne “nematodo agallador”

Síntomas



05/07/2039

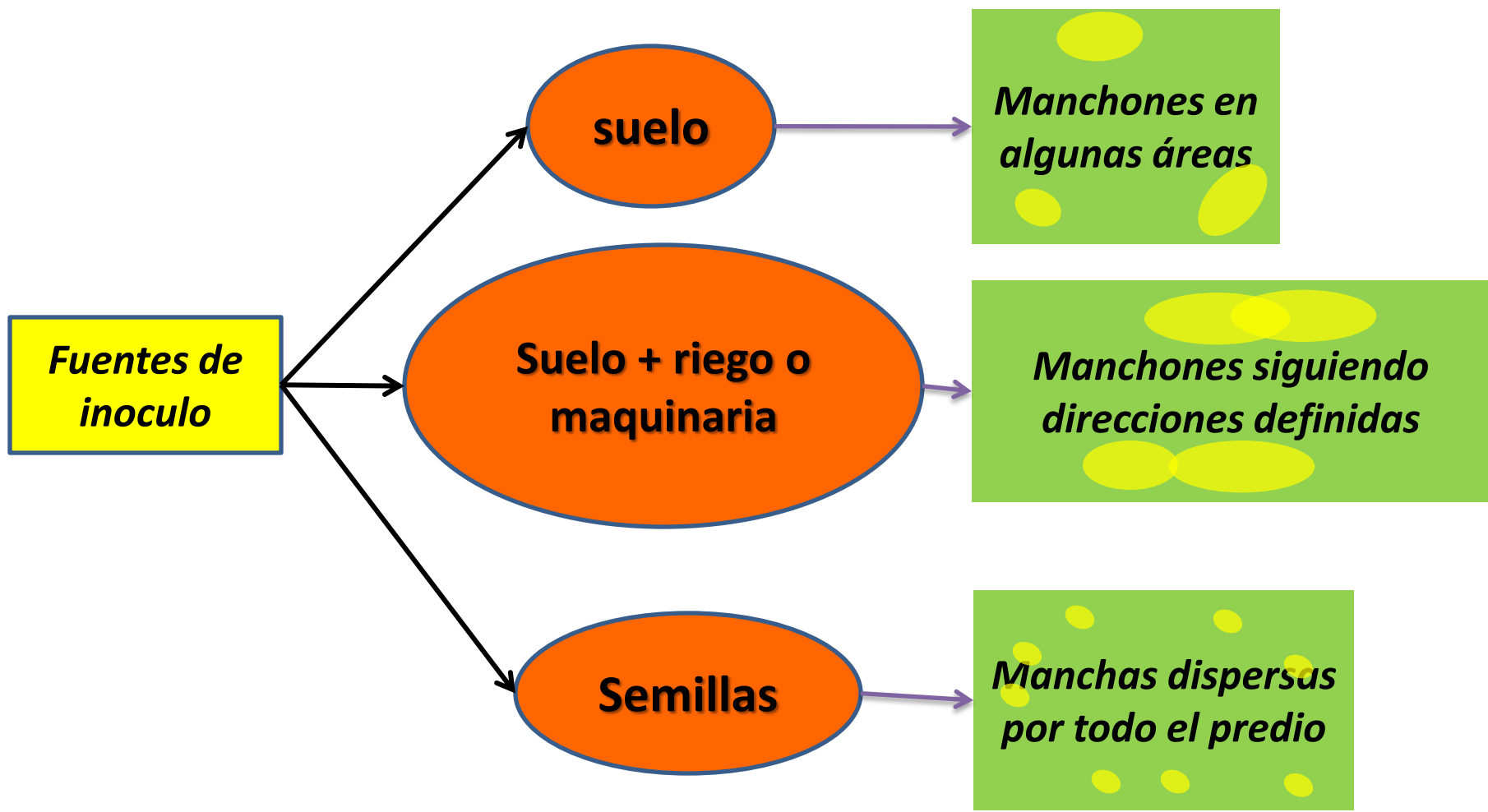
Meloidogyne “nematodo agallador”

Síntomas



05/07/2039

Distribución de síntomas en el cultivo



Meloidogyne “nematodo agallador”

Síntomas

- ✓ Agallas en las raíces y pérdida del valor comercial
- ✓ Raíz principal bifurcada (ataques a nivel de plántula)



Meloidogyne “nematodo agallador”

Síntomas



Meloidogyne “nematodo agallador”

Síntomas



Nacobbus aberrans “nematodo del rosario”

Características del ciclo de vida

- ✿ Dimorfismo sexual: machos filiformes (1,2 mm), hembras maduras engrosadas (1,9 mm largo)
- ✿ Las hembras fecundadas originan masas de huevos en la superficie de las raíces contaminadas.



Nacobbus aberrans “nematodo del rosario”

Características del ciclo de vida

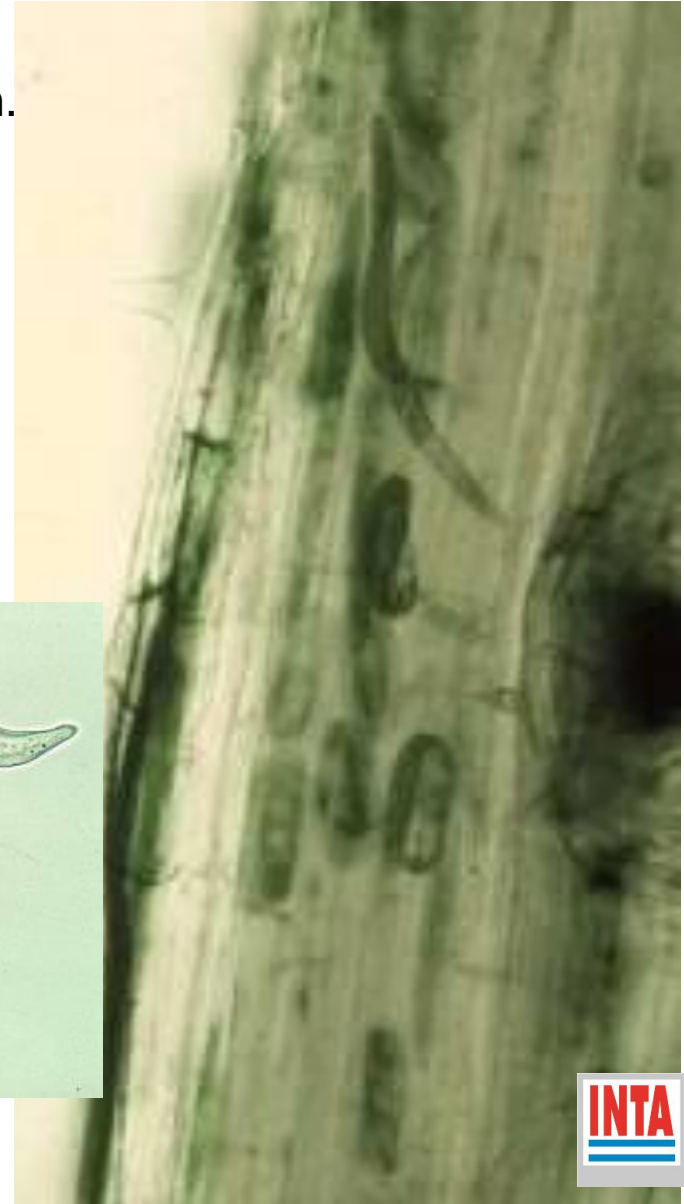
- ✿ A partir del J2, todos los estadíos son infectivos.
- ✿ El J3 puede originar hembras jóvenes o inmaduras filiformes, que una vez instaladas en los tejidos vegetales comenzarán a alimentarse y perderán su aspecto filiforme.
- ✿ Una vez que ingresan en los tejidos vegetales forman un sitio de alimentación y se generan agallas que en algunos casos tienen el aspecto de las cuentas de un rosario.



Ditylenchus dipsaci y *Pratylenchus penetrans*

Son endoparásitos migratorios, penetran en los tejidos vegetales donde se alimentan y reproducen.

Se movilizan a través de las células colonizando tejidos sanos y generando grietas que afectan el normal desarrollo del vegetal.



Ditylenchus dipsaci y *Pratylenchus penetrans*

Alteraciones histológicas

- Producen la necrosis de los tejidos que atraviesan en su movimiento dentro del vegetal y a medida que se van alimentando.
- Los daños producidos por estos nematodos generalmente se agravan por el ingreso de bacterias y hongos.



Ditylenchus dipsaci y *Pratylenchus penetrans*

Características del ciclo de vida

- ✿ Durante todos los estadíos mantienen el aspecto filiforme.
- ✿ Algunas especies son partenogenéticas y otras anfimícticas.
- ✿ Desarrollan su ciclo de vida tanto dentro del tejido vegetal como en el suelo.

[Video Ditylenchus](#)



Ditylenchus dipsaci y *Pratylenchus penetrans*

Sobrevivencia

- ✿ Cuando no tienen condiciones óptimas de crecimiento reducen su metabolismo y entran en latencia.



Ditylenchus dipsaci y *Pratylenchus penetrans*

Síntomas



- ✓ En la parte aérea se observa menor vigor, manchas en los tallos y a nivel del cuello (*Ditylenchus*)
- ✓ Las raíces afectadas presentan pequeños puntos necróticos o lesiones, raicillas raquílicas y retorcidas
- ✓ En ataques avanzados el sistema radical es totalmente reducido, pudiendo arrancarse fácilmente las plantas afectadas
- ✓ En ataques leves las zanahorias producidas son de menor tamaño

MANEJO DE NEMATODOS FITOPARASITOS



**Una vez establecidos en un terreno
son difíciles de erradicar**



ESTRATEGIA DE MANEJO

**PREVENIR EL
INGRESO DE LA
PLAGA**

**MANEJAR EL CULTIVO
Y EL PATÓGENO**

PREVENIR EL INGRESO DE LA PLAGA

Análisis de suelo

- **En preplantación**

Sanidad controlada

- **Iniciar los cultivos con semilla libre de nematodos**

Evitar la dispersión

- **Por medio de maquinarias, agua de riego y movimientos de suelo**

ANÁLISIS DE SUELO EN PREPLANTACIÓN

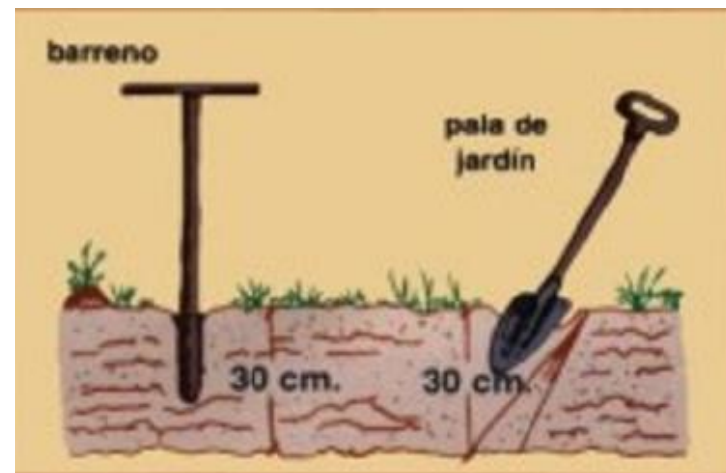
➤ Para lograr resultados más representativos de la situación real es fundamental realizar un buen plan de muestreo.

➤ Tener en cuenta:

- unidades de muestreo homogéneas
- suelo húmedo pero no saturado
- otoño / primavera – verano
- cultivo antecesor

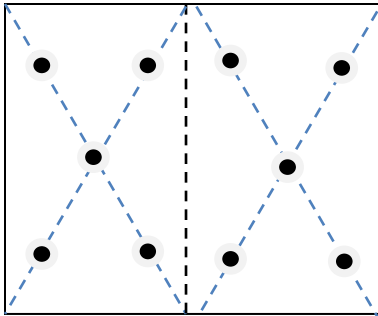
Técnica de extracción: eliminar los primeros 3 a 5 cm de suelo superficial y hacer un pozo de entre 20 y 40 cm de profundidad.

Extraer la mayor cantidad posible de submuestras por unidad de muestreo y conformar una muestra compuesta.

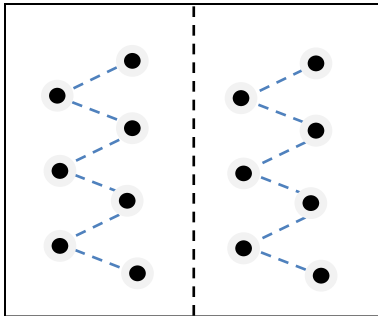


ANÁLISIS DE SUELO EN PREPLANTACIÓN

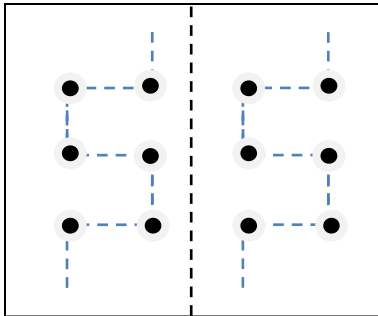
Diseños de muestreo:



Diagonales



Zig-Zag



Guarda griega



ANÁLISIS DE SEMILLA EN PREPLANTACIÓN

**Extraer muestras al azar y
conformar una muestra
compuesta de entre 100 y 200 gr**

**Almacenar en bolsas de papel
rotuladas hasta llevar al
laboratorio**



MANEJO DEL CULTIVO Y EL PATÓGENO

CULTIVO



**MAXIMIZAR EL
DESARROLLO DE
LAS PLANTAS**

PATÓGENO



**MANTENER UN
BAJO NIVEL
POBLACIONAL**

MANEJO DEL CULTIVO Y EL PATÓGENO

- ✓ **Análisis de suelo y plantas por sintomatología**
- ✓ **Evitar situaciones de estrés:** hídrico, nutricional y por daño mecánico
- ✓ **Cultivos antecesores con especies vegetales no hospedantes**
- ✓ **Eliminar hospedantes alternativos:** malezas
- ✓ **Incorporar materia orgánica**
- ✓ **Productos naturales y control biológico. Productos químicos?**

DIAGNÓSTICO

- ✓ Identificación del nematodo involucrado: morfología, sintomatología producida.
- ✓ Pérdidas: incidencia (distribución) + severidad (niveles de daño)
- ✓ Biología del nematodo : ciclo de la plaga, supervivencia, etc.
- ✓ Hospedantes: cultivados y silvestres.



Umbrales de daño

📖 Son sólo indicativos, ya que varían en función de la zona geográfica, la variedad, el destino, el manejo (hídrico y nutricional), tipo de suelo, etc.

Especie	Densidad	Origen
<i>Meloidogyne</i> sp.	300 J2/kg de suelo 90 J2/kg de suelo	Holanda Canadá
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	10 a 20/kg de suelo	Bibliografía internacional

Umbrales de daño

Umbrales para *Meloidogyne* sp. en suelos de San Juan y Mendoza

Textura del suelo	Número de individuos en 1 kg de suelo	Calificación del suelo
Arenoso a franco arenoso	Hasta 10 formas infestivas	Apto para cultivo
	Superior a 10 formas infestivas	No apto para cultivo
Franco a franco arcilloso	Hasta 20 formas infestivas	Apto para cultivo
	Superior a 20 formas infestivas	No apto para cultivo

Laboratorio de Nematología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCUYO (año 2000)

Umbrales de daño

Umbrales para *Ditylenchus dipsaci* en suelos y semilla de zanahoria

En el suelo		En las semillas	
Número de individuos en 1 kg de suelo	Calificación del suelo	Individuos en 100 g de semilla	Calificación de la semilla
Hasta 10 forma infestivas	Apto para cultivo	Ausencia	Apta para siembra
Superior a 10 formas infestivas	No apto para cultivo	Presencia	No apta para siembra

Laboratorio de Nematología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCUIYO (año 2000)

Umbrales de daño


Umbrales para *Nacobbus aberrans*


Individuos en 1 kg de suelo	Calificación del suelo
Ausencia	Apto para cultivo
Presencia	No apto para cultivo

Laboratorio de Nematología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCUYO (año 2000)

Rotación

¿en qué cultivos pueden causar mayores daños?

Meloidogyne sp.  Tomate, papa, acelga, espinaca, apio, cebolla, lechuga, espárrago, brócoli, alcaucil, zapallo, zanahoria, melón.

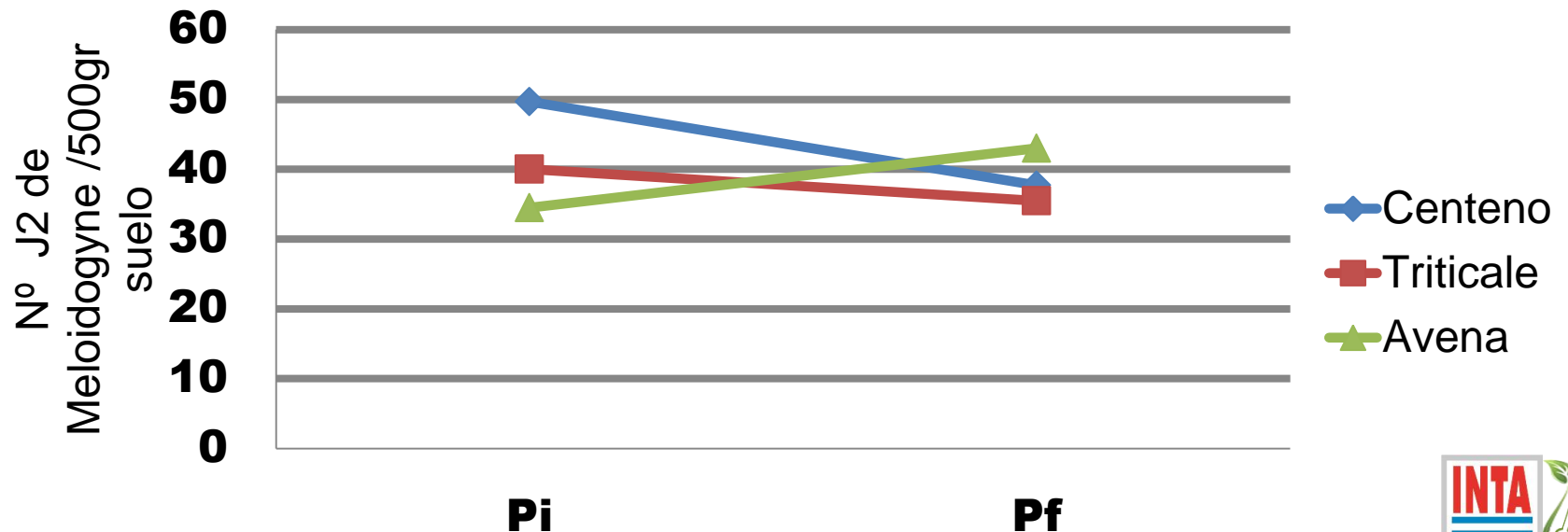
N. aberrans  Tomate, papa, acelga, espinaca, remolacha, cebolla, lechuga, pimiento, alcaucil, zapallo, zanahoria.

D. dipsaci  Ajo, cebolla, zanahoria, pimiento, alfalfa, frutilla.

Rotación con cultivos NO hospedantes

Evolución de la densidad de *Meloidogyne javanica* en un suelo cultivado con
verdeos de invierno:

CULTIVO	Pi	Pf
Centeno	49,7	37,7
Triticale	40,0	35,5
Avena	34,5	43,0



MALEZAS

Al finalizar el ciclo de un cultivo de papa, se relevaron las principales especies de malezas presentes en una parcela y se descalzaron 4 plantas de cada una.

En laboratorio se analizó el número de agallas desarrollado en cada raíz.

Con los datos obtenidos se estimó el índice de agallamiento (IA), donde:

- 0=0 agallas;
- 1=1 a 2 agallas;
- 2=3 a 10 agallas;
- 3= 11 a 30 agallas;
- 4= 31 a 100 agallas;
- 5= más de 100 agallas



MALEZAS

Se encontraron 13 especies de malezas parasitadas por *Meloidogyne javanica*, y el índice de agallamiento nos permitió detectar 4 grupos con diferencias significativas:

IA=5

- **Chenopodium album (Yuyo blanco),**
- **Convolvulus arvensis (Corregüela),**
- **Salsola kali (Cardo ruso)**

IA=4

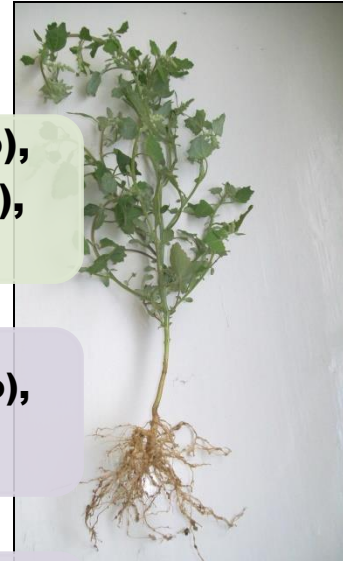
- **Amaranthus quitensis (Yuyo colorado),**
- **Avena fatua**

IA=3

- **Datura ferox (Chamico),**
- **Portulaca oleracea (Verdolaga),**
- **Sonchus oleraceus (Cerraja)**

IA=2

- **Setaria leucopila (Cola de zorro),**
- **Rapistrum rugosum (Mostacilla),**
- **Cottea pappophoroides (Pasto liebre),**
- **Sisymbrium irio (Nabillo)**



MATERIA ORGANICA

La aplicación de guano incorporado, tiene 2 ventajas importantes en cuanto al manejo de los nematodos:

- Favorece el equilibrio de la nematofauna, incrementando las densidades poblacionales de micófagos, bacteriófagos, omnívoros y predadores en relación con los fitófagos
- Durante su descomposición libera sustancias con efecto nematicida

(biofumigación)



MATERIA ORGANICA

MATERIA ORGANICA + COMPACTACION SUPERFICIAL = BIOFUMIGACIÓN
INCORPORADA

*Guano, abonos verdes,
rastros de brócoli,
repollo, coliflor, etc.*

sust. nematicidas
(Ej. amoníaco) y sust. que
favorecen a los micr.
antagonistas

EFICACIA = comp.de MO + microorganismos + manejo

SOLARIZACIÓN



 la temperatura del suelo



pobl. de nematodos

+ efectiva para endoparásitos migradores (*Ditylenchus*, *Pratylenchus*)
que para los nematodos formadores de agallas (*Meloidogyne* y
Nacobbus).

BIOFUMIGACIÓN + SOLARIZACIÓN

Mayor EFECTIVIDAD en el control porque la temperatura potencia la acción de los microorganismos responsables de la descomposición de la MO.

MATERIA ORGANICA

Ensayo 1: INTA Hilario Ascasubi

Duración del ensayo: 20 días (diciembre)

Tratamientos y resultados:

Tratamientos	FR de Meloidogyne (Pf-Pi)
Estiércol fresco de pollo (5 kg/m ²)	-100%
Biofumigación de frutos de paraíso (2 kg/m ²)	-85%
Solarización con polietileno de 100 micrones	-79%
Sin tratamiento	+4%

MATERIA ORGANICA

Ensayo 2: Castellanos et al (2005), Mendoza

Objetivos: controlar *Meloidogyne* previo a la siembra y verificar el comportamiento de la nematofauna benéfica

Duración del ensayo: 90 días (diciembre, enero y febrero)

Tratamientos y resultados: % de control de *Meloidogyne*

Nematodos	Suelo desnudo	Suelo solarizado	Suelo con estiércol vacuno	Suelo biofumigado
<i>Meloidogyne</i>	0%	60%	22%	100%
Dorylaimidos	0%	57%	89%	100%
Rhabditidos	6%	41%	4%	34%

Castellanos et al, 2005

Nematicidas naturales y control biológico

✿ Extractos vegetales: Ajo, *Melia*, *Tagetes*

✿ Microorganismos: *Pasteuria*, *Beauveria*, *Trichoderma*

Nematodo afectado por Beauveria



Nematodo afectado por Pasteuria



Productos químicos

✿ Los productos de síntesis tienen algunos inconvenientes:

- Generalmente son de amplio espectro de acción (eliminan fauna benéfica, rompiendo el equilibrio: competencia entre predadores, proceso de biodegradación de la materia orgánica).
- Contaminan el medio ambiente y las cadenas alimentarias (acumulación de residuos en los suelos, napas freáticas y cultivos tratados)
- No todos los estados de los nematodos perjudiciales son sensibles a los productos, se mueren solo los estadios móviles o vermiformes. Los huevos están protegidos por la masa gelatinosa y los adultos están dentro de la raíz por lo cual son difíciles de controlar. Es necesario repetir los tratamientos en forma sistemática, lo que causa resistencias fisiológicas de los nematodos a estos productos.

*Muchas gracias por tu
atención!*

Cecilia Picca

picca.cecilia@inta.gob.ar