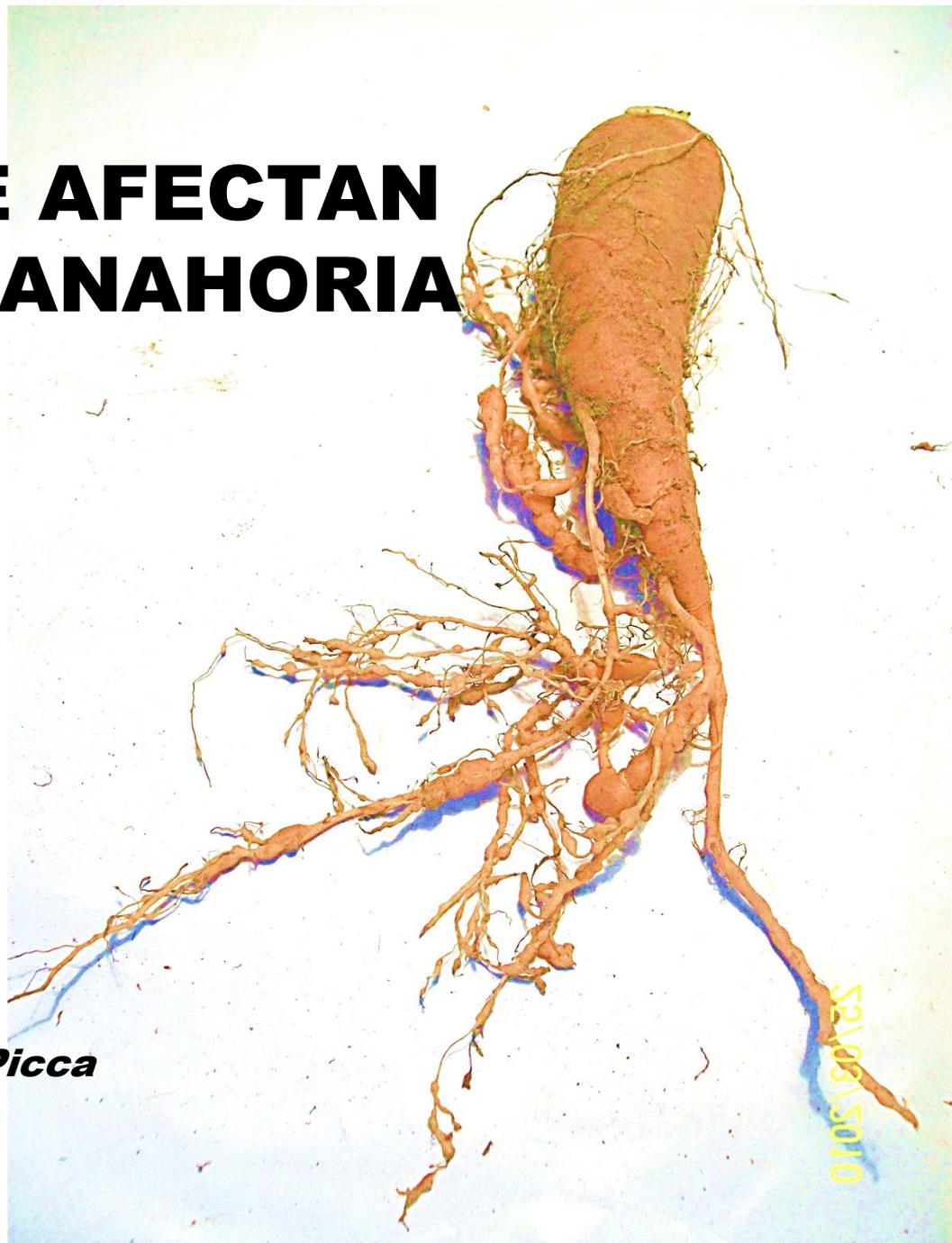


# NEMATODOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE ZANAHORIA



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

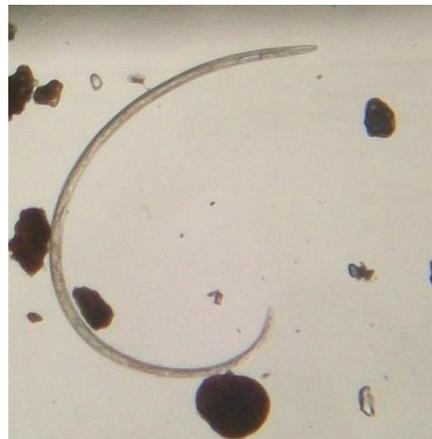
✿ Cuerpo alargado, fusiforme y en algunos casos globoso

✿ 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.

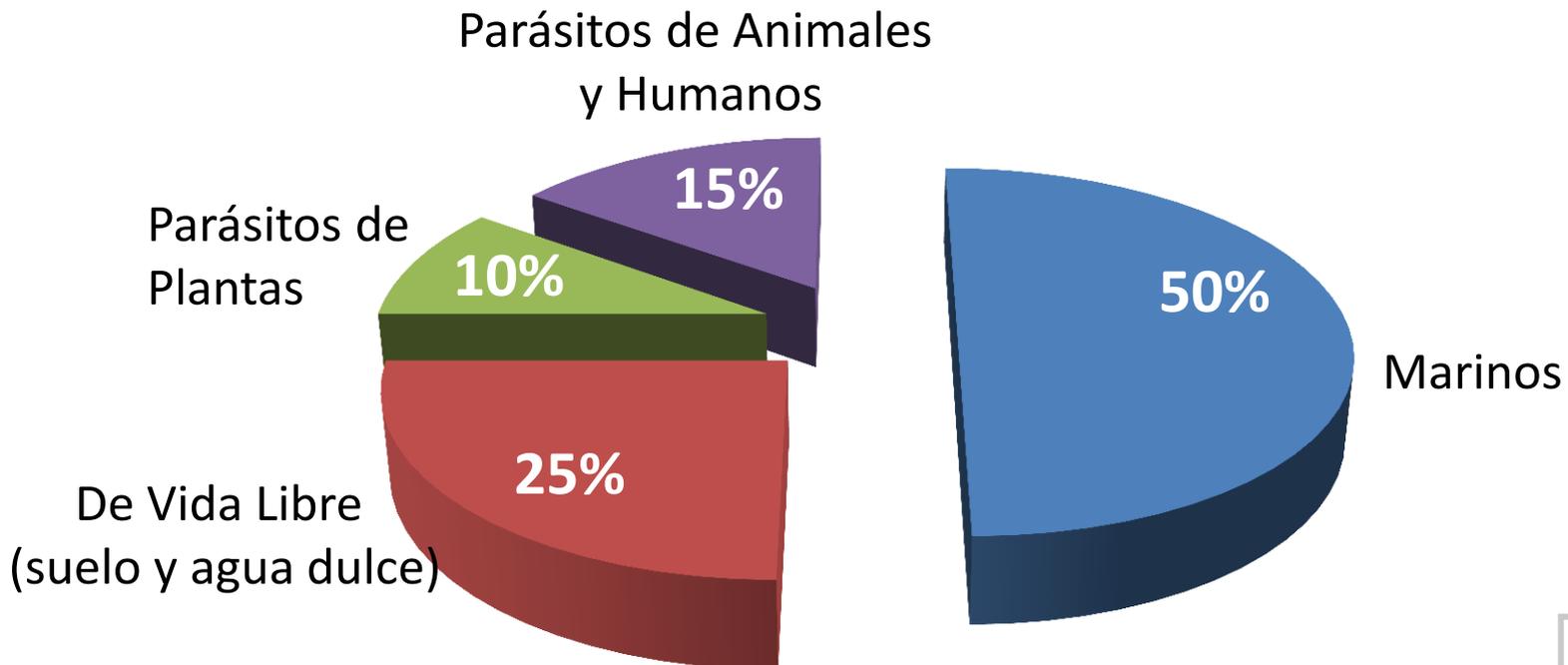
# Qué son los NEMATODOS?

Existen más de 80.000 sps. descritas

Ecología:

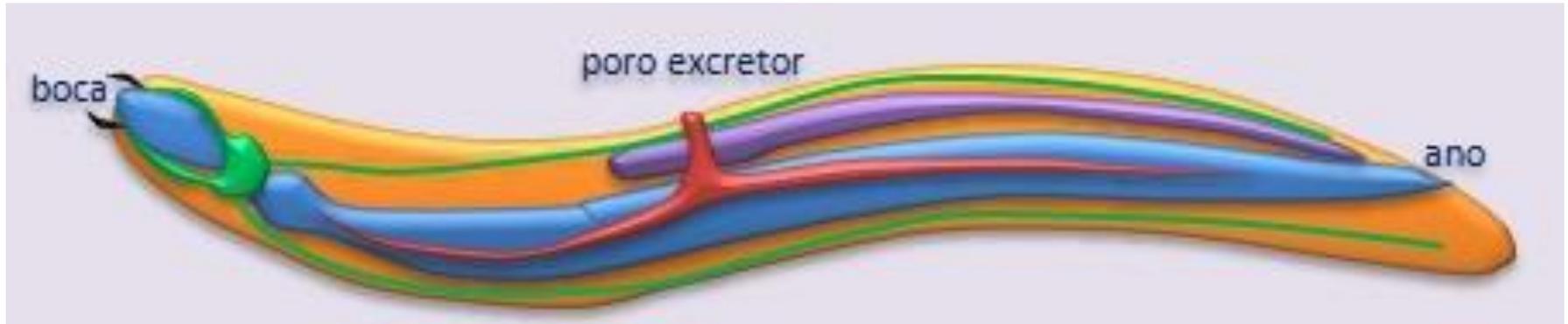
-de vida libre: mar, montaña, desierto, ríos, lagos, llanura.

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



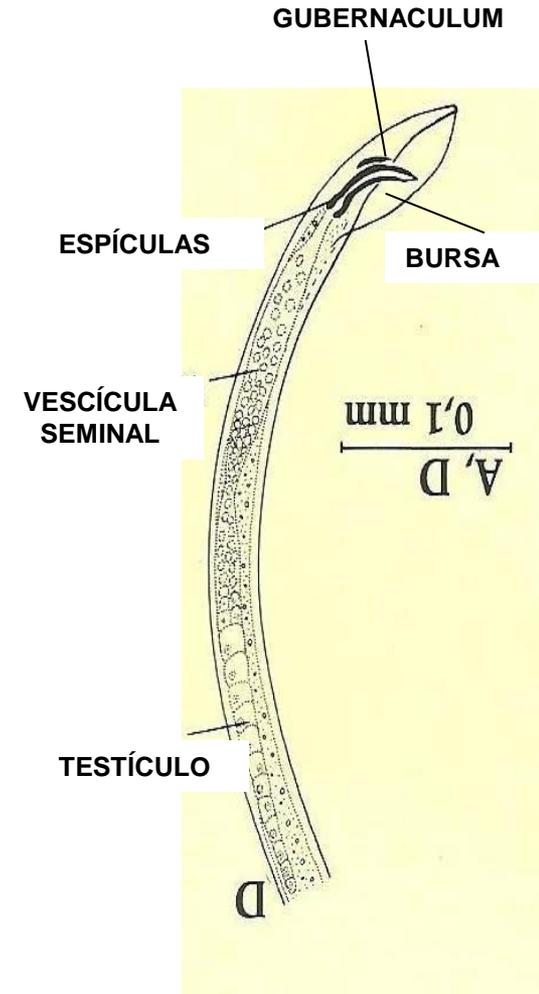
# Esquema de la organización general de un nematodo

Cuerpo no segmentado



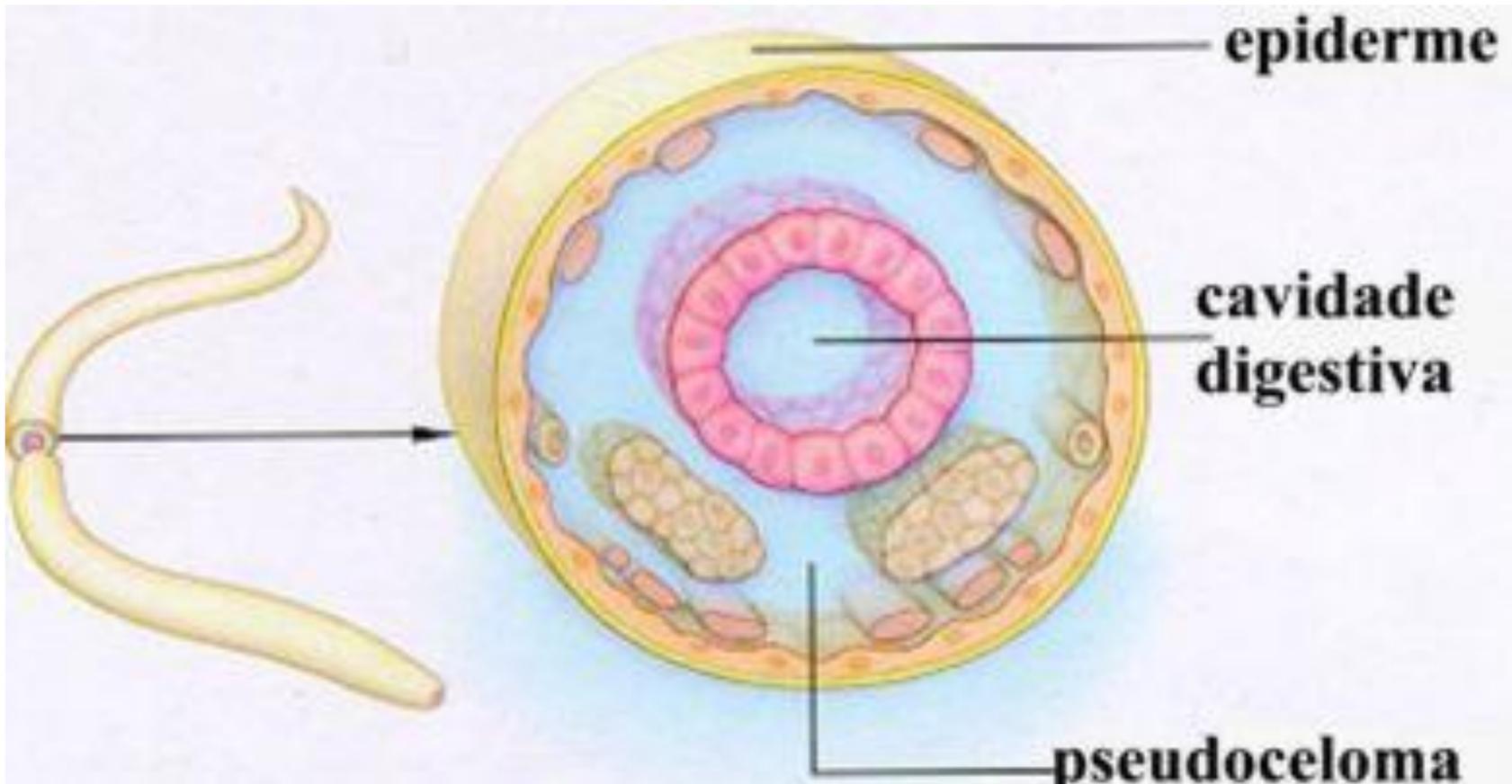
# Esquema de la organización general de un nematodo

✿ 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***

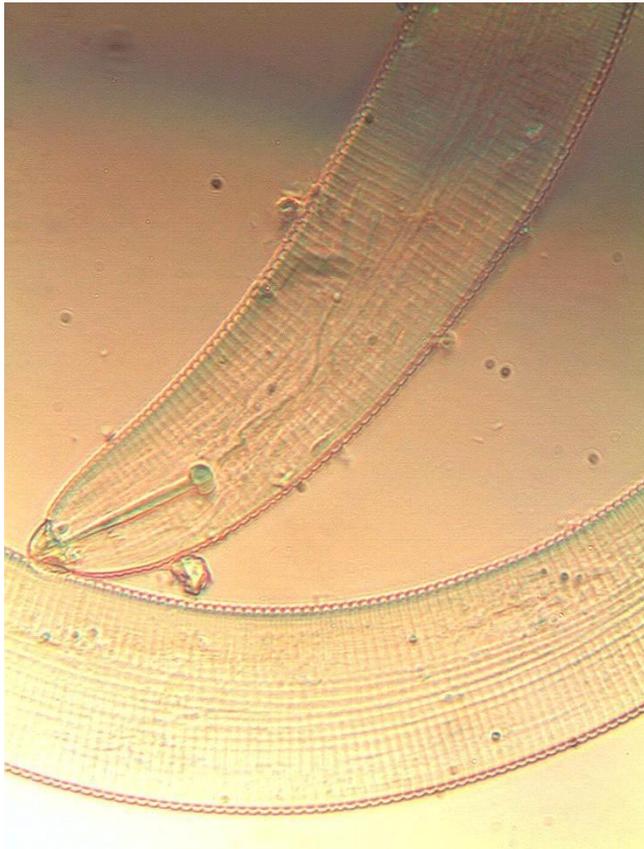
# ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

## CUTÍCULA

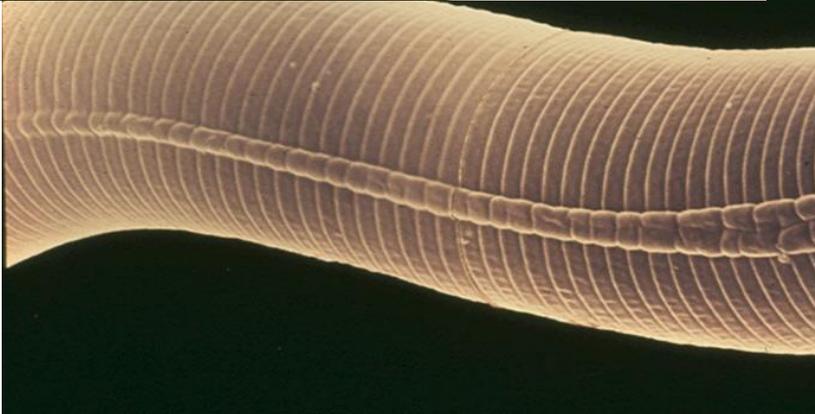
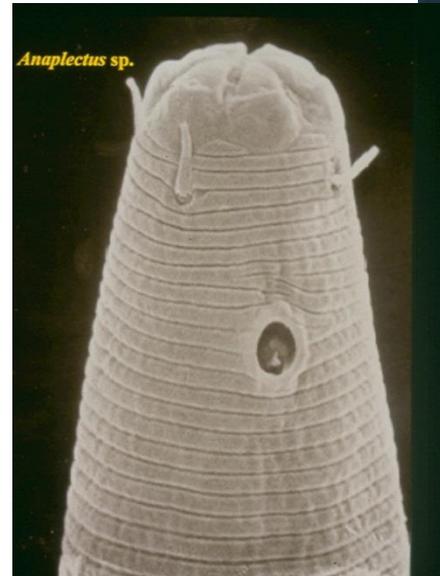
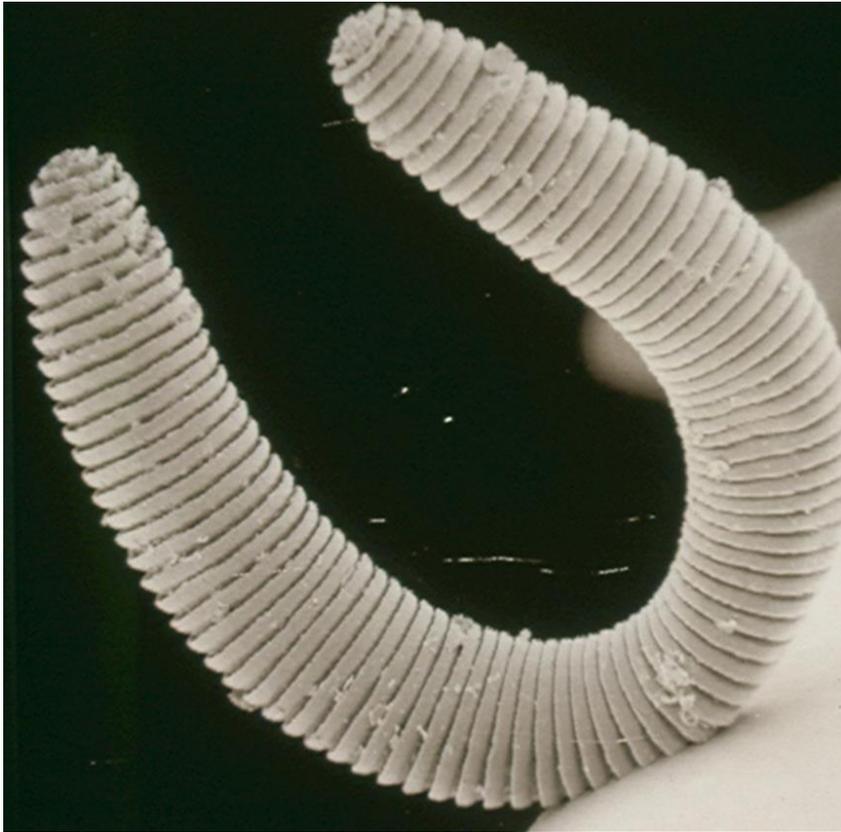
*Protección del cuerpo y las diferentes aberturas (boca, poro excretor, vulva, ano).*

*Semipermeable*

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

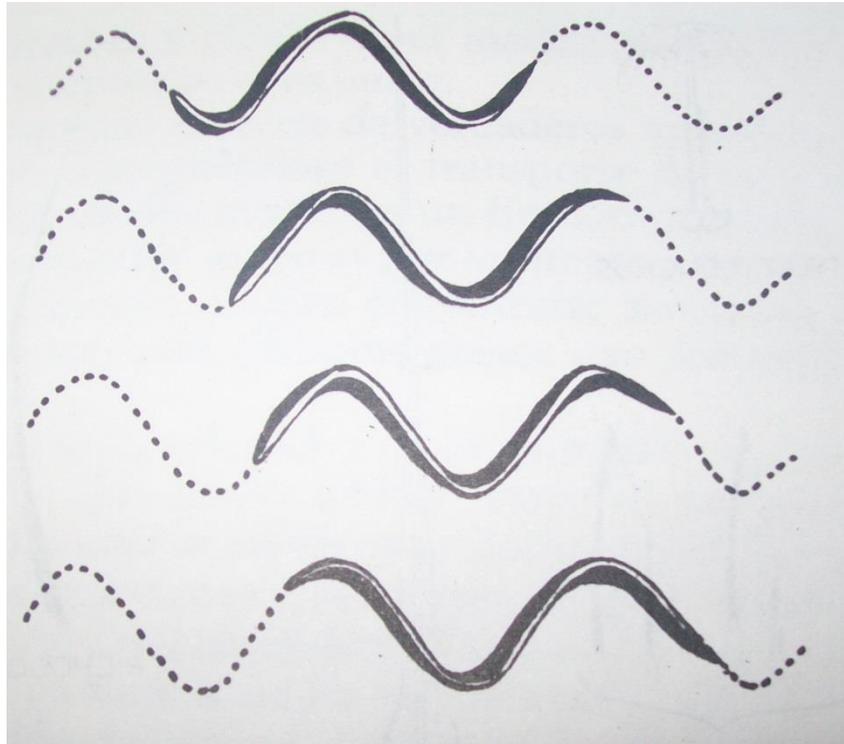


# ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS



# ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

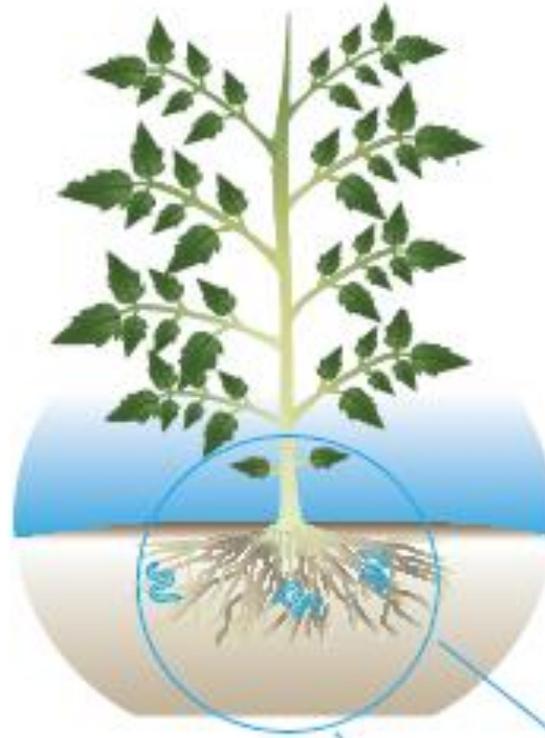
- ✓ *los nematodos tienen un único **movimiento** posible, que es en **ondas sinusoidales en el plano dorso-ventral**, por la **contracción alterna de las fibras musculares**.*



[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.



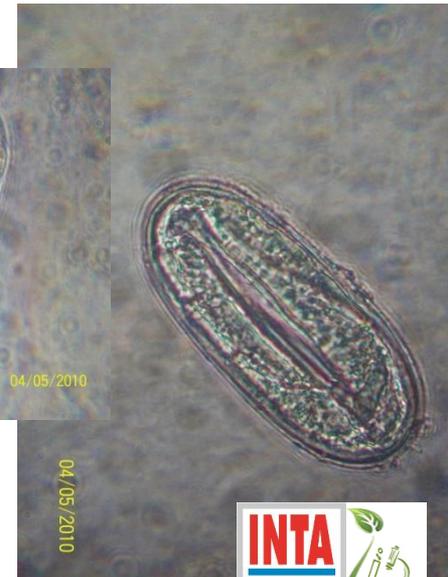
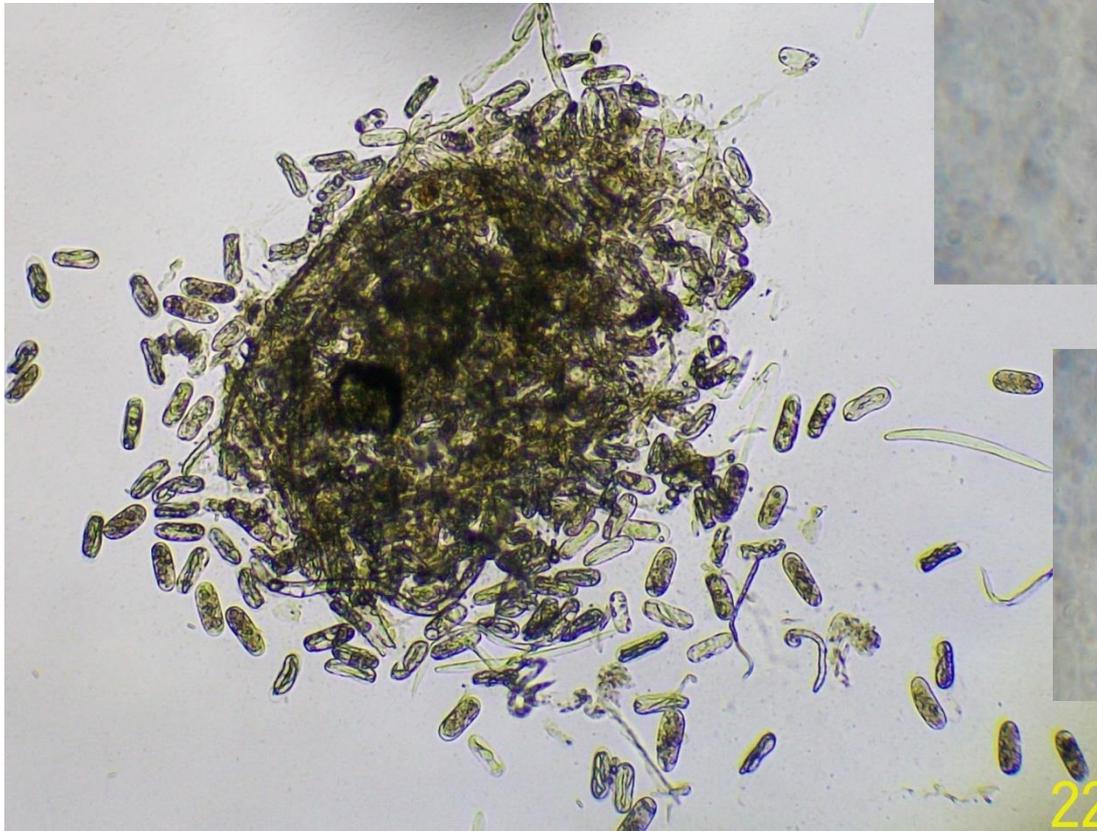
Raíces atacadas por Nematodos



# ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

## ✿ CRECIMIENTO Y REGULACIÓN

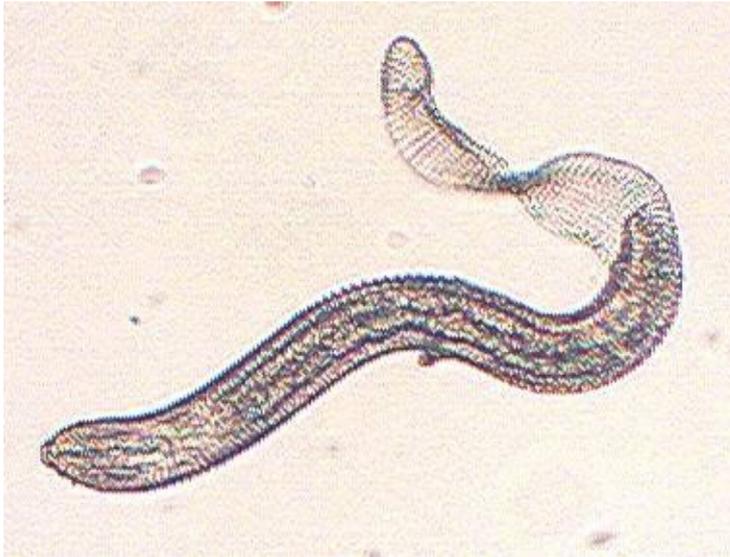
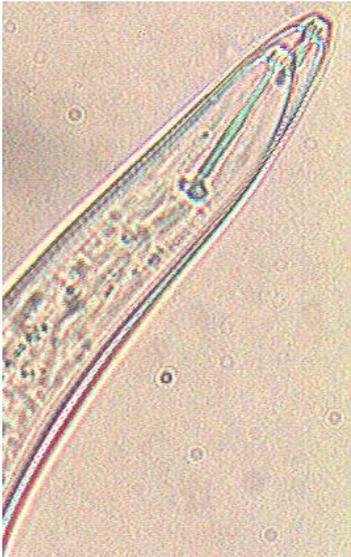
- ✓ La mayoría de los nematodos son ovíparos (también hay especies vivíparas).



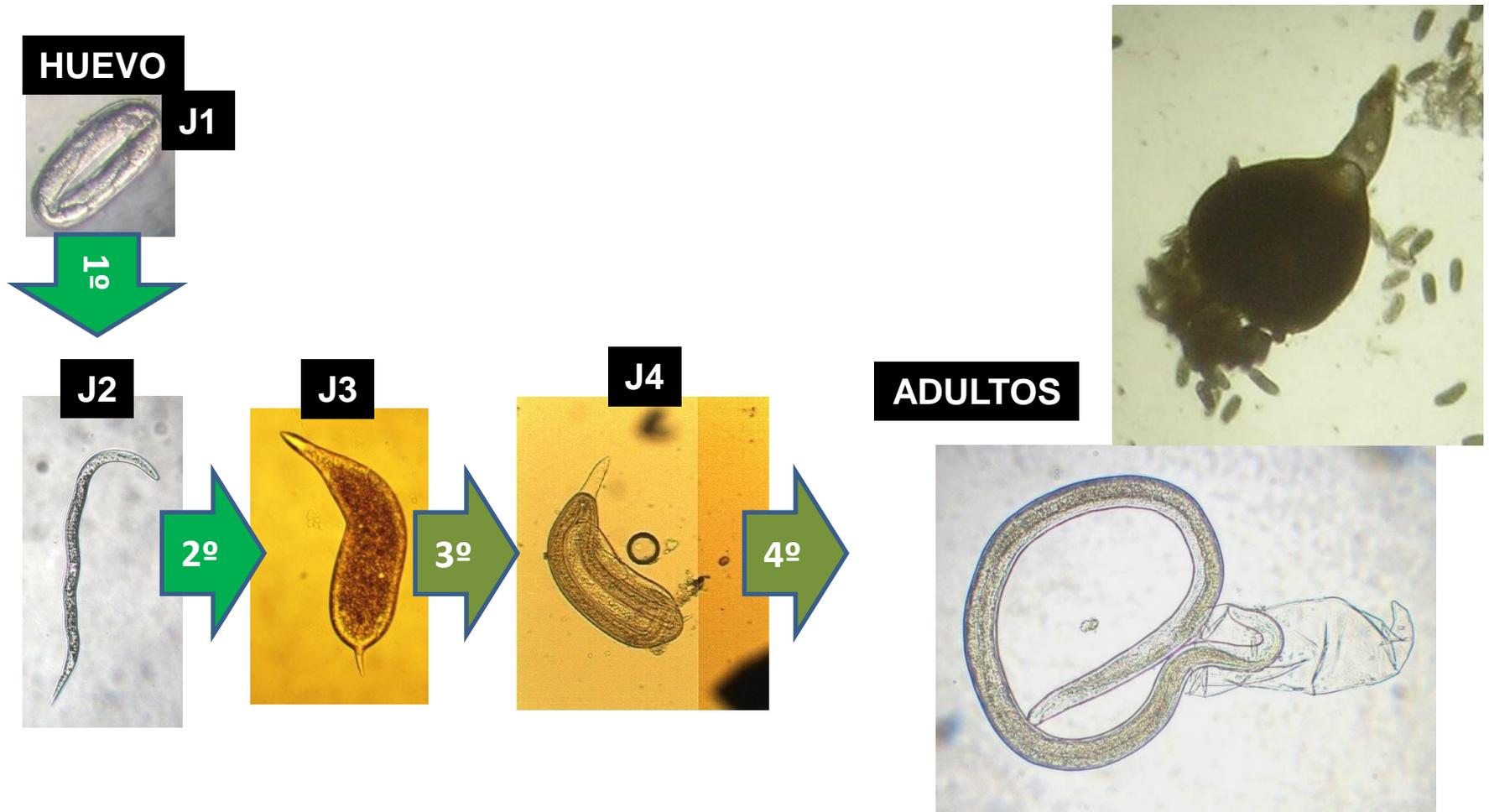
# ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

## ✿ 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*

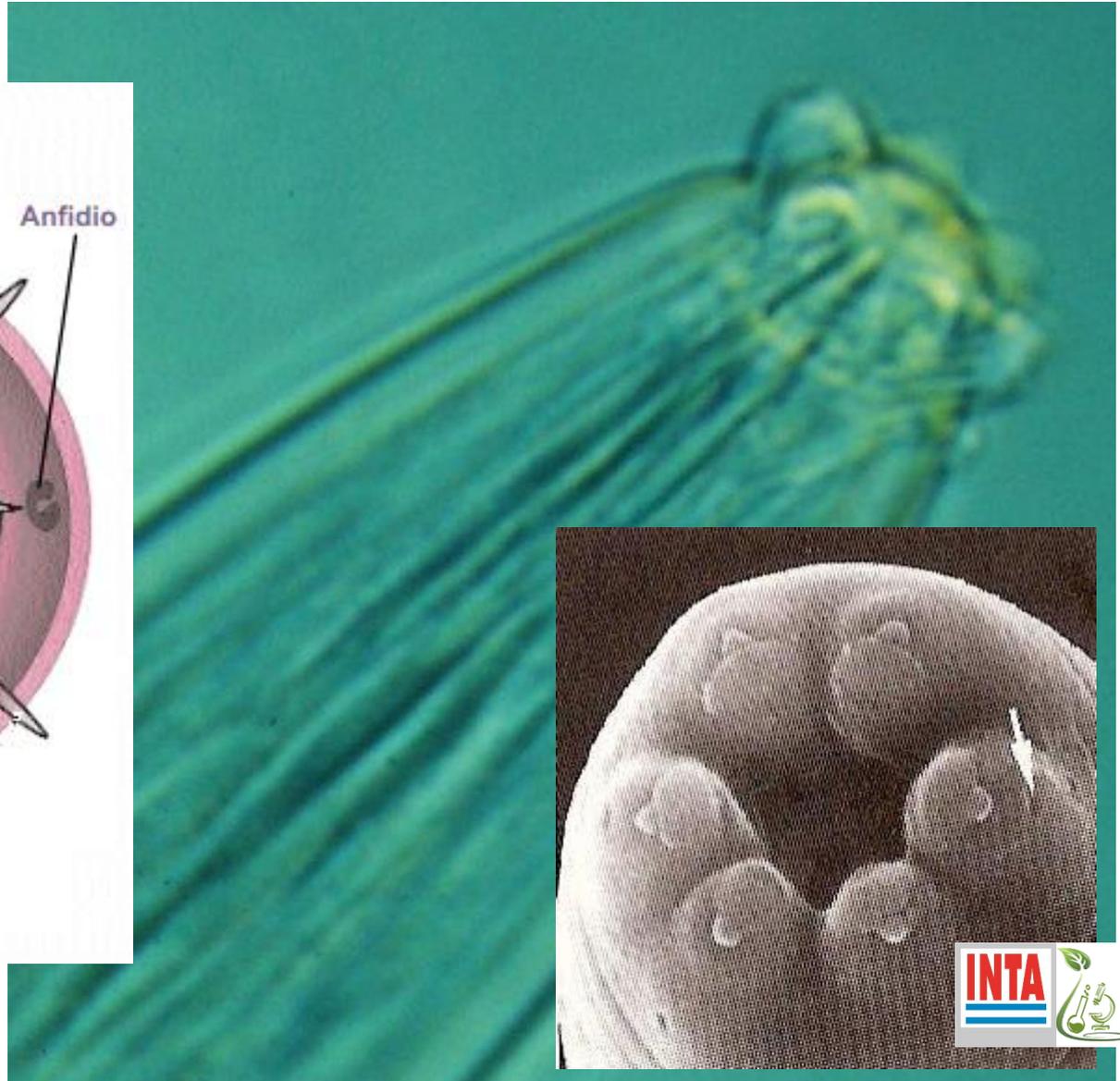
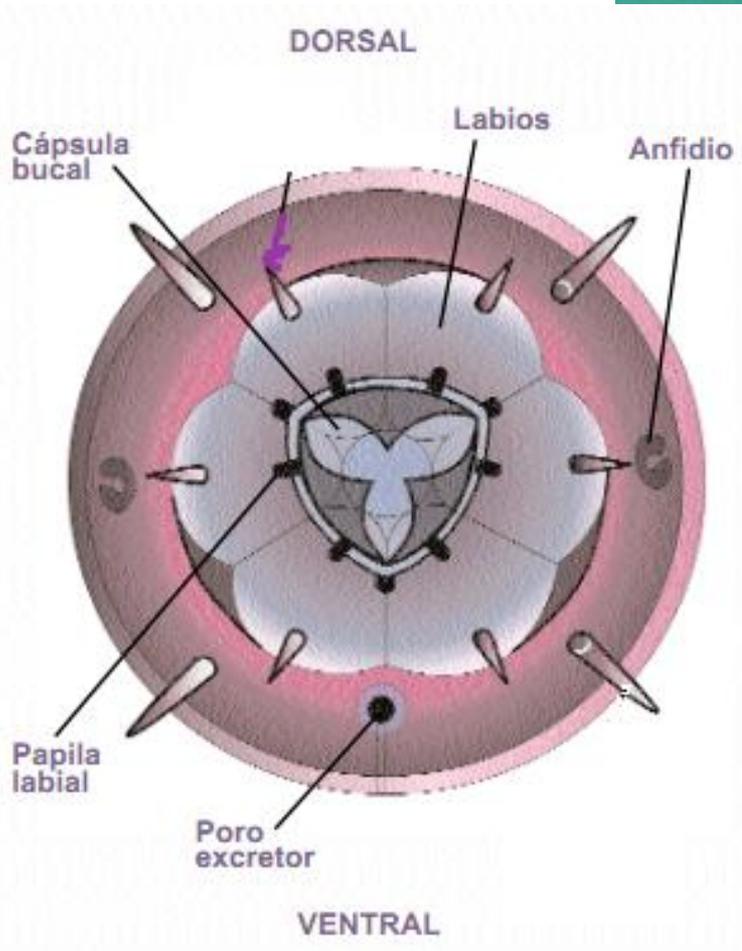


# CICLO DE VIDA



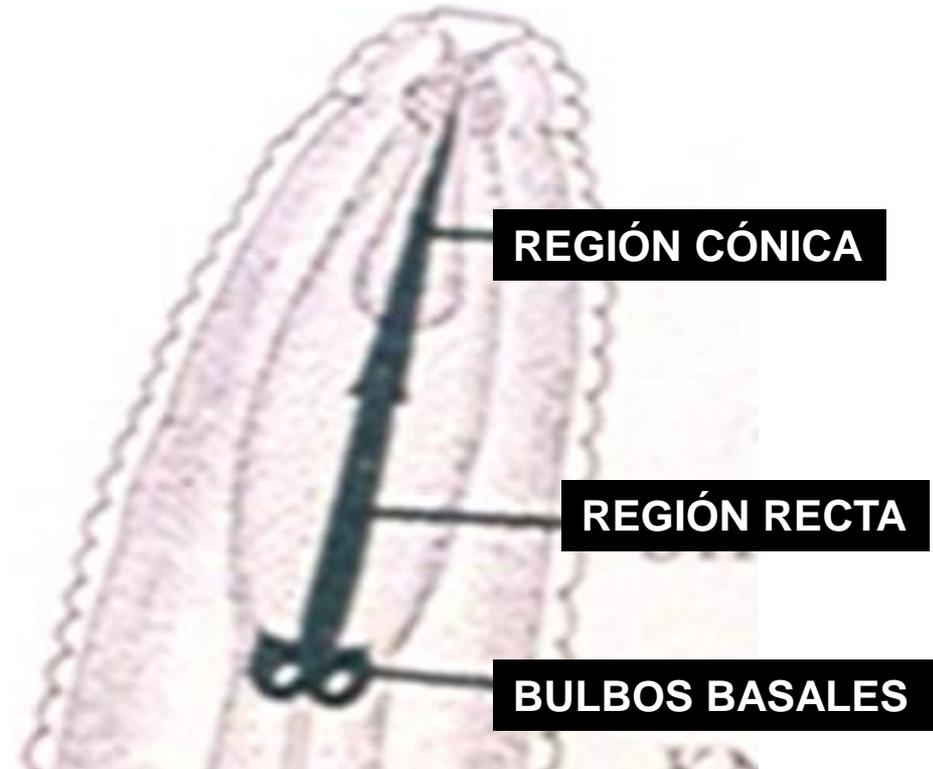
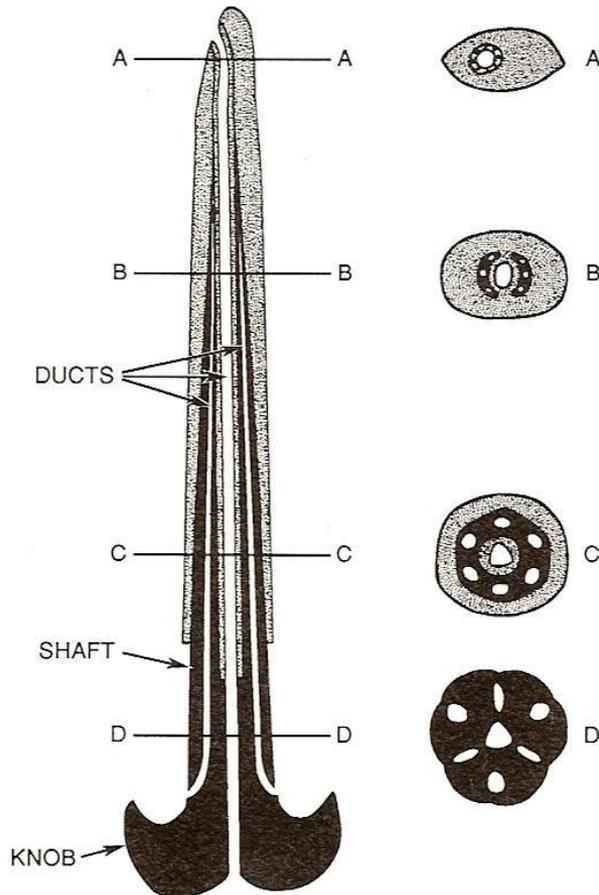
# ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS NEMATODOS

## ☀ CAVIDAD BUCAL



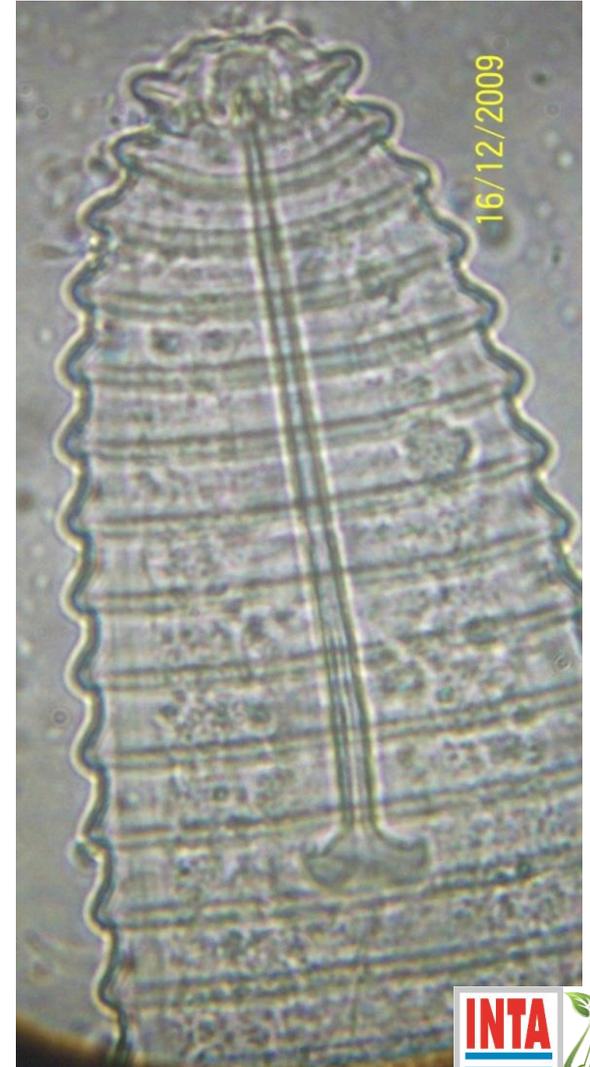
# NEMATODOS FITÓFAGOS

- 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

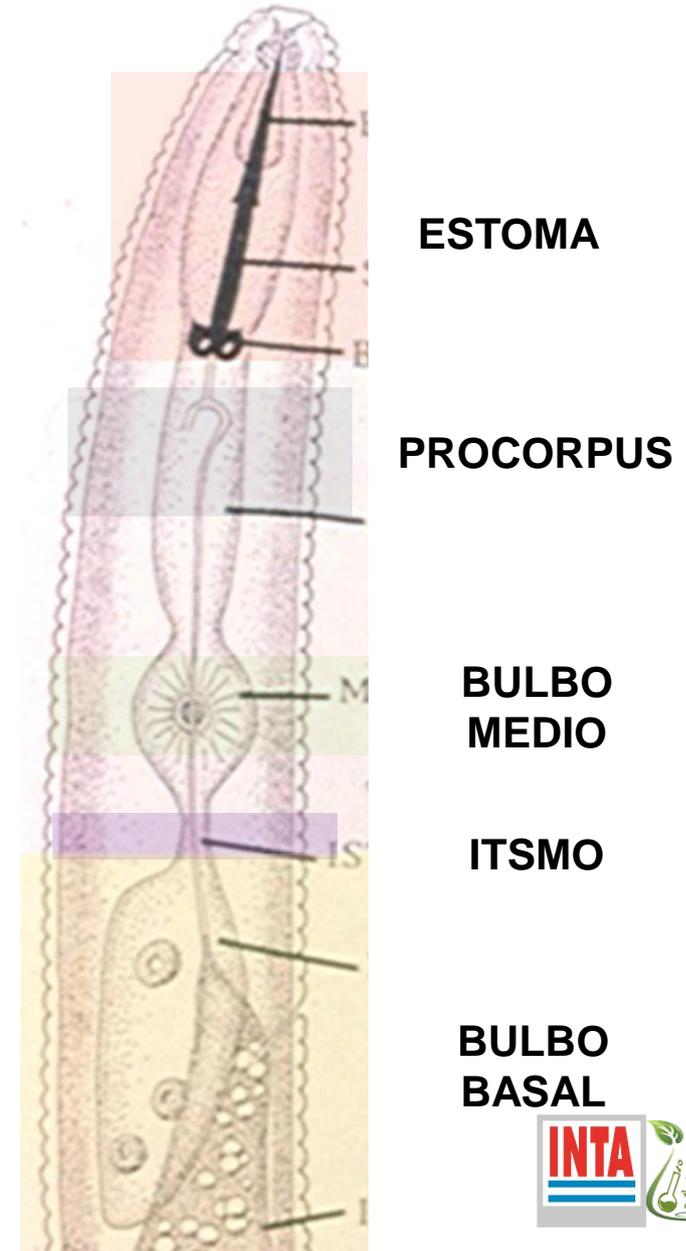


# NEMATODOS FITÓFAGOS

## ✿ ESÓFAGO

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

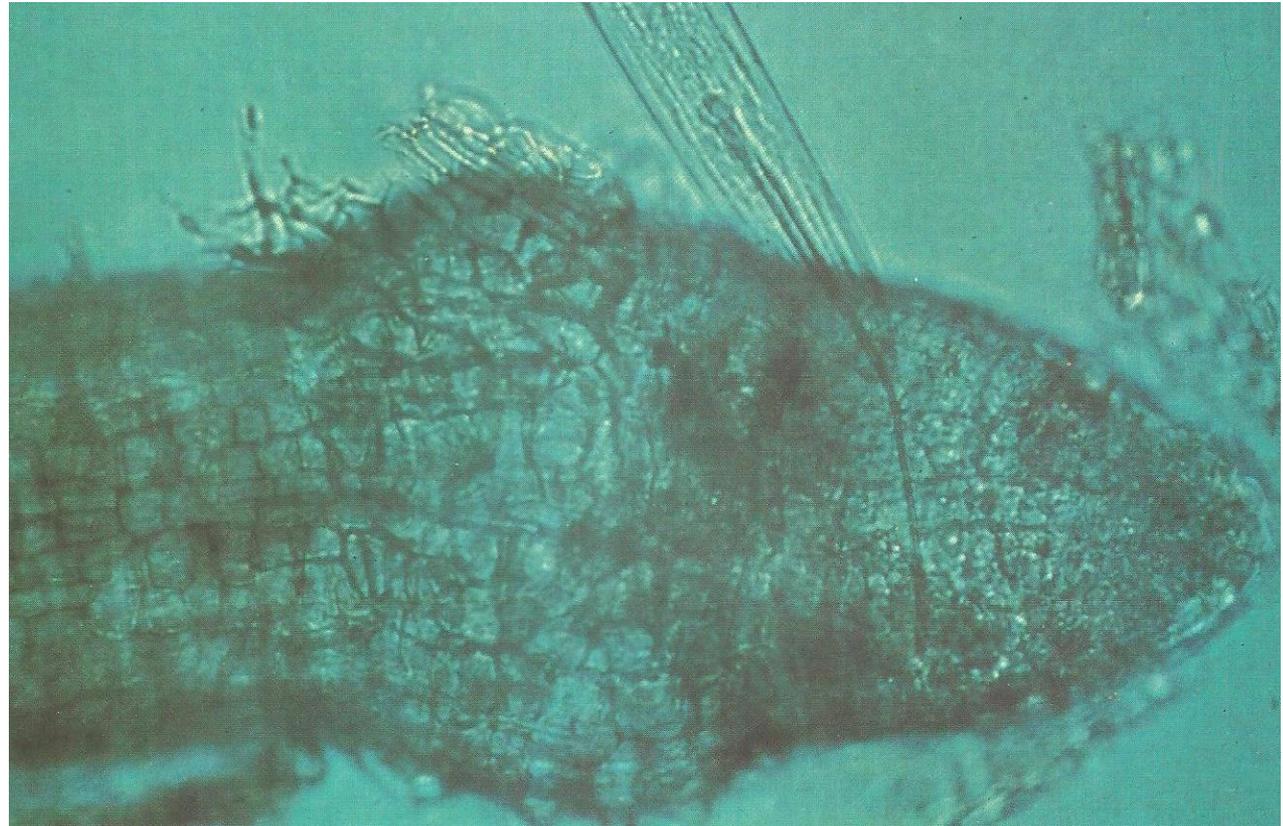
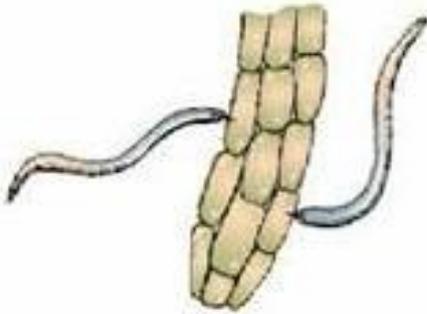
✿ Por dilatación y contracción del bulbo medio se produce el bombeo para que el alimento llegue al intestino.



# NEMATODOS FITÓFAGOS

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

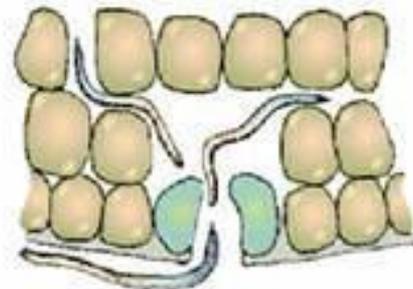
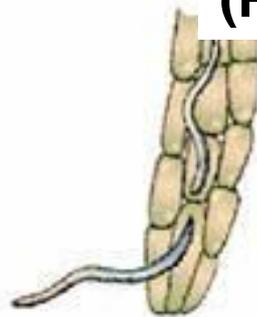
**ECTOPARÁSITOS**  
(Parásitos externos)



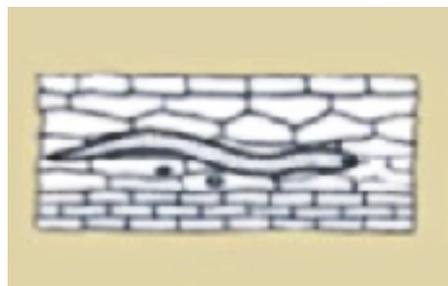
*Ej. Nematodo anillado (Criconemoides),  
Nematodos en espiral (Helicotylenchus, Rotylenchus)  
y Nematodo daga (Xiphinema)*

# NEMATODOS FITÓFAGOS

## ENDOPARÁSITOS (Parásitos internos)



### SEMIENDOPARÁSITOS



### ENDOPARÁSITOS MIGRATORIOS

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

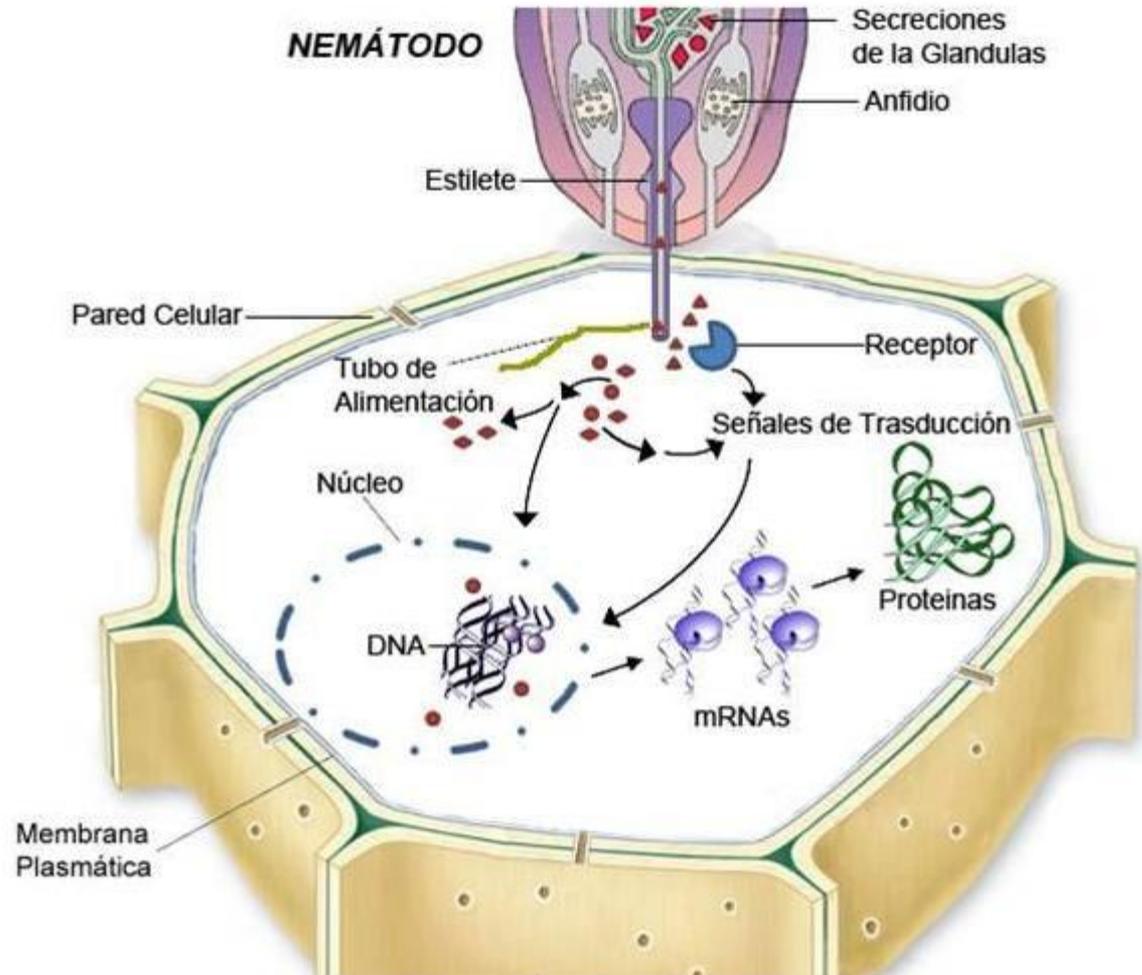


### ENDOPARÁSITOS SEDENTARIOS

*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 estadios 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).

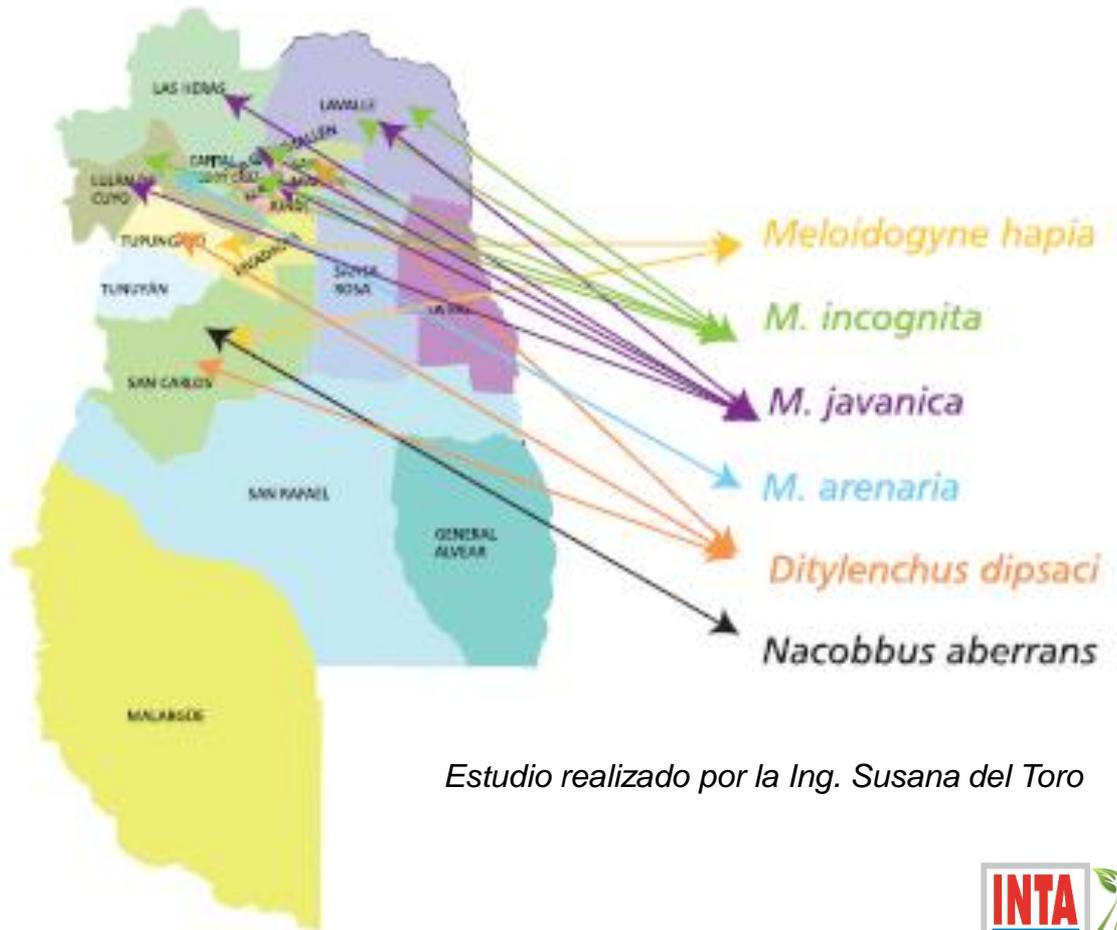
## Diseminación

✿ 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.

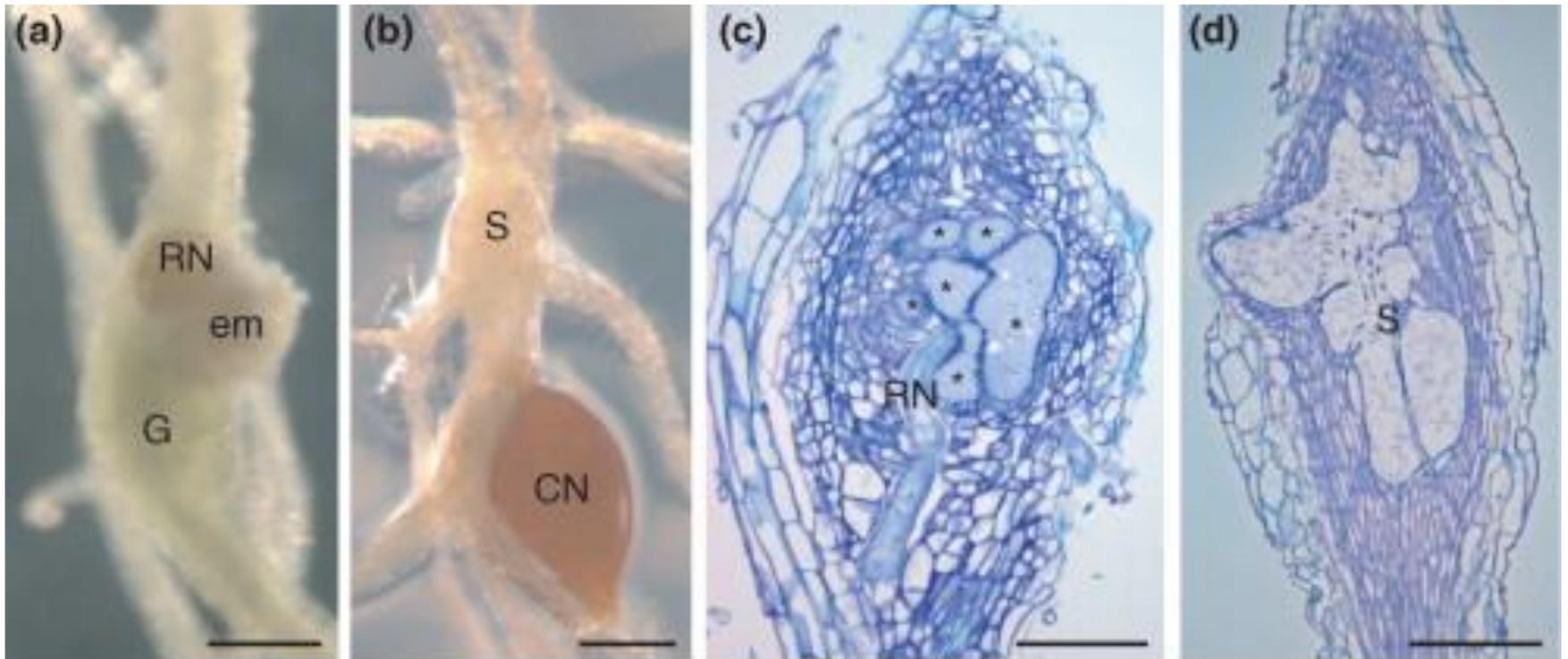
Las larvas infectivas penetran en las raíces, donde inyectan toxinas que provocan una multiplicación desorganizada, con células gigantes multinucleadas, generando un **sitio de alimentación** (síncito), del cual se nutren hasta completar su ciclo.



Larva infectiva



# *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* ...

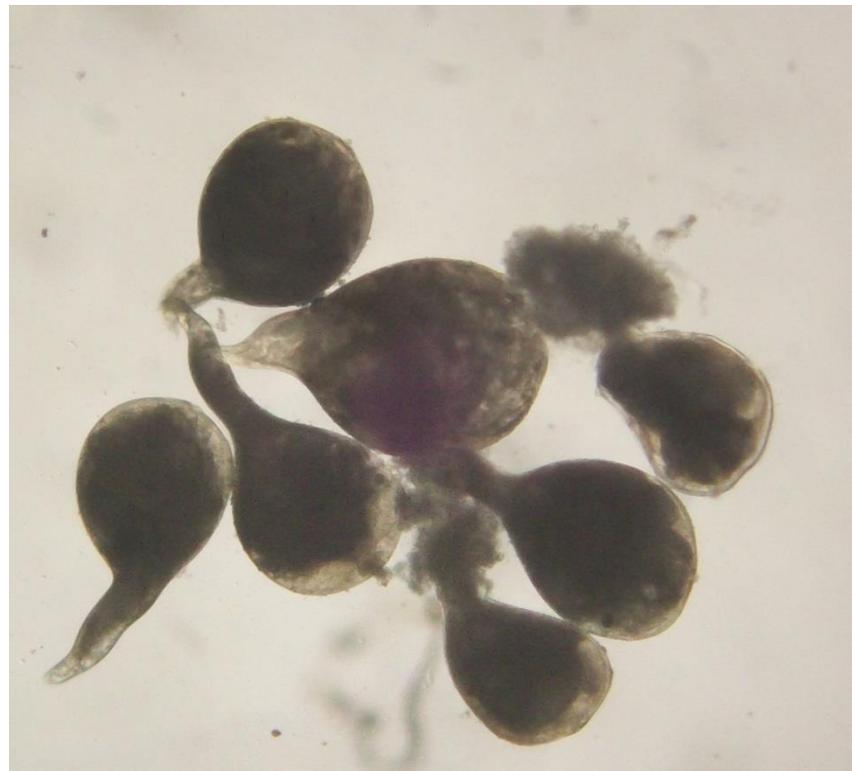
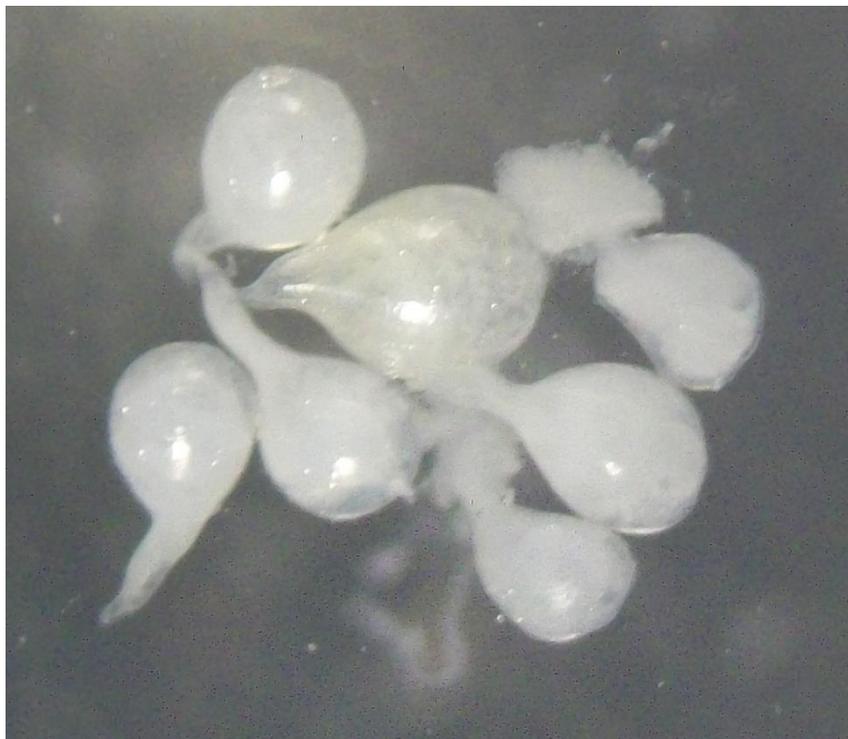
<http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2005.01.009>

# *Meloidogyne* “nematodo agallador”

✿ Dimorfismo sexual: machos filiformes y hembras globosas

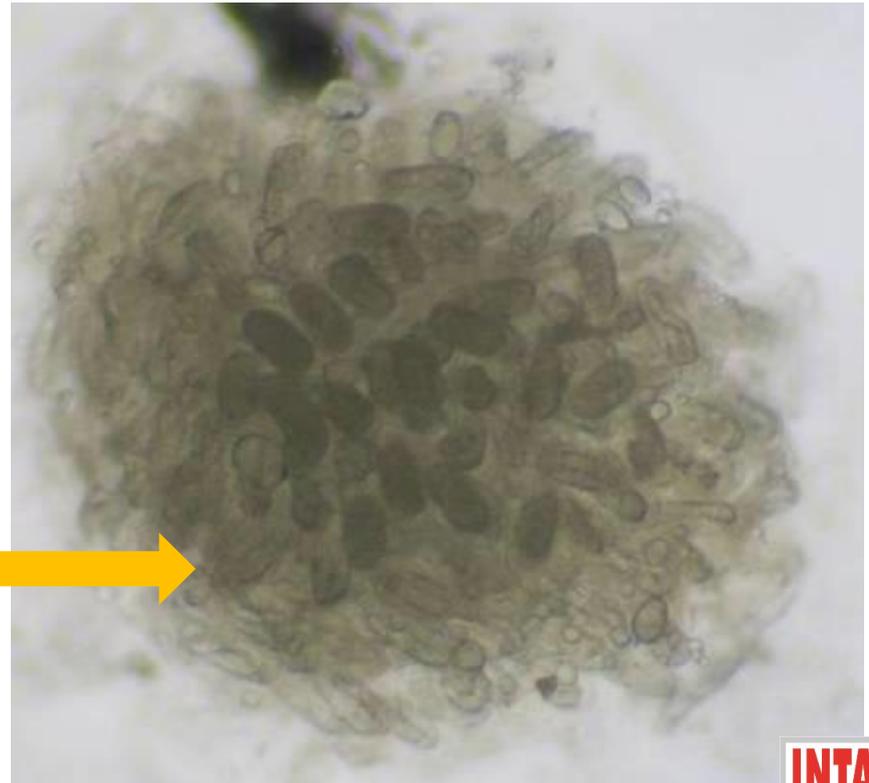


# *Meloidogyne* “nematodo agallador”



# *Meloidogyne* “nematodo agallador”

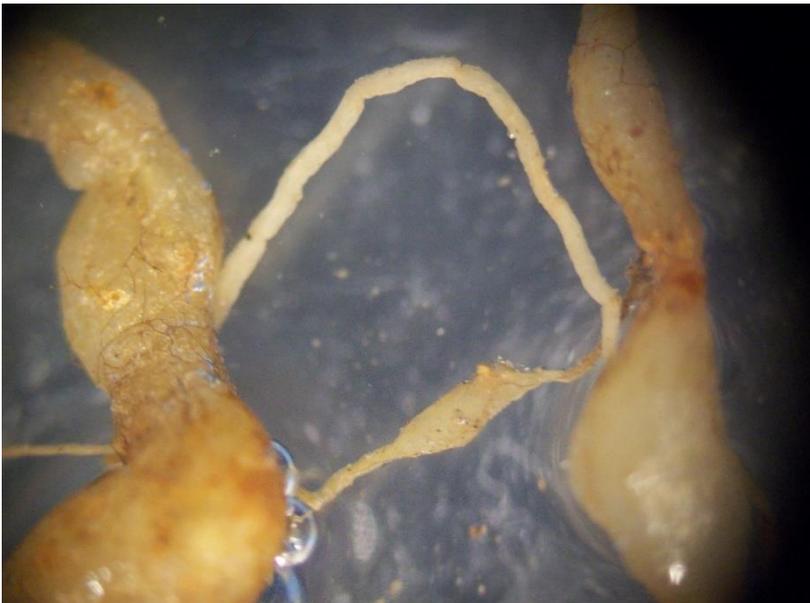
- Hembra madura: produce aproximadamente 600 huevos inmersos en una matriz muscilaginosa (protección).
- Eclosión de huevos: escalonada, para asegurar su persistencia



# *Meloidogyne* “nematodo agallador”

## Alteraciones histológicas

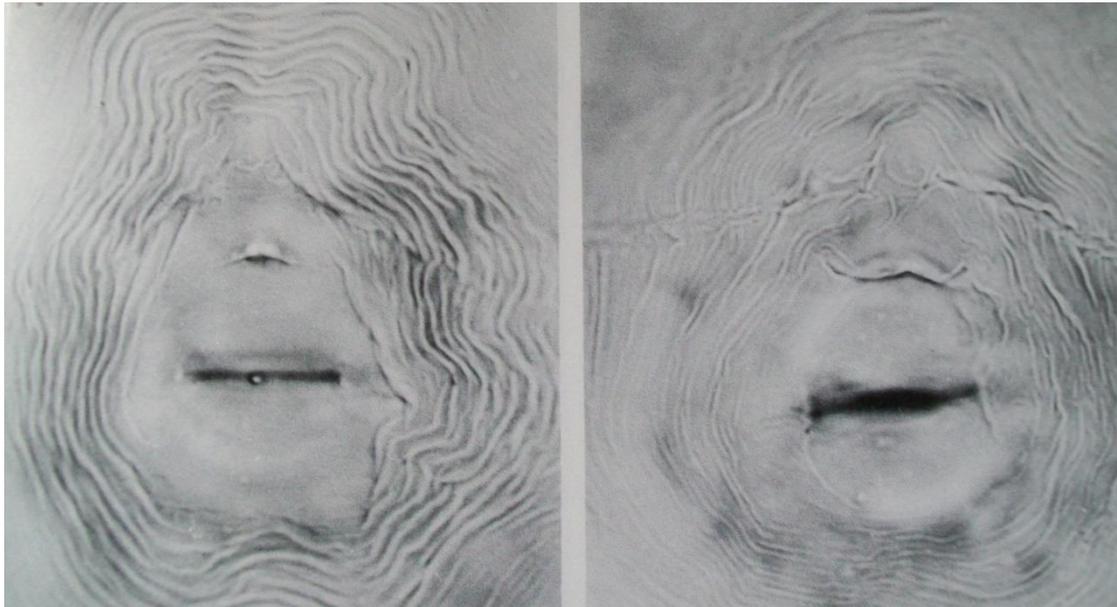
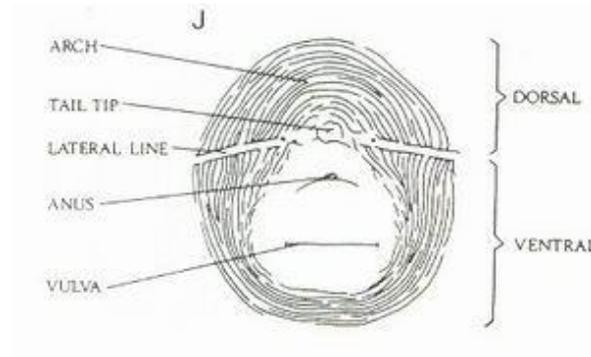
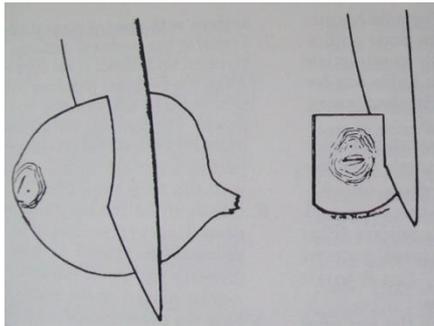
- Hipertrofia e hiperplasia celular, con lo cual se generan las típicas agallas en las raíces.
- Reducción y alteración del sistema vascular de la planta: menor rendimiento, clorosis, menor crecimiento.



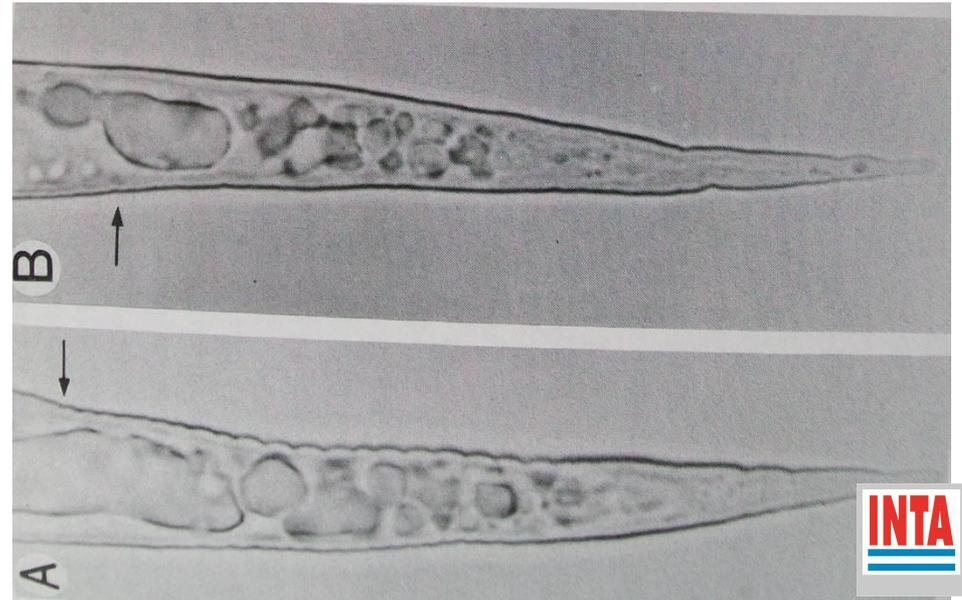
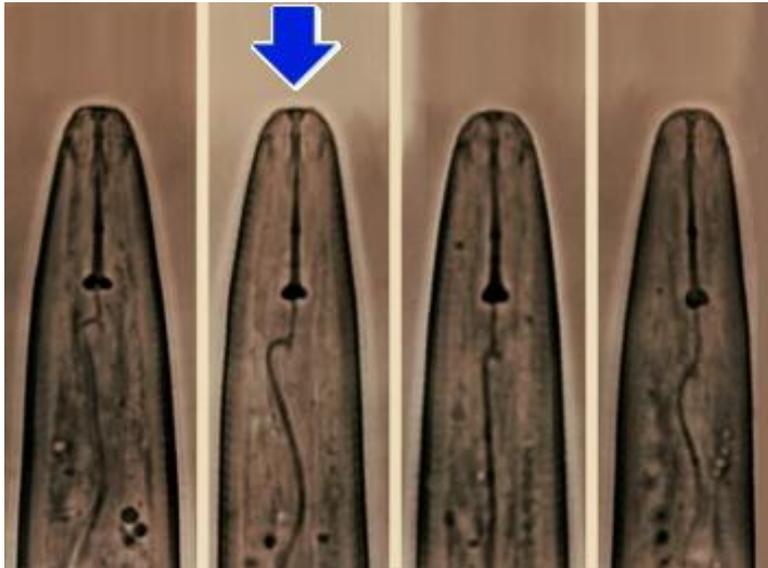
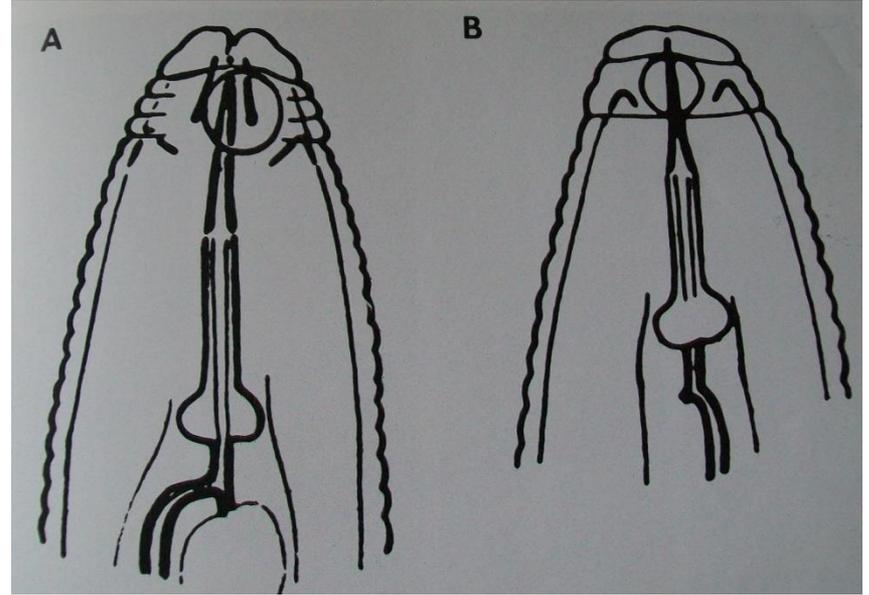
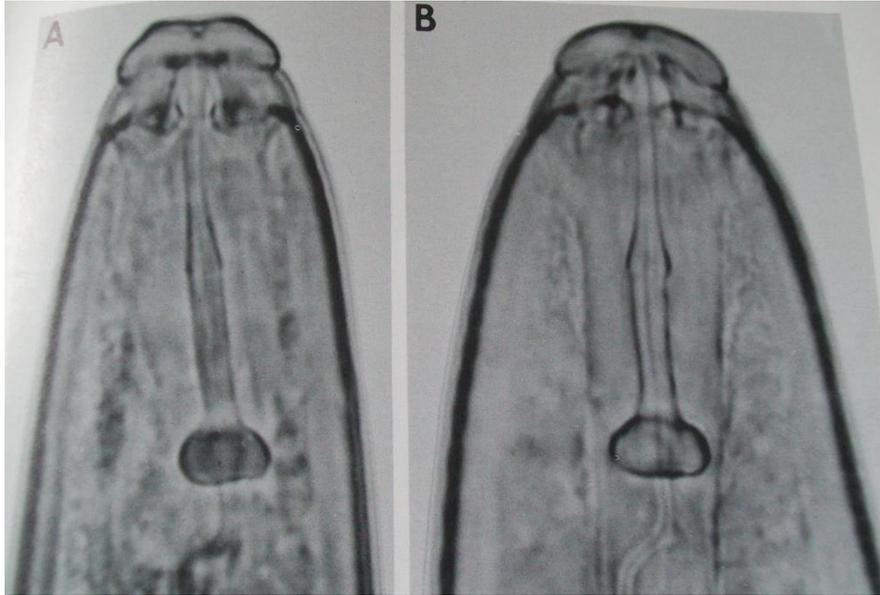
# *Meloidogyne* “nematodo agallador”

## 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).

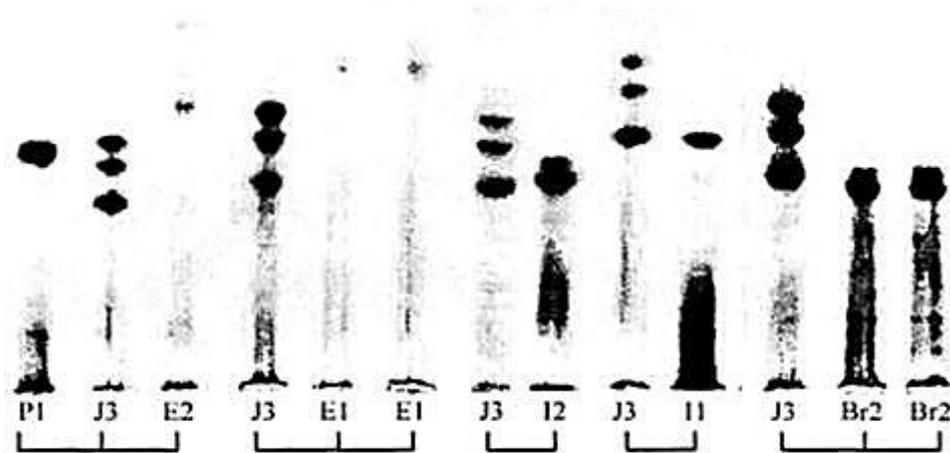


Figura. 2. Fenótipos de esterase de populações brasileiras de *Meloidogyne* spp. detectadas em cafeeiros nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Fenótipos P1: *M. paranaensis*, J3: *M. javanica*, E2: *M. exigua*, E1: *M. exigua*, I2: *M. incognita*, I1: *M. incognita*, Br2: *Meloidogyne* sp.

# *Meloidogyne* “nematodo agallador”

## Caracterización molecular

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

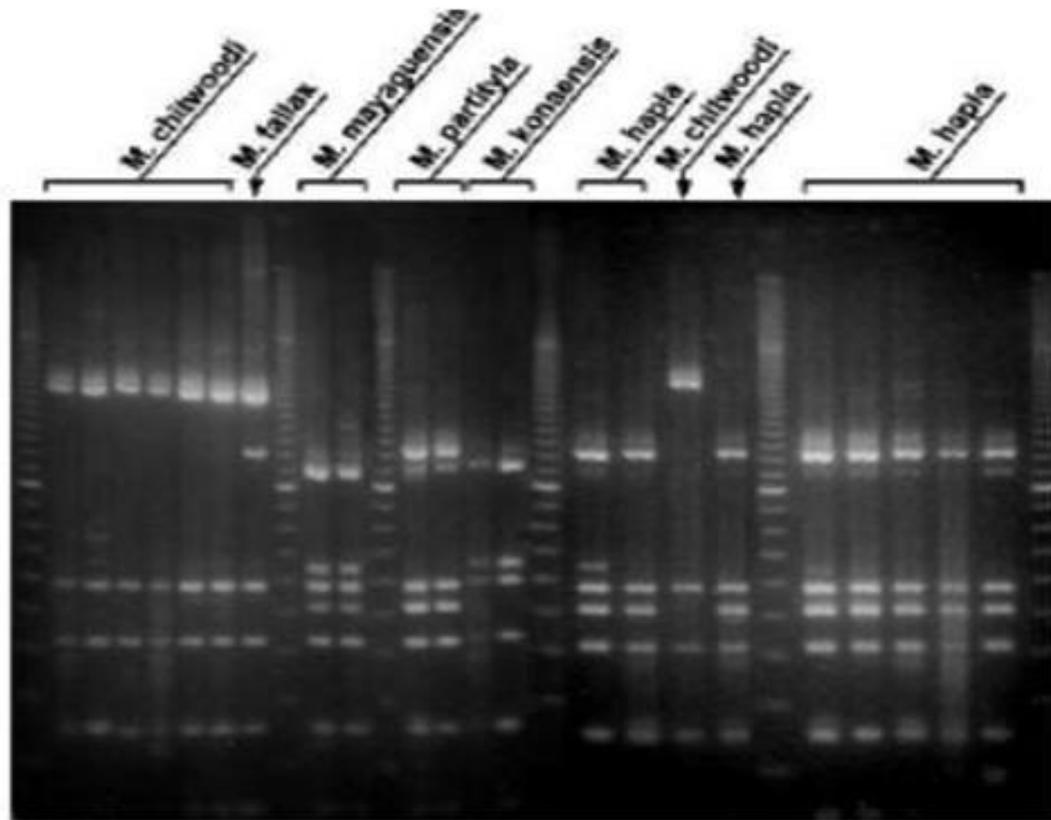


FIG. 5. *AluI* digestion pattern of the 640-bp 18S amplification product from selected *Meloidogyne* species. The 350-bp fragment observed in *M. chitwoodi* and *M. fallax* was unique for those species in these comparisons.

# *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

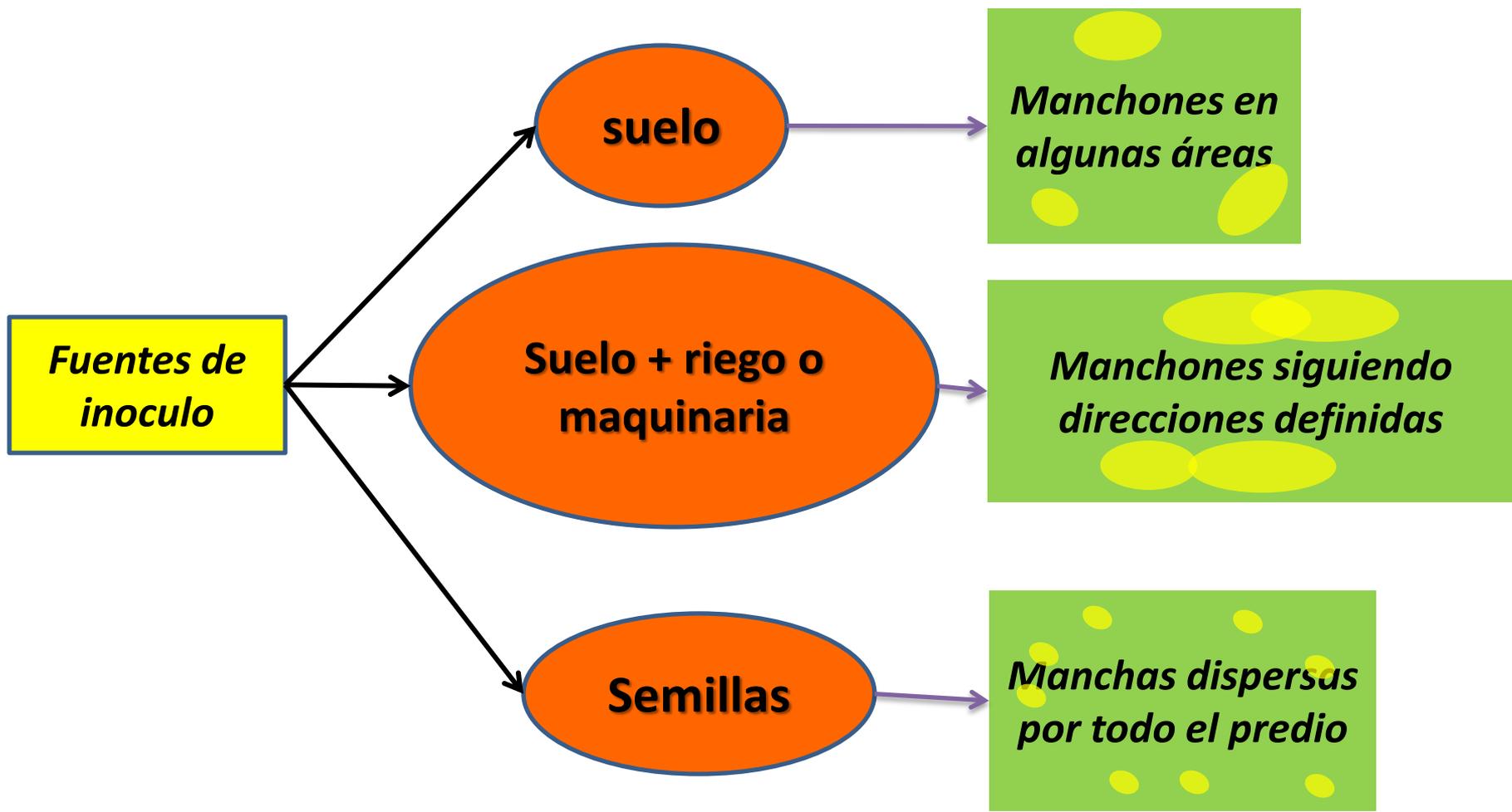
# *Meloidogyne* “nematodo agallador”

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

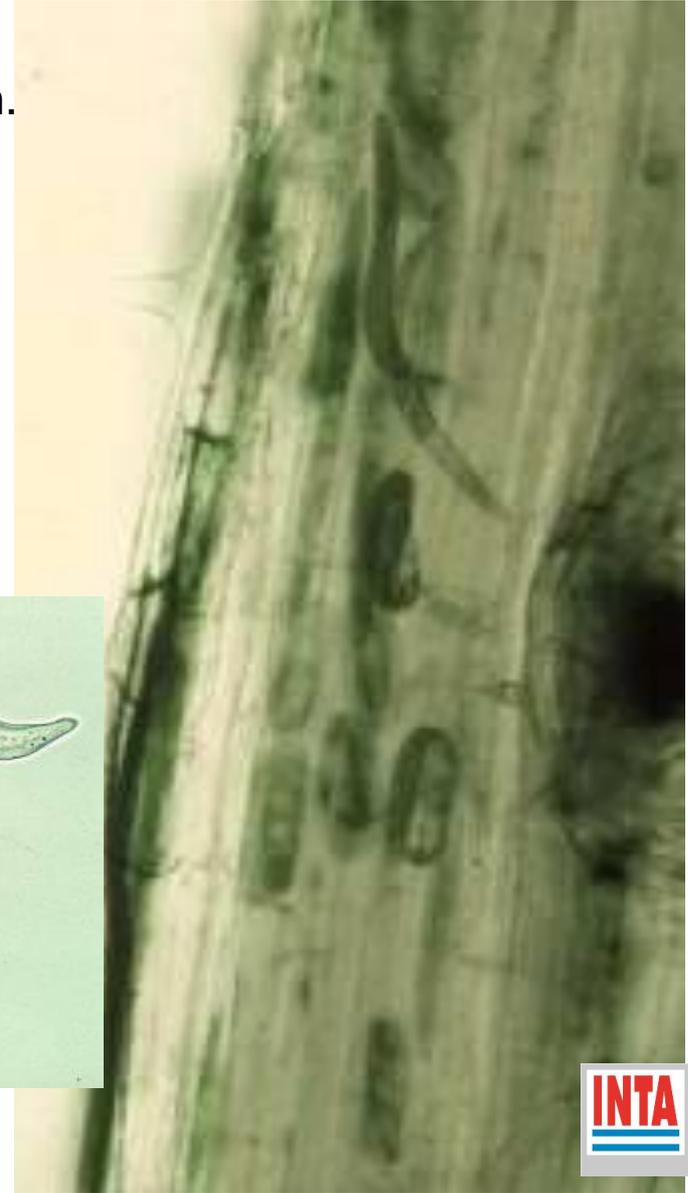
- ✿ A partir del J2, todos los estadíos son infectivos.
- ✿ El J3 puede originar hembras jóvenes o inmaduras filiformes, que una vez instaladas en los tejidos vegetales comenzarán a alimentarse y perderán su aspecto filiforme.
- ✿ Una vez que ingresan en los tejidos vegetales forman un sitio de alimentación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

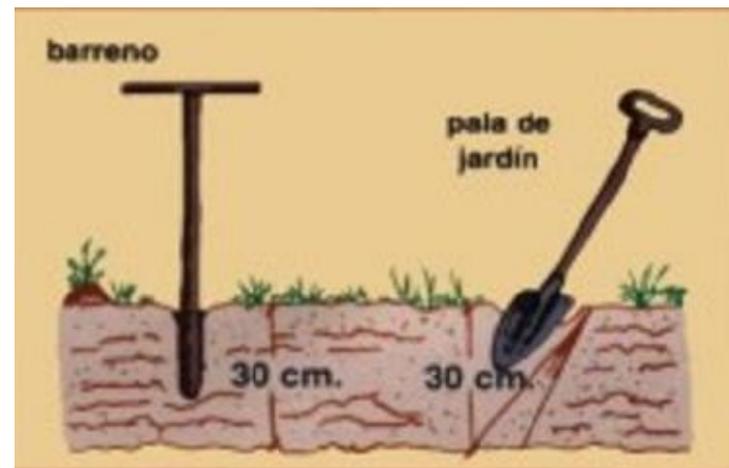
➤ Para lograr resultados más representativos de la situación real es fundamental realizar un buen plan de muestreo.

➤ Tener en cuenta:

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

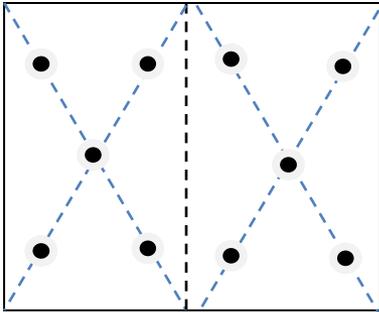
Técnica de extracción: eliminar los primeros 3 a 5 cm de suelo superficial y hacer un pozo de entre 20 y 40 cm de profundidad.

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

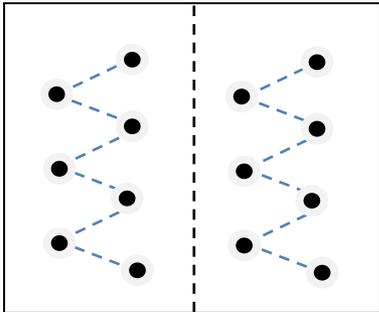


# ANÁLISIS DE SUELO EN PREPLANTACIÓN

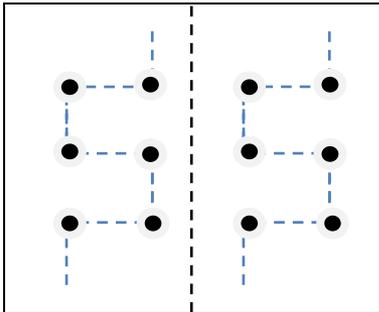
## Diseños de muestreo:



**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.

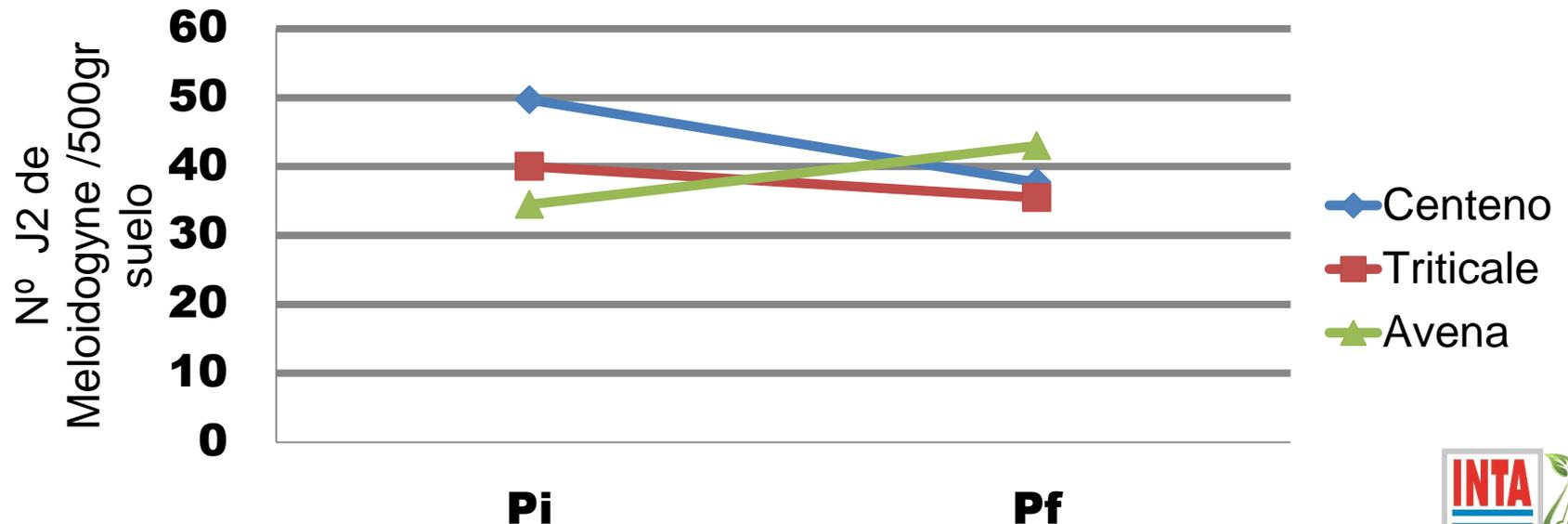
*N. aberrans*  Tomate, papa, acelga, espinaca, remolacha, cebolla, lechuga, pimiento, alcaucil, zapallo, zanahoria.

*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**

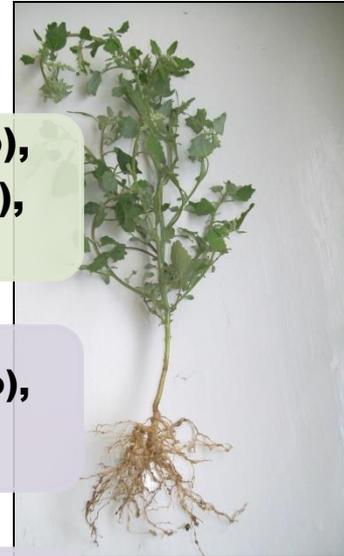
- **Amaranthus quitensis (Yuyo colorado),**
- **Avena fatua**

**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 <sup>2</sup> )	-100%
Biofumigación de frutos de paraíso (2 kg/m <sup>2</sup> )	-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

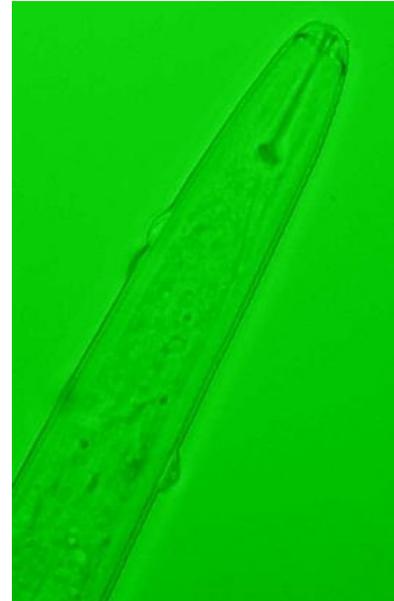
✿ Extractos vegetales: Ajo, *Melia*, *Tagetes*

✿ 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](mailto:picca.cecilia@inta.gob.ar)

