

INTRODUCCIÓN A LOS NEMATODOS

E. C. McGawley, C. Overstreet y M.J. Pontif
Nematólogos de LSU AgCenter, Baton Rouge, LA 70803
(Noviembre de 2009)

Traducido al Español por S. Patricia Stock (Dept. Entomology, University of
Arizona.) Noviembre, 2011

Las diapositivas de esta obra han sido numeradas para facilitar su interpretación. Cada número da referencia a explicaciones para las abreviaturas usadas en las diapositivas de esta presentación. La diapositiva no. 98 da referencias para créditos. Todos los elementos incluidos en esta presentación son para uso educativo en los campos de la fitonematología, fitopatología, protección vegetal, y helmintología, y no tienen fines lucrativos. Esta herramienta educativa ha sido considerada para ser usada primariamente por los miembros de la Sociedad de Nematólogos (SON) y la Organización de Nematólogos de los Tropicós Americanos (ONTA). Sugerimos que los usuarios visiten la páginas web de estas dos Organizaciones (<http://www.nematologists.org> y <http://ontaweb.org>) para aprender más sobre sus contribuciones a la ciencia y agricultura, como así también para actualizarse con las actividades filantrópicas de las fundaciones N.A. Cobb y ONTA.

Los materiales en esta presentación se centran particularmente en los nematodos que son fitoparásitos y de importancia agrícola. Los usuarios de esta presentación deben apreciar y ser capaces de transmitir a sus respectivas audiencias la inmensa diversidad de este grupo de organismos como así también en recalcar la importancia que los nematodos representan a nivel de biodiversidad mundial. Los autores aceptan comentarios y/o sugerencias pertinentes a esta presentación con el fin de ampliar y/o mejorar su contenido. Son bienvenidas también fotografías u otro elemento visual que contribuya con el mejoramiento de esta presentación, especialmente aquellos relacionados con la biología molecular, o en relación a otros grupos de nematodos parásitos que no sean los fitonematodos. Esta presentación no debe considerarse de ningún modo como concluida y/o final, por el contrario, como lo hemos expresado anteriormente, los autores están abiertos a contribuciones y/o nueva información que expanda conceptos de la biología, ecología e importancia científica de los nematodos.

1.) Introducción. El propósito de esta diapositiva introductoria es el de ilustrar la gran diversidad de los nematodos a nivel mundial. El Filo Nematoda es uno de los grupos más abundantes de organismos multicelulares en nuestro planeta. Los registros fósiles indican que los primeros invertebrados aparecieron hace aproximadamente 600 millones de años. Con respecto a los nematodos, los restos fósiles en ámbar del Líbano, indican que los mermitidos parásitos de insectos aparecieron hace de 135-120 millones de años (Poinar, G.O. et al., 1994. *Fundam.Appl. Nematol.*, 17 (5) 475-477).

2.) Los seis Reinos. Esta diapositiva ilustra la abundancia de los organismos vivientes en nuestra planeta. La imagen proviene del proyecto del "Árbol de la vida" (<http://tolweb.org/tree/>). Como se observa, el reino

Animalia representa aproximadamente 1- 1.5 millones del total de especies vivas descritas hasta la fecha.

3.) Vermes o gusanos. Esta diapositiva ilustra la posición relativa de los vermes o gusanos con respecto a otros organismos dentro del reino Animalia. Los animales exhiben simetría radial o bilateral. En relación al modo de origen de la abertura anal, los organismos de simetría bilateral pueden ser: a) deuterostomados o b) protostomados. Estos términos son explicados en la primera ventana insertada en esta diapositiva, la cual también proporciona conceptos básicos sobre embriología necesarios para la comprensión de la formación del tejido mesodérmico presente en organismos triploblasticos. Los gusanos verdaderos son animales protostomados y están agrupados en dos superfilos: a) los Lophotrochozoa (son animales con cilios externos y/ peines de filtración, B) los Ecdysozoa agrupan a aquellos organismos que sufren metamorfosis o muda y tienen cutículas. Para más detalles consultar la página web de "Wormbook":

http://www.wormbook.org/toc_nematodeevolecol.html, particularmente el capítulo 2 de Paul DeLey. Actualmente se considera que existen nueve filos: Platyhelminthes, Bryozoa, Sipuncula, Mollusca, Nemertea, Entoprocta, Annelida, Phoronida y Brachiopoda en el grupo de Lophotrochozoa y ocho filos: Arthropoda, Onychophora, Tardigrada, Nematomorpha, Kinorhyncha, Loricifera, Priapulida y Nematoda en el grupo de los Ecdysozoa.

Aquí se presenta un esquema de la lombriz solitaria (cestode), *Tenia pisiformis*, específicamente se muestra el extremo anterior (escolex), unido al intestino de un conejo (www.thiagoodview.com).

4.) Filo Nematoda. Esta diapositiva da una introducción sobre las características de animales adentro el filo Nematoda. Los términos celomado, pseudocelomado y eucelomado fueron explicados en la diapositiva no. 1. Ciertos expertos afirman los Pseudocoelomata son un grupo parafilético "artificial". Sin embargo, el pseudocoeloma sigue siendo un carácter de los nematodos y se presenta aquí solamente para fines descriptivos sin significar asociación con ningún grupo filogenético.

5.) Parásitos de animales. En la esquina derecha superior de esta diapositiva se muestra al nematodo *Onchocerca vulvulus*, agente causal de la enfermedad comúnmente conocida como "ceguera del río". Este nematodo es vectorizado por la mosca tábano, *Damnosum* de *Simulium*; La imagen en el centro derecho de esta diapositiva se muestra a *Toxocara canis*, conocida como el "ascarido del perro". En el margen derecho superior se muestra una imagen del escolex de *Trichinella solium* o lombriz del cerdo. En el margen izquierdo inferior se muestra a la filaria *Dirofilaria immitis*; en el margen izquierdo superior: se presenta una imagen de *Ancylostoma duodenale*. Otras imágenes en esta diapositiva muestran 1) el nematodo, *Loa loa*, que está siendo quitado del ojo de un paciente; 2.) el gusano de Guinea, *Dracunculus medinensis*, siendo quitado del pie de un paciente; 3.) el símbolo de la medicina, el caduceo, que aparentemente representa al gusano de Guinea y una herramienta usada para su extracción (nota: fuera de América, muchos profesionales y

organizaciones medicas utilizan el "Asclepius" que tiene una sola serpiente como símbolo); 4.) pierna hinchada de un individuo infectado con el nematodo de la elephantiasis, Wuchereria bancrofti; 5.) referencias bíblicas a las infecciones del gusano de Guinea, Dracunculus medinensis que muestra como las migran a nivel cutáneo. Humanos infectados por Ancylostoma duodenale y Necator americanus; 6.) Imagen de un ave de corral infectada por un gusano ascarido.

6.) Nematodos de vida libre. En el margen derecho superior se muestra una fotografía de microscopia electrónica del nematodo de vida libre *Acrobeles* sp. ; en el margen derecho centro se muestra a *Caenorhabditis elegans*; en el margen derecho inferior: se muestra al nematodo depredador *Mononchus* sp.. que se está alimentando de otro nematodo; en el margen centro inferior: se presenta un vídeo; Izquierda: Inserciones 1. A. *Thoracostoma* sp. ; B *Acromoldavicus mojavicus*, C *Enoploides* sp. ; D.) *Pontonema* cf. *parpapilliferum*; E.) *Ceramonema* sp. ; F.) *Latronema* sp. ; G.) *Actinca irmae*; 2.) *Mononchus* sp. alimentándose de otro nematodo.

7.) Habitantes marinos (parásitos incluyendo de la fauna marina). Margen derecho superior: *Rhabditis* sp. ; derecha inferior: *Eustrongyloides* sp. del pescado, *Channa argus*; Centro inferior: *Trissonchulus* SP. ; Izquierda inferior: dibujo de *Glochinema bathyperuvensis*; Izquierda media: *Onyx* sp. ; Tapa izquierda: especie marina desconocida (www.arcodiv.org); *Phocanema* sp. (fondo): imagen anterior de *Camallanus cotti*.

8.) Parásitos de plantas. Izquierda superior: (esófago rojo) ilustración en color de B.Y. Endo; Inserciones 1-6: características importantes de los nematodos parásitos de plantas; Inserción 7.) diagrama que ilustra los tamaños relativos de los géneros más comunes de fitonematodos (modificado G.N. Agrios, 5th Edición, 2005, Elsevier); Inserción 8.) introducción preliminar a la Anatomía de un nematodo. Nota: Algunos expertos afirman que el 90% de nematodos son marinos, siendo los parásitos de plantas y animales la minoría de la diversidad de nematodos. Debe destacarse además que la mayoría de los fitonematodos no parasitan plantas de importancia agrícola sino que son parásitos de otro tipo de plantas.

9.) Agentes etiológicos de las enfermedades en plantas. Para cada grupo, se presenta el orden cronológico de su descubrimiento, la primera enfermedad y el descubridor. (Modelo: disponible de las publicaciones de Mactode). Diagrama de una célula vegetal enferma por G.N. Agrios, 5th Edición, 2005, Elsevier.

10.) El estilete: herramienta de trabajo de los fitonematodos. C= Cono, eje del estilete S= lamina y K= protuberancia basal. DEGO= orificio de la glándula esofágica dorsal, EL= lumen del esófago, A= ampolla. De adentro hacia afuera: recubrimientos del estilete. Inserción: 1.) funciones del estilete; 2.) advertencia 3.) Ilustración de estiletes de *Tylenchidos*, *Trichodoridos* y *Dorylaimidos* (*Trichodorido*: *Paratrichodorus hispanus* de F. Roca y M. Arias [*Nematol. Medit.* 14:181 - 185]); 4.)

vídeo: *Bursaphelenchus xylophilus*, el nematodo del pino, alimentándose del micelio del hongo *Gliocladium virens* (tiempo real).

11.) **Ciclo de vida.** Se ilustran los huevos (huevo solitario, masa de huevos y quiste, No diferenciado y diferenciado completamente); eclosión de juveniles (ectoparásito y endoparásito); maduración de individuos; y adultos (hembras y secciones de cola de machos que muestran las espículas). Inserción: 1.) eclosión de un juvenil del nematodo de quiste (400X, en tiempo real); 2.) eclosión de un juvenil del nematodo reniforme (1000X en tiempo real); 3.) duración del ciclo vital de un nematodo. Nota: El juvenil 2 (J2) es el estadio infectivo en la mayoría de los nematodos fitoparásitos. Sin embargo, éste no es el caso para *Rotylenchulus reniformis*, donde la hembra preadulta es el estadio infectivo.

12-14.) **Una breve historia de la Fitonematología.** Los elementos del fondo de esta diapositiva son un Papiro de Ebers y un espécimen de *Enterobius vermicularis*; Inserción: 1.) síntomas de la infestación por el nematodo *Anguina tritici* en semilla de trigo, las semillas oscuras son las que están parasitada en comparación con las semillas normales (no infectadas); J4 emergen de los granos de trigo; (fondo) nematodos en estado anhidrobiótico (de M. McClure); 2.) detalle del texto en la escritura de Needham sobre el tema. Las diapositivas 13 y 14 se explican por sí mismas.

15.) **Clasificación Fenética (Morfologica).** Inserción: *Scutellonema brachyurum*, la clasificación original de nematodos se baso en la presencia o la ausencia de los fasmidios (flecha en la fotografía).

16.) **Clasificación Filogenética (Historia evolutiva con base molecular).** Características de las clases Adenophorea y Secernentea. Localización del orificio de la glándula esofágica dorsal (DEGO) en Tylenchina y Aphelenchina. Inserción: la clasificación filogenética de Nematoda según De Ley y Blaxter, 2002. Un resumen de la diversidad de nematodo y la base de la clasificación filogenética (2006), WormBook, ed. C. elegans Comunidad de investigación, WormBook, doi/10.1895/wormbook.1.41.1, <http://www.wormbook.org>. Otra pagina web excelente para la consulta es <http://insects.tamu.edu/research/collection/hallan/Nematoda/Family/0NematodaIndex0.htm>.

17.) **Identificación.** Importancia del esófago (referido por algunos como faringe) en la identificación de nematodos; Inserción: 1.) esófagos de un criconematido; 2.) humor; 3.) partes del esófago; 4.) sección transversal de un nematodo tylenchido mostrando el lumen del bulbo medio del esófago; 5.) animación del bulbo basal (P.M. Sforza y J.D. Eisenback).

18.) **Morfología externa.** Ilustraciones de nematodos machos y hembras. Se representan "híbridos para facilitar el conocimiento de las características morfológicas externas básicas comunes existentes en la mayoría de los fitoparásitos.

Nota: Valores del índice de DeMan, empleados en la identificación de los géneros y las especies. Se basa en medidas de las regiones específicas del cuerpo del nematodo. Inserción: 1.) valores adicionales del índice de DeMan; 2.) cutícula y campo lateral; 2.) región principal (en vista frontal); 3.) tipos de papilas.

19.) **Sistemas internos del cuerpo.** Inserción: 1.) tipos de reproducción en fitonematodos; 2 y 3.) ovarios monodélfico y didélfico; 4.) se describe el arreglo de los úteros en nematodos; 5.) modificación de la ilustración en *C. elegans* es para demostrar los músculos uterinos y vulvares.

20.) **Posición de la vulva.** Variación en la localización de la vulva en una hembra de un fitoparásito.

21.) **Sistema reproductivo.** Margen derecho superior: espículas de un macho, tipos de bursa (leptodera- Bursa no alcanza el borde final de la cola, pelodera- Bursa envuelve completamente a la cola); Inserción 1: cola de un macho (modificada de la ilustración en *C. elegans*) muestra la cloaca y el gubernaculo; margen derecho inferior: videos (*C. elegans*) demostrando búsqueda del sexo opuesto para la copulación; Izquierda: vulva de *C. elegans* y nematodo del quiste Inserción 2: desarrollo de un huevo (*C. elegans*); huevos (flecha roja) en el tejido fino de la raíz (nematodo de la lesión); y huevos que eclosionan (ver estilete de *Heterodera schachtii*).

22.) **Sistema nervioso.** Margen derecho superior: modificado de la ilustración en *C. elegans* estructuras sensoriales de la cola de un macho: B= Bursa, rayos bursales, neuronas bursales R=, NR= anillo nervioso; Margen derecho inferior: Contraecum rudolphi: Sensila (S); Centro inferior: *Steinernema riobrave*; Izquierda inferior: *Xiphinema americanum* Sensila cefálica = CS= (flechas negras indican aberturas del anfidio); Izquierda superior: Anillo nervioso (NR) Centro superior: *C. elegans* cola masculina; Inserción: 1.) (*Laxus onestus* región anterior mostrando A=anfidio; abertura (inferior) del fasmidio en *Scutellonema brachyurum* (teñido con hematoxilina); 2.) regiones cefálica de (derecha a izquierda) *Rotylenchus* sp. ; *Dolichodorus* sp. y *Neopsilenchus* sp. (de K.B. Nguyen); 3.) Anfidio=A, ilustración de este órgano sensorial.

23.) **Sistema digestivo.** Centro derecho: extremo anterior de un juvenil 2 de *Heterodera glycines* en raíz de soja (B.Y. Endo); Inserción: 1.) extremo anterior de nematodo que muestra el orificio del estilete; 2.) Ilustración de la musculatura del estilete y conexión con el lumen del esófago (en verde se muestra el estilete y el lumen del esófago); 3.) extremo anterior de *Hoplolaimus galeatus*; 4.) región más posterior del esófago (*H. galeatus*); 5.) ilustración de la región entre el extremo anterior de un nematodo y la unión esofágico-intestinal; 6.) Cardias= C de *Tylenchorhynchus claytoni* (BBE = bulbo esofágico basal, intestino =INT; 7.) El sistema digestivo=DS (la línea de puntos indica el principio del sistema digestivo).

24.) **Sistema excretor/secretor.** Izquierda superior: ilustración (modificada) de *Plectus* sp.; Margen derecho superior: se muestra el poro excretor de *C. elegans*; Inserción: localización del poro excretor y glándula excretora.

25.) **Sistema muscular.** Elementos del sistema muscular (deletreado en rojo) en (a) región media del cuerpo y (b) porción anteriores del cuerpo de un nematodo. Modificado de ilustraciones en Atlas de Anatomía de *C. elegans* (Altun, Z.F., R. Lints y ADO. Pasillo, 2002-2006).NOTA: La página web www.wormatlas.org tiene más información sobre este tema Inserción 1.) ovario contorsionado mostrado en sección transversal en la figura A; 2.) funciones de la hipodermis.

26.) **Habitat de los nematodos. Ecto- y endoparásitos.** Izquierda superior: nematodos (*J2*) parasitando raíz (fotografía en gris); a la derecha: juveniles (rojos) y hembras (azul marino) de *Meloidogyne* sp. (RK), Nematodo de *Heterodera* sp (CN)=. Ilustración inferior modificada de: Hesling, J.J. y H.R. Wallace, 1961. Observaciones respecto a la biología del nematodo del crisantemo *Aphelenchoides ritzemabosi* (Schwartz) Steiner en crisantemo. I. Extensión de la infestación de este nematodo. *Annals of Applied Biology* 49:195 - 209.

27.) **Raíces parasitadas.** Izquierda superior: hembras blancas del nematodo del quiste de la soja (SCN) en la soja (www.entm.purdue.edu); A la derecha superior: eclosión de juveniles (ucdnema.ucdavis.edu) y hembra del nematodo de la lesión; A la derecha inferior: anillo nematodos que alimentan en raíces de la alfalfa; Centro inferior: *Longidorus africanus* alimentándose de la extremidad de la raíz (www.faculty.ucr.edu); Izquierda inferior: sistemas de la raíz de la caña de azúcar con y sin los nematodos (los tamaños del nematodo han sido exagerado para enfatizar la infección); la inserción (imagen de la lupa) demuestra la hembra grávida en la raíz. Inserción: 1.) juveniles del nematodo de la soja (SCN) en tejido de la raíz de la soja 6 (www.extension.missouri.edu); 2.) Vista aérea del daño causado en hortalizas: Detalle de la parcela (A) y planta infectada (B) en Alejandría, LA por *Meloidogyne*. Árboles de melocotón (C.) con producción reducida de frutos a causa del ataque de nematodos en Baton Rouge, LA; Césped de un campo de golf (D) afectado por ataque de nematodos de la lanza en Bastrop, LA; 3.) síntomas sobre el suelo del daño en diferentes cosechas; en CA y LA). Campo infectado con *Meloidogyne* incógnita (fila izquierda tratada con Telone y la fila derecha no tratada); B.) *Rotylenchulus reniformis* infestando algodón (primer plano: no tratado, fondo: tratado con Telone); C) Campo de algodón infestado con *M. incógnita* y *R. reniformis*; D) Campo de soja infestado con *Heterodera glycines* (www.entm.purdue.edu).

28.) **Síntomas del daño (sobre la tierra) de nematodos foliares.** Arroz (Crowley, LA), anémonas(www.pddl.purdue.edu), flax (plantdisease.ippc.orst.edu), trigo, alfalfa (www.agf.gov.bc.ca), coco(nematology.ifas.ufl.edu), pino (www.oznet.ksu.edu); Inserción: 1.) tulipán(www.eppo.org); 2.) se explica por sí mismo; 3.) ¡un punto a considerar!

- 29.) **Estimación de las pérdidas causadas por fitonematodos en la producción.** Las estimaciones de pérdida se extienden de 6.3 % para la cebada (a la izquierda, cosechas que sostienen a la población humana) a un 20.6% para las cosechas (derechas, económicamente importantes) del tomate. El valor global de estas pérdidas se estima que excede \$77 mil millones de dólares americanos.
- 30.) **Movimiento y difusión de los nematodos.** Inserción 1.) movimiento ondulante en *C. elegans* (www.abac.edu); 2.) patrón del movimiento, modificado de Brusca, R.C. y J.G. Brusca. 1990. *Invertebrados*; 3.) nota de humor, no obstante es una referencia excelente: Robinson, A.F., y otros. 2005. Distribución vertical de *Rotylenchulus reniformis* en campos del algodón. *Journal of Nematology* 37 (3): 265-271. Fotografías: acción propagativa(blog.agriculture.ph), acción neumática (www.istockphoto.com), causando daño en semilla. Inserción: historieta que representa la diseminación de ciertos nematodos, por ejemplo se sabe que el nematodo, *Globodera rostochiensis* se disemina a través de las heces de aves. Vea también el trabajo de Poinar y Yanoviak resumidos en la diapositiva 94.
- 31.) **Metodología de muestreo para los nematodos.** Modificado de Zuckerman, Mai y Rhode. Inserción: eficaz, mensaje para los productores (imagen izquierda modificado de G.L. Tylka).
- 32.) **Técnicas para la extracción de nematodos.** Técnicas (tapa y fondo izquierdos) ilustrando el método de Baermann (que usa embudos [generalmente para el suelo] o un compartimiento de lluvia fina [generalmente para material de la raíz], o una modificación de la técnica de Baermann que emplea un tamiz que se “intercala” entre las capas de tubos de PVC [comúnmente 15-20 centímetro. en el diámetro] para la extracción de volúmenes grandes de suelo; y un elutriador semiautomático (tapa y fondo derechos). Inserción: técnica de extracción de centrifugación-flotación con azúcar para extraer nematodos.
- 33-36.) **Dinámica de las poblaciones de nematodos.** Modificado de Zuckerman, Mai y Rhode. Nota: En un ambiente agrícola, el número de los géneros que pueden existir en una comunidad es generalmente, entre, 6-8. Sin embargo, en una comunidad natural el número de géneros puede tener una con frecuencia de 30-60.
- 37.) **Acción de los nematodos, daños y umbrales económicos.** Fotografías: (quiste de *Heterodera glycines*, en plantas de y raíces soja y l tomate y hembra del nematodo reniforme en la raíz (algodón). Inserción: Información sobre el umbral de daño de este nematodo. Términos: ET- definido en la diapositiva 37; Despegue/daño inicial (umbral del daños) -nivel del nematodo en el cual (concerniente a una comparación nematodo-libre) los daños significativos pueden esperar; EN (umbral de la acción) - el nivel del nematodo en el cual un cierto tipo de táctica de control debe ser iniciado. La tabla en el fondo proporciona recomendaciones actuales del umbral de daño (ET, despegue/daño inicial, o EN) de los estados mencionado. Estos datos fueron provistos para los siguientes estados en USA: AR (T. Kirkpatrick), DE (R. Mulrooney),

GA (R.Kemerait), IL (G. Noel y J. Enlace), IA (G.L. Tylka), MS (G. Lorenzo), SC (J.Mueller), TN (P. Donald y M. Newman) y VA (P. Phipps).

38.) **Táctica para el manejo de los nematodos. Derecha** superior: sistema de cultivo sin daño (www.prebleswcd.com).

39.) **Nematicidas**. Bromuro de metilo (entwew.clemson.edu), Temik (www.bayercropscience.cl), Furadan (www.sonti.cn). Inserción: 1.) “agujero” en la capa de ozono en Antártida por el uso excesivo de compuestos que despiden gases clorinados y de bromo (www.NASA.gov); 2.) información sobre nematicidas de no-fumigación.

40.) **Nuevas tácticas para el manejo de los nematodos**. Fotografías: de izquierda a derecha) aplicación de un nematicida de dosis baja para aplicación sobre plantas, aerosol para aplicación en surcos; vista de satélite (www.fcc.gov) y tecnología de GPS con aplicación en agricultura, para control de nematodos con el hongo *Arthrobotrys* sp.

41.) **Aplicación reducida de nematicida**. (datos actuales tomados del programa de nematologos del AgCenter en Louisiana State University. Inserción: ilustración de dos cosechas donde se hicieron ensayos en Luisiana; 2.) el resultado más grande y con respuesta constante en la producción de algodón (pruebas en un predio de 3-acres); 3.) se explica por sí mismo; 4.) métodos para evaluación de este producto (en todos los ensayos, el índice de 10 GPA para una solución del 1%, “los tratamientos de inmersión/ trasplante se hicieron por 8 segundos en una solución del 1%).

42.) **Imagen de un cultivar**. El uso de la tecnología del GPS documenta la localización exacta de un campo agrícola (tomado por Google Earth). Inserción: un campo del algodón de 100 acres en Louisiana del norte coinfectado por *Meloidogyne incognita* *Rotylenchulus reniformis*.

43.) **Detalle de otro cultivar** (2). Izquierda superior: fotografía y vídeo, inserción 1.) Sistema transmisión de conductividad eléctrica del suelo de Veris 3100; Izquierda inferior: diagrama del instrumento y explicación de Veris 3100 de cómo se utiliza para determinar la conductividad eléctrica (EC) en el suelo. Inserción: 2.) mapa de una parcela después de delineación y aplicación de conductividad eléctrica; 3.) establecimiento de las líneas de conductividad; 4.) indicadores de las áreas del campo que respondieron y que no respondieron al tratamiento con un nematicida (Telone) en el año 1.

44.) **Detalle de otro cultivar** (3). Mapa que indica áreas del campo tratado y no tratado con un nematicida en el año 2. Inserción: instrumento para fumigación.

45.) **Detalle de otro cultivar** (4)

46.) **Detalle de otro cultivar** (5). Software y hardware disponibles para productores agrícolas.

47.) **Parásitos de los nematodos**: Pasteuria penetrans. Estructura hacia fuera: información alrededor P. penetrans. Ciclo vital (modificado de éste en www.pasteuriabio.com), microfotografía electrónica (respectivamente, en gris microscopia común y en color microscopia electrónica www.rothamsted.ac.uk por el B. Kerry y K. Davies), P. penetrans endospora; Inserción 1.) (izquierda) una fotografía de la región anterior de una hembra de nematodo (derecho) 2.) nematodo coloreado con endosporas adheridas (anaranjadas) de P. penetrans; 3.) información sobre otra especie de Pasteuria y los nematodos que parasitan.

48.) **Parásitos de los nematodos**: Hongos. Izquierda superior: Micrografía electrónica de un nematodo atrapado por Arthrobotrys sp.. ; La derecha superior: Hifas de Dactylaria brochopaga de (www.iwf.de); Fondo: huevos (izquierdos y derechos) del nematodo del nudo de la raíz parasitados por los hongos; Centro: J4 del nematodo del quiste de la soja parasitado por el hongo de ARF.

49.) **Agrupación fenética de Nematoda**. (Mai y Lyon, 1975). DEGO (orificio de la glándula esofágica dorsal). Derecha superior: macho (de centro) de Tylenchorhynchus martini, hembra de Gracilacus sp., hembra de Paratylenchus sp. ; Fondo a la derecha: hembra de Hemicriconemoides sp.. ; Izquierda: (tapa al fondo, respectivamente) hembras de Helicotylenchus sp., Hoplolaimus sp. y Pratylenchus sp.

50.) **Géneros importantes de Tylenchida**. Se explica por sí mismo.

51.) **Evolución del parasitismo en Secernentea**. Fotos y créditos (excepto izquierda superior [H. galeatus]).

52.) **Ilustración de los distintos tipos de parasitismo**. Modificado del arte de R.P. Esser. Se explica por sí mismo.

53-67.) **Clave para los géneros de fitonematodos**. Algunas imágenes incluidas en esta sección fueron creadas inicialmente e ilustradas en el libro "Géneros de fitonematodos parásitos" por W.F. Mai y H. H. Lyon (véase Reconocimientos). Las imágenes fueron editadas con Photoshop CS3. Nota: Imágenes "Pop-up" son para clarificar la descripción o ilustrar un género (línea en rojo en la fotografía o ilustración conecta al género correspondiente).

68.) **Comparación de los géneros más comunes de los nematodos**. Donde hay variación significativa entre especies en un género, como para el ciclo de vida del nematodo del quiste Heterodera se representa la especie. También, un nematodo de vida libre (Rhabditis sp.) se incluye en una sección izquierda más baja del círculo.

69.) **Géneros de nematodo de importancia económica.** Se explica por sí mismo. Fotografías: Derecha superior: juvenil en estado anhidrobiótico de *Rotylenchulus reniformis*; Centro: juvenil que muda del nematodo de la picadura, huevo de *R. reniformis*; Derecha inferior: cola de un macho *Bursaphelenchus xylophilus*; Fondo centro: región anterior de una hembra de nematodo de la lanza y de la lesión; Fondo izquierda: región anterior de una hembra de *Hoplolaimus galeatus*; Izquierda superior: juvenil del nematodo del nudo.

70.) **Nematodo Reniforme.** Fotografías: Tapa: juvenil en estado anhidrobiótico, esófago del juvenil; Fila media: (a la derecha) hembra en la raíz (micrografía de microscopía compuesta= LM), hembra en la raíz (micrografía de microscopía electrónica=EM), juvenil del cuarto estadio; Fila inferior: (a la derecha) hembras en raíz, de soja y algodón infestados con *R. reniformis*, masa del huevo; Inserción: 1.) masas manchadas y no-manchadas del huevo; 2.) gama de huéspedes; 3.) vídeo.

71.) **Nematodo del quiste de la soja.** Fotografías: A.) un campo de la soja infestado con nematodo del quiste; El B.) "hembras amarillas" en la soja arraiga; Quiste de la C.) con los huevos internos visible; Etapas una hembra gravida D.) en el desarrollo de un quiste (blanco al marrón); E.) tejido fino de la raíz de la soja que contiene a juveniles manchados; Juvenil del nematodo F.); Esperma individual G.) célula de un macho; Eclosión de un juvenil de la segunda etapa H.) huevo. Inserción: 1.) historieta que demuestra el desarrollo de adultos y de quistes (desconocido modificado, original de la fuente); 2.) hembra (dejada) y varón, quiste huevo-llenado (derecho); 3.) hembras del nematodo comparando su tamaño con el nematodo del nódulo en la soja; 4.) vídeo (aún el comparar de la foto tamaños de las hembras y de los nódulos del quiste en raíces del G. L. Tylka); 5.) quistes con huevos de *Heterodera glycines* (100X).

72.) **Nematodo del nudo deraíz-** Fotografías: A.) una hembra endoparásita hinchada y masa externa del huevo (ambas manchadas) en tejido fino irritado de la raíz; El contener del tejido fino de la raíz del B.) juveniles manchados; Etapas progresivas de la vida de la C.) (ido a la derecha) (excepto el huevo) del nematodo; Raíces irritadas del tomate de la D.); Plantas del E.) empleadas en el diferencial del anfitrión análisis (para la identificación de la especie y de razas "comunes"... vea la diapositiva 73); F.) raíces irritadas de la zanahoria. Inserción: 1.) hembra (dejada) disecada del pepino fresco el tejido fino, hembra y huevo (derechos) se forma de *Chenopodium* (COMUNIDAD EUROPEA. Bernard); 2.) campo de soja infestado con el nematodo del quiste (*M. incógnita*) cerca de Alejandría, en LA y de la raíz; 3.) vídeo.

73.) **Análisis del diferencial del hospedero del nematodo del Nudo de raíz.** Este análisis fue desarrollado por el J. N. Sasser en 1954 y ha estado de valor inmenso a la ciencia de la nematología. A(+) el valor más indica que un anfitrión y una a susceptibles menos (-) valor indica a hospedero resistente. Construir-en: además del análisis diferenciado del anfitrión, patrón perineal la morfología de las hembras del nudo de la raíz (centro superior) se emplea para distinguir en medio *Meloidogyne hapla* (Mh), *M. javanica* (Mj), *M. incógnita* (Milla) y *M. arenaria* (MA).

En estos últimos años, el uso de los fenotipos de esterasas (centro inferior) ha sido empleado como otro método de confirmación de la especie.

74.) **Nematodo de la lesión.** Construya-hacia fuera: nematodo de la lesión que alimenta en tejido fino de la raíz; Superior izquierda: modelo del nematodo de la lesión (disponible de las publicaciones de Mactode); Baje a la derecha: hembra; Construir-en: que se explica por sí mismo.

75.) **Nematodo de la picadura.** Que se explica por sí mismo. Un izquierdo más bajo: daños del nematodo de la picadura encendido fresa; Construir-en: que se explica por sí mismo.

76.) **El pino se marchita la enfermedad 1.** Construir-salidas: El pino se marchita los síntomas en árboles individuales: 1-Louisiana, 1981; 2- Portugal, 1995 que muestra madera de pino Setubal, infestada (observaciones y colecciones hechas por COMUNIDAD EUROPEA.; 3- Japón, 2008; 4- El pino se marchita, se muestran los síntomas en un bosque de pino en Japón; Fotografías: Fila superior: izquierdo M. alternatus (L.D. Dwinell), cerambycid escarabajo en el registro del pino que demuestra muestras de la infestación con el hongos azul (www.forestryimages.org), sección representativa de la tráquea de M. caroliniensis con juveniles de B. xylophilus; pinos negros japoneses que son muy susceptibles a B. xylophilus; arboles de pino tumbados en un bosque, son un vehículo para la difusión del nematodo; Fila inferior: el pino (dejado) registra demostrar la descoloración indicativa de infestación con los hongos azules; cola (del centro) de macho de B. xylophilus con la "espícula (L.D. Dwinell); hembra (adecuada) de B. xylophilus (www.metla.fi). Ciclo de la enfermedad en el centro de la diapositiva. Tomado de www.forestresearch.gov.uk.

77.) **El pino se marchita la enfermedad 2.** Fotografías: Izquierda superior: G. virens infestado con B. xylophilus donde se muestra el crecimiento y la carencia de la esporulación (dejada) y cultivos envejecidas que esporulan en ausencia del nematodo (derecho); inserción trasera que muestra el desarrollo del nematodo luego de 12 días; A la derecha superior: cría de G. virens con la típica forma de la fialides; Izquierda inferior: B. xylophilus (respectivamente) cola de un macho, juveniles del nematodo que alimenta en el micelium de G. virens, esófago y vulva de la hembra y dibujos de adultos del nematodo; A la derecha inferior: en raya vertical semillas de pino del loblolly usadas en la inoculación en estudios conducidos en LSU.

78.) **Nematodo de la lanza.** Se explica por sí mismo.

79-80.) **Interacciones entre nematodos y otros agentes patogenos.** Una buena referencia en este tema es: Sikora, R.A. y W.W. Carretero, 1987. Interacciones entre nematodos, hongos y bacterias patógenas -. Pp. 307-312 En: Vistas en Nematology, J.A. Veechy D.W. Dickson, Eds., E.O..

81.) **Interacciones entre Nematodos y Hongos.** Fotografías: Izquierda: (tapa al fondo) cria de *Sclerotium rolfsii* (www.bspp.org.uk), *Fusarium oxysporum* en raíz de soja, infectado con *Rhizoctonia solani*; Tapa: (a la derecha respectivamente) juveniles (www.rennes.inra.fr) de *Heterodera Schachtii* y hembras de *H. glycines*, hembra y masa del huevo del nematodo del nudo de la raíz, juveniles manchados de *H. glycines*, micelio del hongo que crece en tejido fino de planta; Inserción: 1.) un ejemplo de la aditividad: los datos de la producción en fresa son acumulativos sobre el período 1989-1991. Para otros detalles, consulte *Journal of Nematology* indicado; 2.) un ejemplo de sinergismo. Para otros detalles, consulte *Journal of Nematology* indicado, 3) ejemplo de antagonismo. Para otros detalles, consulte la citación de *Nematropica* indicada.

82.) **Interacciones entre Nematodos y Bacterias.** Fotografías: Tapa: cría de *Ralstonia solanacearum* (www.cals.ncsu.edu); Fondo: hembra de *Aphelenchoides ritzemabosi* (modificado); Inserción: 1.) secciones con nematodo parasitado y nódulos sanos de la raíz de soja (www.micro.biol.ethz.ch); 2.) imagen de microscopia electrónica coloreada de *Rhodococcus fascians* (www.mikrobenscout.de).

83.) **Toxicidad anual en Ryegrass.** De adentro hacia afuera: ovejas afectadas por ARGT. Fotografías: planta de ryegrass (members.iinet.net.au), semilla de ryegrass, estado anhidrobiótico de los nematodos (www.invasive.org).

84.) **Interacciones entre Nematodos y Virus.** Fotografías: síntomas en hoja (www.agf.gov.bc.ca); micrografía de microscopia electrónica (www.ncbi.nlm.nih.gov). Flechas en las ilustraciones (modificadas) indican los esfagos del nematodo y aéreas donde se localiza el virus

85.) **Interacciones entre distintos Nematodos (1).** Inserción: estudios de las interacciones de nematodo-nematodo. Introducción y citación para la metodología de la serie de reemplazo de DeWit.

86.) **Interacciones entre distintos Nematodos (2).** Uso del reemplazo de la serie de DeWit para la evaluación de la interacción entre el nematodo del nudo y el nematodo reniforme. Mas detalles, consulte el volumen de *Nematology* indicado.

87.) **Interacciones entre Nematodos y Malezas.** Se dan varios ejemplos de malezas Incluyendo hierbas 'morning-glory' (magnolio), cáñamo de la raíz sesbania (HS) y Johnson-grass (JG) inhiben la reproducción de *Rotylenchulus reniformis* en algodón (c). La fotografía superior demuestra la disposición experimental en raíz que fueron recogidos de cada uno de las malezas usadas (cestas que cuelgan son utilizadas como controles (frente). La tabla a la derecha muestra datos de la población del nematodo reniforme hechos en promedio y analizados en dos ensayos. Las fotografías en el fondo ilustran la filtración de los 'exudados de raíz y la evaluación de su influencia en la producción de huevos de *R. reniformis*. Inserción: la huevos con células (8-16) y huevos completamente desarrollados y los juveniles eclosionando luego de diez días de incubación con suspensiones de exudados y del

control en la raíz. Exudados de tres maleas reducen el índice del desarrollo de huevos. Para otros detalles, consulte las citaciones en el volumen de Nematropica indicado.

88.) **Interacciones entre Nematodos-Insectos y Hongos.** En este estudio, el cáncer del vástago por un hongo (DPC) que causa reducciones en los números de juveniles del nematodo de la soja (SCN) presentes en tejido fino de la raíz. Inversamente, se muestra a una oruga de la soja SBL (soybean looper), *Pseudoplusia includens* dando lugar a aumentos significativos en los números de los nematodos juveniles presentes en raíces. Efectos de estos tres agentes patógenos en el crecimiento de una planta. Para otros detalles, consulte el *Journal of Nematology* indicado.

89.) **Nematodos Entomogenos** (1). Inserción: 1.) posición taxonómica de la mayoría de los grupos de nematodos entomogenos; 2.) esófago de nematodos de un nematodo rhabditido; Inserción: 1.) fotografías de *Heterorhabditis bacteriophora* (www.biocontrol) y *Steinernema carpocapsae* (www.db.uac.pt); 2.) intestino de *S. carpocapsae* mostrando bacterias simbiotas *Xenorhabdus nematophilus* (www.uconn.edu).

90.) **Nematodos Entomogenos** (2). Ciclo vital de *Photobacterium luminescens*; Fotografías: Izquierda: explosión de nematodos de un cadáver de insecto; A la derecha: orugas (Sexta de *Manduca*) infectadas con *P. luminescens* note el brillo intenso (www.nature.com); Inserción: *Photobacterium luminescens* (www.sci.muni.cz). *Photobacterium* es la única bacterias bioluminescente terrestre conocida.

91.) **Nematodos Entomogenos** (3). Fotografías: A) Nematodo mermithido emergiendo de una hormiga (*S. Portero*); B) nematodos que emergen de polilla de la cera (*Galleria mellonella*); C.) insecto infestado con el nematodo (mygrassshrimp.googlepages.com); D) Juvenil del género *Heydenius* saliendo de una hormiga macho del género *Prenolepis*. Este espécimen está preservado en ámbar báltico y data de aproximadamente 40 millones de años (*G. Poinar, 2002*); E) Nematodos que atacan una termita (bexar-tx.tamu.edu); F) Juvenil de *Romanomermis culicivorax* emergiendo de una larva del mosquito (*Entomology, Univ. Lincoln, NE*).

92.) **Nematodos Entomogenos** (4). Fotografías: A) larva del mosquito infectado con *Steinernema feltiae* (www.omafra.gov.on.ca); B) Comida infectada con *Heterorhabditis bacteriophora* (www.yardscaping.org); C) saltamontes infectado con *Mermis nigrescens*; D) Larvas del mosquito infectadas con *R. culicivorax*; Inserción: 1.) *Psammomermis* sp. (*M. Hodda* y www.csiro.gov.au); 2.) Formulación 'Skeeter' con el nematodo *Reesimermis nielseni*.

93.) **Nematodos Entomogenos** (5). Productos con nematodo entomopatógenos. Se explica por sí mismo.

94.) **Nematodos Entomogenos** (6). Myrmeconema neotropicum y Cephalotes atratus. Se explica por sí mismo.

95.) **Diagnóstico Molecular:** diapositiva de título

96.) **¿Por qué utilizar métodos moleculares?**

97.) **Diagnóstico molecular:** incluye métodos bioquímicos, métodos basados en el ADN y los métodos de biología genómica.

98.) **Métodos bioquímicos:** el método más común utilizado para el diagnóstico de nematodos es la separación electroforética y análisis de los patrones de la isoenzima de enzima. Estos incluyen esterasa y malato-deshidrogenasa. A menudo son separados mediante un sistema de gel PHAST (Pharmacia, Inc. u otro similar). Limitaciones: Se debe tener hembra jóvenes; existen variantes dentro de las especies; buen método para la identificación de los nematodos del quiste tropicales.

96.) **Grupo de Investigadores y sus estudiantes:** el producto más importante. Fila superior (L un R) C. Overstreet, K.L. Winchell, K.C. Hadden, J.P. Enlace e i. Wenefrieda; Medios de fila (L un R) e. Wosula, A. Sankaralingam y M.J. Pontif; Fila inferior (L un R) f. Garcés, S. e. Stetina y j. Bruce. Construir-en: L - M. Parroquia; R - A. Staszkiwicz.

99.) **DESS:** es un preservativo versátil para PCR (cadena de reacción de polimerasas o CRP en español) de nematodos (descrita en detalle en Yoder et al., Nematología, 2006, Vol. 8, 367-376). DESS = DMSO, EDTA, saturado de sal) pH EDTA de disodio 0,25 m 8.0; 20% Sulfoxido de dimetilo; NaCl saturada conserva la morfología nematodo; e inactiva nucleasas que degradan la calidad de ADN remanente =; imagen de la derecha =; cortesía de Paul DeLey.

100.) **VCenema,** video clips cortesía Paul De Ley, Luis Mundo y Manuel Mundo. Pratylenchus penetrans, región de la glándula bulbar y región inicial del ovario.

101.) **Métodos para extracción de ADN:** el análisis molecular puede hacerse con distintos estados morfológicos de los nematodos (adultos o formas juveniles). Sin embargo, los quistes y huevos pueden requerir un esfuerzo adicional para romperlos y liberar el ADN. La disponibilidad de los especímenes en muchas situaciones de diagnósticos de rutinarios a menudo se limita a unos pocos ejemplares, por lo que es de vital importancia desarrollar métodos de extracción de ADN y análisis molecular que sean exitosos con un solo ejemplar o unos pocos.

102.) Preparación de nematodos para análisis molecular: Las cutículas de los nematodos pueden ser difíciles de romper o lisar, así que a veces requieren de acción física/mecánica. A veces los productos químicos son también insuficientes (como por ejemplo, si se usa el NaOH, este debe ser neutralizado antes de poder correrse el PCR). Generalmente los PCR puede realizarse con extractos

relativamente 'crudos' que son obtenidos de un ejemplar único, otras veces es necesario coleccionar varios especímenes para tener un buen rendimiento de ADN y mejor pureza. Esta generalmente se obtiene usando 'kits' comerciales para la preparación de ADN.

103.) **Cierre.** Se explica por sí mismo.

104.) **Reconocimientos.** Se da referencia a los créditos de las imágenes, páginas web y/o textos usados en este CD. Los autores agradecen se les contacte para la actualización de la información incluida como así también para el reconocimiento de errores o información más apropiada. El correo electrónico de los autores es el siguiente: emcgawley@agctr.lsu.edu, coverstreet@agcenter.lsu.edu, mpontif@agcenter.lsu.edu