

20  
2 ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

“CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DEL NEMATODO FALSO AGALLADOR DE LAS RAICES Nacobbus spp (Thorne & Allen)”.

## T E S I S

Que para obtener el Título de:

**INGENIERO AGRICOLA**

Presenta:

**Angel Cipriano López Cortés**

Director de Tesis: M. C. Calixto Leopoldo Carrillo Fonseca

Coasesor: Ing. Guillermo Basante Butrón

Cuautitlán, México

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

1989



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hembra adulta de <u>Nacobbus dorsalis</u> .....	16
Figura 2. Hembra inmadura de <u>Nacobbus dorsalis</u> .....	17
Figura 3. Macho y larva de <u>Nacobbus dorsalis</u> .....	18
Figura 4. Hembra adulta de <u>Nacobbus aberrans</u> .....	22
Figura 5. Hembra inmadura de <u>Nacobbus aberrans</u> .....	23
Figura 6. Macho y larva de <u>Nacobbus aberrans</u> .....	24
Figura 7. Estados de la Unión Americana donde <u>Nacobbus</u> spp se encuentra presente .....	30
Figura 8. Países Asiáticos y Europeos donde <u>Nacobbus</u> spp se encuentra presente .....	31
Figura 9. Países de Sudamérica donde <u>Nacobbus</u> spp se encuentra presente .....	32
Figura 10. Estados de la República Mexicana donde se ha detectado la presencia de <u>Nacobbus</u> spp ....	33
Figura 11. Primeras fases del desarrollo embrionario de <u>Nacobbus</u> spp .....	43
Figura 12. Fases finales del desarrollo embrionario de <u>Nacobbus</u> spp .....	45
Figura 13. Estados larvales .....	49

## 1. INTRODUCCION

---

Sin duda alguna, uno de los principales problemas a que se enfrenta la agricultura en la actualidad es el relacionado con las enfermedades de las plantas, esto se debe principalmente a la complejidad con que actúan los organismos que las producen (Agrios, 1985).

Dentro del grupo de organismos bióticos causantes de enfermedades tenemos a los nemátodos, patógenos invertebrados altamente especializados a los que por lo regular se les ubica taxonómicamente como una Clase dentro del Reino Animal, aunque existen discrepancias al respecto ya que un buen número de zoólogos los clasifica como un Phylum separado (Christie, 1979).

Por otro lado, los nemátodos son organismos muy comunes y su distribución es tan grande que se pueden llegar a encontrar en una gran variedad de habitats. Según Filipjev a finales de 1931 se habían descrito y clasificado 4,501 especies, entre parásitos de animales terrestres y marinos, ubicando a los nemátodos fitopatógenos dentro del grupo de nemátodos del suelo (Christie, 1979).

Los nemátodos fitopatógenos provocan sintomatologías muy características que se llegan a manifestar tanto en la parte aérea como en la región de las raíces, aunque es más frecuente en esta última, siendo el agallamiento un síntoma común de los géneros Meloidorhynchus y Hacobbus, el primero es conocido con el nombre de "ne-

método del nudo de la raíz" por la forma tan característica en que se disponen las agallas (Agrios, 1935); al segundo se le denomina como el nemátodo "falso agallador de las raíces", aunque el nombre no es muy apropiado pues la agalla que produce es verdadera, en Sudamérica Nacobbus tiene un nombre más preciso se le conoce como el "nemátodo de la raíz de rosario" porque las agallas se forman una tras otra a lo largo de la raíz (Jatala, 1932).

Ahora bien, los primeros indicios sobre la presencia de Nacobbus fueron mencionados por Cobb en 1913 en Colorado, E.U.A. (Thorne & Allen, 1944), de ahí a la fecha los estudios sobre este nemátodo se han incrementado no de igual manera que los realizados para Meloidorhynchus o Heterodera, pero sí lo suficiente para preocuparse sobre su inminente desarrollo e incremento en aquellas regiones donde se llega a establecer debido, desde luego a su gran capacidad de adaptación y además se ha comprobado que son parásitos de un gran número de plantas de diferentes familias botánicas que son económicamente importantes, como por ejemplo las Solanáceas y las Cucurbitáceas (Thorne y Schubert, 1953; Clark, 1967; Beer, 1970; Johnson, 1972).

Por lo tanto, este trabajo pretende contribuir de una manera más extensa al conocimiento del nemátodo "falso agallador de las raíces" Nacobbus spp, abarcando desde su ubicación taxonómica—la cual ha variado desde que dicho nemátodo fue reportado por primera vez—hasta aspectos de su morfología entre las especies existentes, hospederos actuales y potenciales, sus posibles interacciones

con otros organismos patógenos y además se tratarán algunos aspectos importantes relacionados con su ecología, ya que a la larga el estudio de su medio ambiente nos permitirá diseñar experimentos bajo condiciones controladas que aporten más datos sobre su actividad, en especial etapas en las que el nemátodo se muestre más susceptible a la aplicación de algunas técnicas de control.

## 2. OBJETIVOS

---

- Proporcionar la Clasificación Taxonómica actual del nemátodo "falso agallador de las raíces" (Nacobbus spp).
- Ubicar su distribución a nivel mundial
- Establecer su importancia en México, sobre todo en aquellas regiones donde se ha reportado su presencia.
- Proporcionar una lista completa y actualizada de hospederos susceptibles.
- Describir las fases de su ciclo de vida y los daños que causa a sus hospederos.
- Determinar posibles asociaciones entre Nacobbus spp y otros organismos patógenos que compartan al mismo tiempo su habitat.
- Dar alternativas viables para un posible control.

### 3. CLASIFICACION TAXONOMICA

---

La clasificación taxonómica en la Nematología—al igual que en otras ramas de las Ciencias Biológicas— evoluciona constantemente; esto se debe, en gran parte, al continuo descubrimiento de nuevos géneros y especies cuyas observaciones detalladas se facilitan y agilizan gracias al perfeccionamiento de las técnicas de microscopía y tinción de la actualidad. No se duda que en Nematología, ciencia relativamente joven, se siga aumentando el cúmulo de información ya existente.

Un ejemplo claro de los cambios registrados en las clasificaciones taxonómicas nos lo ofrece el nemátodo "falso agallador de las raíces" Nacobbus spp, el cual desde que fué mencionado por vez primera por Cobb en 1918 (Thorne, 1961), ha sufrido modificaciones a distintos niveles, como lo son Familia, Subfamilia e incluso Género. Aunque se han presentado cambios en categorías superiores, como el que se dió en la Clase Phasmidia (Southey, 1978) que pasó a ser la Subclase Secernentia, se modifica poco la concepción general de la clasificación.

Debido a esas modificaciones el género Nacobbus ha sido ubicado, en distintas épocas, dentro de cuatro Familias que son: Tylenchidae (Jiménez, 1972), Heteroderidae (Chitwood, 1950), Hoplolaimidae (Caballero, 1970) y Pratylenchidae (Southey, 1978), de éstas las tres últimas continúan siendo Familias, Tylenchidae de-

jó de serlo.

Ahora bien, se considera que Nacobbus fué ubicado en las Familias Heteroderidae y Hoplolaimidae debido a ciertas características morfológicas que, con ayuda del microscopio compuesto, son fácilmente observables. Tales estructuras son: las glándulas esofágicas y su disposición dentro del nemátodo, la consistencia del estilete y el dimorfismo sexual, el cual se evidencia más en la forma de las hembras adultas. Pero como en un principio se mencionó, las observaciones continuaron y de esta forma se siguieron encontrando detalles que han influido para colocarlos en nuevas Familias.

Thorne, en 1949, estructura la Subfamilia Pratylenchinae incluyendo en ella los géneros Pratylenchus, Radopholus, Nacobbus y Rotylenchulus, pero en exámenes comparativos realizados entre ellos se detectó que los dos últimos presentaban diferencias que posteriormente originaron su salida de esta Subfamilia.

Chitwood, en 1950, describe una nueva Subfamilia denominada Nacobbinae donde incluye a Nacobbus y Rotylenchulus, colocando a la Subfamilia Nacobbinae dentro de la Familia Heteroderidae. Es probable que la forma de las hembras haya sido un factor de gran importancia, en ese momento, para introducirlos en dicha Familia.

Allen, en 1960, al realizar un estudio comparativo entre Nacobbus y Rotylenchulus observó que el número de gónadas en ambas especies no era el mismo, de esta forma se determinó que Rotylenchulus tiene dos, mientras que Nacobbus solo una, otras diferen-

cias adicionales encontradas en estos nemátodos son: la ausencia de matriz gelatinosa y la disposición de los huevecillos en algunas especies de Nacobbus. Los machos de Rotylenchulus muestran algunas estructuras que tienden a la degeneración, como por ejemplo, la reducción del estilete y el esófago; además las hembras de este género no inducen la formación de agallas en las raíces donde se hospedan, las de Nacobbus si las ocasionan.

Con base en estas características, Nacobbus y Rotylenchulus se separan permaneciendo el primero en la Subfamilia Nacobbinae y el segundo sale de esta Subfamilia e incluso de la Familia Heteroderidae y pasa a formar parte de la Familia Hoplolaimidae.

Por otra parte, el número de gónadas fué una de las características importantes para que se asociara a Nacobbus con Pratylenchus, ya que este último aparte de las gónadas ya referidas presenta otras características, como son el gran parecido de las hembras juvenes de Nacobbus con las hembras adultas de Pratylenchus así como también la semejanza que existe entre machos de ambas especies.

Ahora bien, aunque las hembras de Nacobbus al madurar van adquiriendo una forma globular con lo cual se diferencian de cualquier hembra de la especie Pratylenchus, existen similitudes con esta última principalmente en los labios, estilete, esófago y porción posterior del cuerpo que no está hinchada.

Algunas de estas características sirvieron para que Allen,

en 1960, incluyera a Nacobbus como un miembro potencial del grupo de nemátodos que se han adaptado mejor al parasitismo; Radopholus, Pratylenchoidea y Pratylenchus son parte de este grupo, siendo Nacobbus el nemátodo que presenta el más avanzado grado de especialización al parasitismo.

Jiménez, en 1972, detalla la posición taxonómica de Nacobbus de la siguiente manera:

Clase ..... Nematoda  
Subclase ..... Phasmidia  
Orden ..... Tylenchida  
Superfamilia ..... Tylenchoidea  
Familia ..... Tylenchidae  
Subfamilia ..... Pratylenchinae  
Género ..... Nacobbus

Southey, en 1978, da una clasificación mucho más completa que es la que actualmente predomina:

Phylum ..... Nematoda  
Clase ..... Nematodea  
Subclase ..... Secermentia  
Orden ..... Tylenchida  
Suborden ..... Tylenchina  
Superfamilia ..... Tylenchoidea  
Familia ..... Pratylenchidae  
Subfamilia ..... Nacobbinae  
Género ..... Nacobbus

Las especies, al igual que las categorías superiores, también han tenido cambios sustanciales tal y como veremos a continuación.

Los nemátodos del género Nacobbus, como se conoce en la actualidad, en un principio fueron erróneamente confundidos por Cobb puesto que los consideró pertenecientes al género Heterodera tal vez los asoció debido a su forma globular y al hospedero donde se encontraba, remolacha azucarera (Thorne y Allen, 1944).

Thorne, en 1935, encuentra nemátodos parasitando las raíces de una planta denominada Atriplex confertifolia (Torr y Fream), colectada en una región desértica de Utah Lake, Utah, E.U.A., y la describe como Anquillulias aberrans; Filipjev, en 1936, la describe como Pratylenchus aberrans, posteriormente paso a ser Nacobbus aberrans.

No es sino hasta 1944 en que Thorne y Allen proponen al género Nacobbus basandose en sus características morfológicas como su pronunciado dimorfismo sexual, elongación dorsal de las glándulas esofágicas traslapandose sobre el intestino así como también el daño que causa en sus hospederos, esto es, agallamiento o hinchamiento de las raíces.

Nacobbus dorsalis es la primera especie descrita por Thorne y Allen, en 1944, y fué encontrada en raíces de Alfileria (Erodium cicutarium) provenientes del Estado de California, E.U.A.; a ésta, por ser la primera, se le consideró como la especie tipo del género.

En Nebraska se presentó por vez primera atacando un cultivo de importancia económica, remolacha azucarera (Beta vulgaris L.). En un estudio que se realizó en 125 campos dedicados a este cultivo, se encontró que el 32 % de los mismos se hallaban infestados. En otras regiones donde se cultivaba remolacha azucarera como Windsor, Colorado y cerca de Torrington, Wyoming, también fueron encontrados especímenes de Nacobbus. Cuando se realizaron los análisis correspondientes para determinar su especie se encontró que estos pertenecían a una nueva, la cual fué denominada batati-formis (Thorne y Schuster, 1956).

Fuera del continente Americano, en Inglaterra, se descubre y describe lo que se cree una nueva especie a la que se le denominó Nacobbus serendipiticus, la cual fué encontrada bajo condiciones de invernadero y sus poblaciones atacando a otro cultivo de importancia económica, el jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.)

En Holanda, en 1968, Bruija y Stemerda, citados por Sher, en 1970 encuentran nemátodos en jitomate cultivado bajo condiciones de invernadero, al clasificarlos determinan que pertenecen al género Nacobbus y a la especie serendipiticus, posteriormente realizaron pruebas de patogenicidad con ellos.

En el Valle de Cochabamba, en Bolivia, es encontrada por vez primera una subespecie que parasitaba raíces de papa (Solanum tuberosum L.), a la cual se le clasificó como Nacobbus serendipiticus bolivianus (Lordello, 1961).

Como podemos apreciar hasta 1969 se consideraba que el género Nacobbus contaba únicamente con cuatro especies y una subespecie, a saber, Nacobbus aberrans (Thorne, 1935); Nacobbus dorsalis (Thorne y Allen, 1944); Nacobbus batatiformis (Thorne y Schuster, 1956); Nacobbus serendipiticus (Franklin, 1959) y Nacobbus serendipiticus bolivianus (Lordello, 1961).

Sher, en 1970, realizó un estudio más detallado de las especies antes mencionadas puesto que consideraba que tenía muchas características en común, para llevar a cabo dicho estudio tomo como patrón de comparación a Nacobbus dorsalis. La conclusión resultante fué que el número de especies se tenía que reducir, de esta forma solo quedaron Nacobbus dorsalis y Nacobbus aberrans, todas las demás especies y la subespecie pasaron a ser sinónimos de este último.

#### 4. MORFOLOGIA Y DIAGNOSIS

---

##### 4.1 Especie Tipo: Nacobbus dorsalis (Thorne y Allen, 1944)

###### Hembra adulta.

La hembra adulta mide de 1.2 a 1.6 mm de longitud y de 0.5 a 0.8 mm de ancho, se encuentra siempre dentro de las raíces del hospedero. Su cuerpo por lo general tiene forma esférica u oval, es importante hacer notar que la porción anterior y posterior de la hembra se alargan, esto es más notorio en la región terminal que es la que por lo regular sale al exterior de la agalla (Fig. 1, A, B y C). La cutícula de la región anterior y posterior de las hembras presentan estrías bien definidas, pero estas no son observables en la porción ensanchada del cuerpo. La región labial y el estilete siguen conservando su forma original pero la cabeza y el cuello se modifican en forma y tamaño. El bulbo medio esofágico se encuentra bastante desarrollado (Fig. 1, D). La vulva se dispone en forma transversal en el cuerpo del nemátodo, es muy pequeña comparada con el tamaño de los huevecillos que pasan a través de ella. La vagina tiene una pared muscular de gran resistencia (Fig. 1, E). El oviducto posee una pared delgada, y es muy común encontrar dentro de él huevecillos. El ovario es simple, en él se desarrollan aproximadamente de 1,000 a 1,500 huevecillos cuyo tamaño varía, pero en promedio son de 44

por 93 micras (Fig. 1, F). La segmentación y al menos la primera muda, tiene lugar dentro del cuerpo de la hembra. El ano y el recto son oscuros, y en algunos especímenes no se llegan a observar (Thorne y Allen, 1944; Sher, 1970).

#### Hembras inmaduras.

Las hembras inmaduras son migratorias en suelo y raíces, presentan un cuerpo vermiforme. Su región labial es semiesférica en donde resaltan tres o cuatro anillos. El estilete con nodulos redondeados (Fig. 2, A). Su bulbo medio bien desarrollado en algunos casos es posible observar la válvula que regula la entrada de alimento al nemátodo. Las glándulas esofágicas alargadas sobreponiéndose dorsalmente al intestino. Los campos laterales con cuatro incisuras que no están totalmente areoladas. Cola redondeada con 10 a 18 anillos distales. Fasmidias bajo el nivel el ano en la porción anterior de la cola (Fig. 2, B y C). La espermateca puede ser visible en algunas hembras inmaduras (Fig. 2 D), (Thorne y Allen, 1944; Sher, 1970).

#### Machos adultos.

El macho adulto de Nacobbus dorsalis tiene una longitud promedio de 0.8 mm, su cutícula está profusamente estriada. Los campos laterales marcados por cuatro líneas, las dos exteriores poco crenadas. Cuatro anillos marcan la región labial, el estilete y el cuello bien desarrollados. Las glándulas esofágicas son la ca

racterística más interesante del macho, es por lo que puede ser observado, en ocasiones las dos glándulas submedias tienen una disposición secuencial. Una parte de las glándulas dorsales siempre permanece integrada a la base del bulbo esofágico (Fig. 3, A y B). El intestino es generalmente una cavidad de tamaño variable con granulos que oscurecen la estructura celular. Testículo simple, el gubernáculo parece un canal (Fig. 3, C). Bursa cremada estriada. Fagmidias conspicuas con conexiones delanteras dentro del cordón lateral mediante una diminuta fibra que se extiende hasta el margen de la bursa (Thorae y Allen, 1944).

#### Larva.

El primer estado larval puede ser observado sólo mediante la disección del huevo en el cual justamente se está formando. En esta etapa la cola es aguda y promedia casi 0.45 mm de longitud por 26  $\mu$  de ancho. La cutícula está marcada con finas estrías transversales, los campos laterales se muestran como cuatro líneas brillantes, estos ocupan la quinta parte del ancho del cuerpo. El estilete bien desarrollado tiene casi 25  $\mu$  de longitud. En esta etapa las glándulas esofágicas pueden estar inactivas en el bulbo basal del esófago, cuando la segunda muda inicia, estas glándulas se extienden hacia la parte posterior del cuerpo (Fig. 3, D). La cola se redondea debido a los movimientos del nemátodo con la vieja cutícula. La larva del segundo estado es la que comunemente se encuentra en los huevecillos (Fig. 3, E). La cola redondeada es muy simi

lar a la de las hembras inmaduras. Las glándulas esofágicas están bien desarrolladas y por lo general se les localiza sobre el intestino (Thorae y Allen, 1944).

Diagnosís: Nacobbus dorsalis.

La especie puede ser identificada por el número de anillos, de 8 a 14, que están ubicados entre la vulva y el ano, esta característica se observa mejor en las hembras inmaduras. La posición de la vulva es de 94 - 97 % del cuerpo. La hembra madura es casi redonda, completamente llena de huevecillos, contenido por lo regular estados juveniles. La región posterior de la misma es elongada. Una característica adicional, que también es de gran importancia en la identificación de especies, es la relacionada a la forma redondeada que presenta la región posterior de Nacobbus dorsalis en relación con Nacobbus aberrans, puesto que en esta especie dicha región termina en forma de pezón (Sher, 1970).

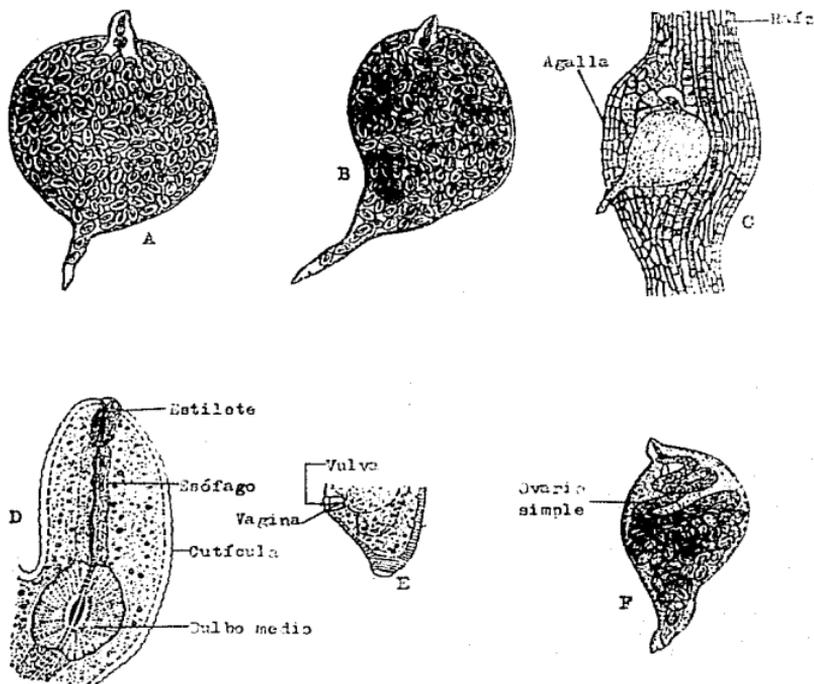


Figura 1. Hembra adulta de Nacobbus dorsalis. A y B, Hembras adultas de forma esférica u oval; C, Hembra adulta mostrando la región posterior de su cuerpo fuera de la agalla; D, Región anterior donde se detalla el estilote, esófago, bulbo medio y tipo de cutícula; E, Vulva y vagina; F, Ovario simple comenzando a llenarse de huevos (Según Thorne y Allen, 1944; Sher, 1970).

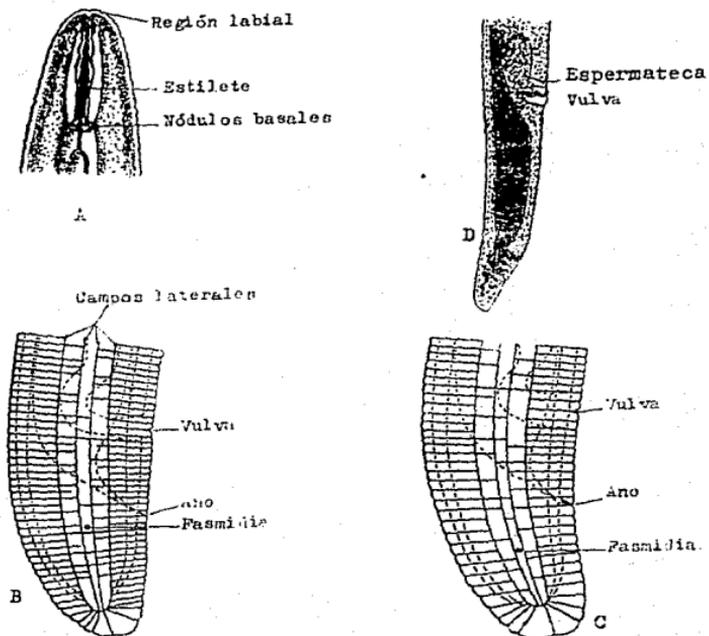


Figura 2. Hembra inmadura de Nacobbus dorsalis. A, Región labial, estilete, y nódulos basales; B y C, Región posterior mostrando el tipo de cutícula, la vulva, el ano y los fasmidios; D, Espermateca, visible en algunas hembras (Según Thorne y Allen, 1944; Sher, 1970).

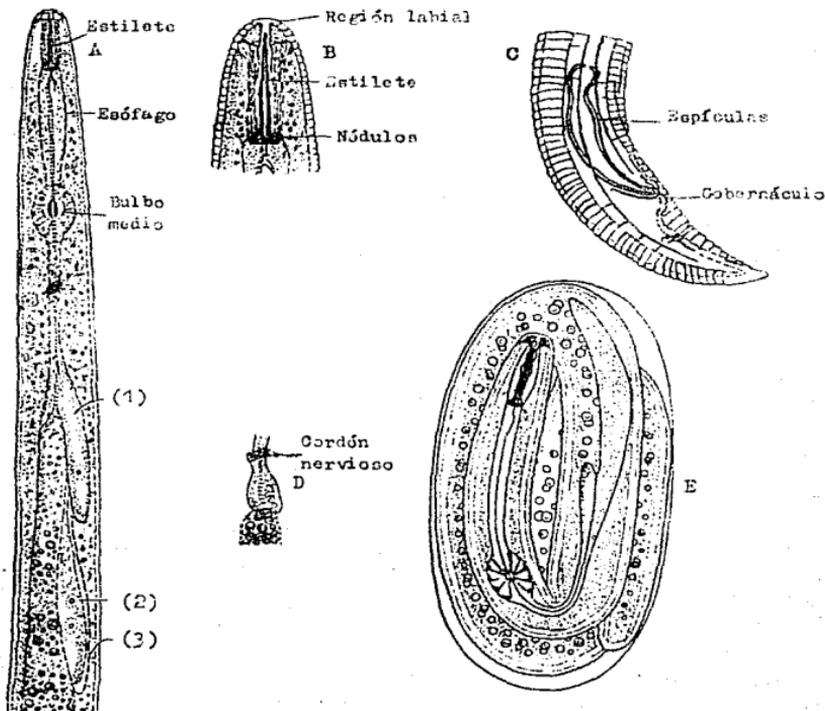


Figura 3. Macho y larva de *Macobbus dorsalis*. A y B, Región anterior del macho, (1) Glándula salival dorsal, (2) Subglándula salival dorsal izquierda, (3) Subglándula salival dorsal derecha; C, Región posterior mostrando el gobernáculo; D, Glándulas esofágicas en formación (larvas); E, Larva del 20. estado dentro del huevo (Thorne y Allen, 1944; Sher, 1970).

4.2 Nacobbus aberrans (Thorne, 1935)

Hembra adulta.

La hembra adulta mide de 0.7 a 1.4 mm de longitud y de 0.13 a 0.34 mm de ancho, al igual que Nacobbus dorsalis se encuentra siempre dentro de las raíces del hospedero. Su cuerpo varía en forma y tamaño generalmente algo ahusado, con expansiones y constricciones irregulares, producidas por la presión que ejercen los tejidos de la raíz durante el desarrollo de ésta (Fig. 4, A y B). La cabeza y el cuello son impulsados hacia la parte anterior del cuerpo debido al incremento en el volumen de la hembra a tal grado que prácticamente no se distinguen. La porción posterior del cuerpo sigue cónica hasta terminar truncada, en esta zona se encuentran situadas la vulva y el ano (Fig. 4, C). A menudo la cola termina en forma de pezón. La región labial es generalmente pequeña, la cual se eleva sobre el contorno de la cabeza; la longitud del estilete es de 22  $\mu$  (20  $\mu$  - 24  $\mu$ ) presentando pequeños nódulos basales. Corpus del esófago fuertemente desarrollado, separándose en forma irregular del bulbo medio por una constricción angosta. El bulbo medio esofágico muy resistente y bastante desarrollado, con musculatura radial conspicua (Fig. 4, D). Glándulas esofágicas formando un lóbulo ancho y denso que presiona hacia la parte posterior al intestino. Las células intestinales se conforman toscamente, esto quiere decir que no hay uniformidad en su arreglo. Hay presencia de gránulos refractarios. La vulva se llega a observar como un corte transversal profundo (Fig. 4, E). La terminación del útero se

da en una espermateca piriforme u oval, la cual por lo general con tiene centenares de espermatozoides. Oocitos dispuestos como un delgado raquis (Thorne y Schuster, 1956; Thorne, 1961; Sher, 1970).

#### **Hembras inmaduras.**

Las hembras inmaduras son migratorias en suelo y raíces, su cuerpo es vermiforme. La región labial es semiesférica y en ella resaltan tres o cuatro anillos. El estilete con nódulos bien desarrollados. El bulbo medio bien formado. Las glándulas esofágicas elongadas sobrepuestas dorsalmente al intestino (Fig. 5, A y B). Los campos laterales con cuatro incisuras, incompletamente areoladas. Cola areolada con 10 a 17 anillos. Fasmidias presentes ubicadas bajo el nivel del ano, en la porción anterior de la cola (Fig. 5, C y D), (Sher, 1970).

#### **Machos adultos.**

El macho adulto de la especie aberrans tiene de 0.7 a 0.9 mm de longitud y 0.025 a 0.033 mm de ancho. La región labial sigue el contorno del cuerpo, presenta cuatro anillos adicionales al disco labial (Fig. 6, A). Esqueleto labial hexorradiado abundantemente esclerotizado (Fig. 6, B). La longitud del estilete es de 20 $\mu$  a 25  $\mu$ , con nódulos fuertes, ahuecados (semejando la forma de una taza) en la región anterior (Fig. 6, C). Los campos laterales marcados por cuatro incisuras. El bulbo medio esofágico casi tan ancho como el cuello. Las glándulas esofágicas formando un lóbulo elongado que se extiende dorsalmente sobre el intestino. El hemizooio adya-

cente al poro excretor. Deiridios difícilmente observables. El tegículo se extiende en algunas ocasiones hasta la parte media del lóbulo esofágico, abarca de un 62 a un 78 % del total del cuerpo (Fig. 6, A). Espículas y gobernáculo presentes, éste último se observa como un simple canal, su tamaño es una cuarta parte de la longitud de la espícula (Fig. 6, D y E), (Thorne y Schuster, 1956; Thorne, 1961).

#### Larvas.

Las larvas son vermiformes. La cutícula esta marcada por estrías transversales muy finas. El contorno de los campos laterales marcados por dos líneas brillantes. La región labial, el estilite y el cuerpo en general tienen un gran parecido con las larvas del género Pratylenchus (Fig. 6, F). Cola redondeada (Fig. 6, G). Cuando las larvas salen del huevecillo sus primordios genitales muestran células con núcleos bien desarrollados (Thorne, 1961; Caballero, 1970).

#### Diagnosis: Nacobbus aberrans

Puede ser distinguido de la especie tipo por el número de anillos que existen entre la vulva y el ano (de 15 a 24). La posición levemente superior de la vulva en hembras inmaduras y la forma ahusada de hembras maduras las cuales sólo tienen huevecillos en la porción posterior del cuerpo. La maduración sedentaria de Nacobbus aberrans es similar a la de las hembras maduras de Nacobbus dorsalis (Sher, 1970).

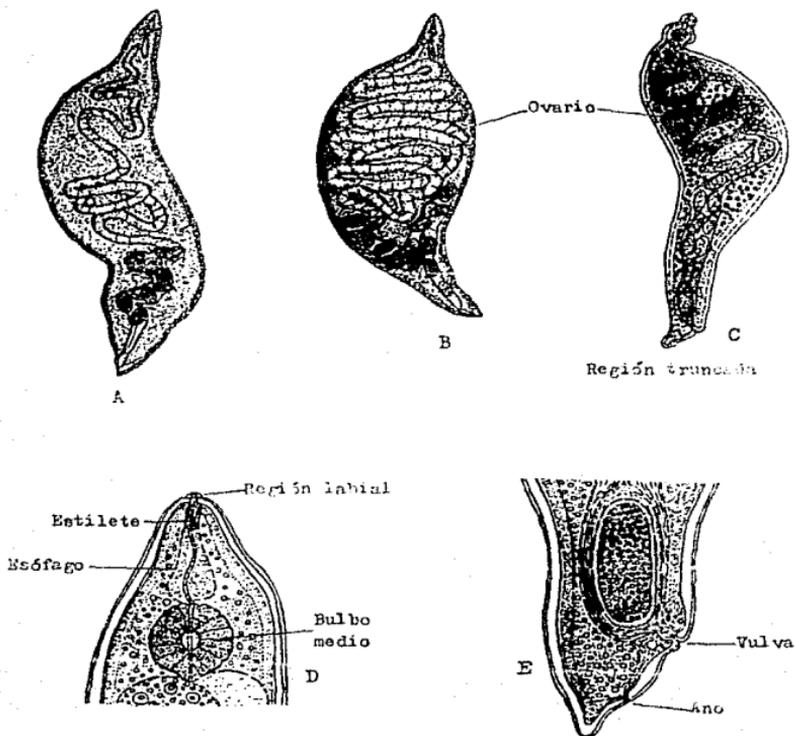


Figura 4. Hembra adulta de *Macobbus aberrans*. A y B, Diversas formas que pueden tener las hembras; C, Hembra mostrando la región truncada de su cuerpo; D, Región anterior mostrando el bulbo medio, esófago y estilete; E, Región posterior mostrando la vulva y el ano (Según Thorne y Schuster, 1956; Sher, 1970)

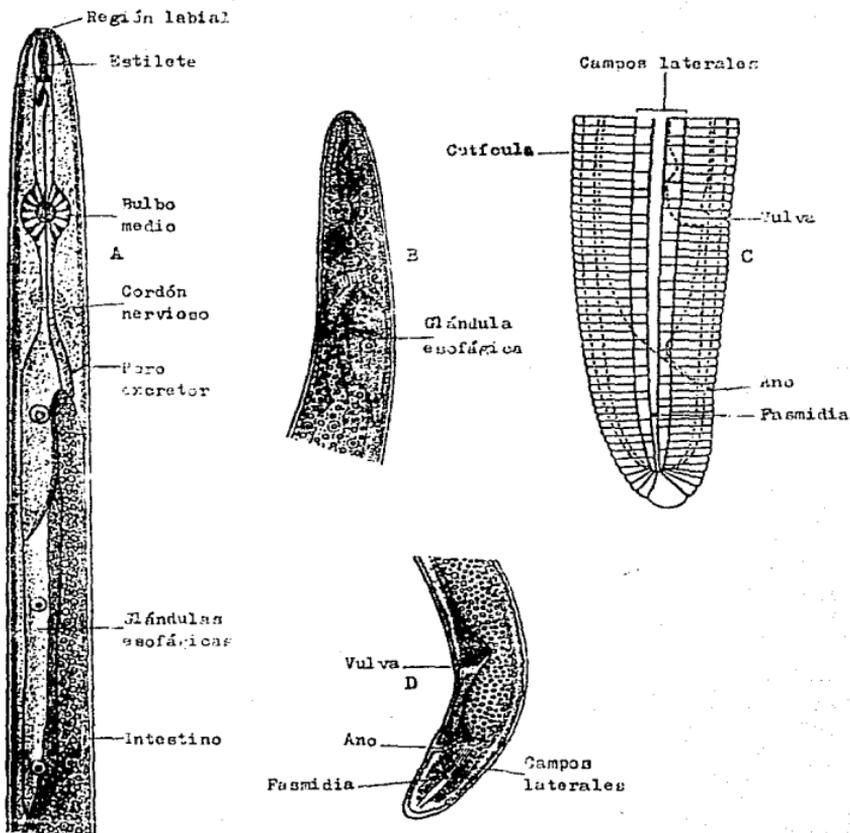


Figura 5. Hembra inmadura de Nacobbus aberrans. A y B, Región anterior mostrando la zona labial, estilete, bulbo medio, glándulas esofágicas, cordón nervioso y poro excretor; C y D, Región posterior mostrando la vulva, el ano, campos laterales y fasmidia (Según Thorne y Schuster, 1956; Sher, 1970).

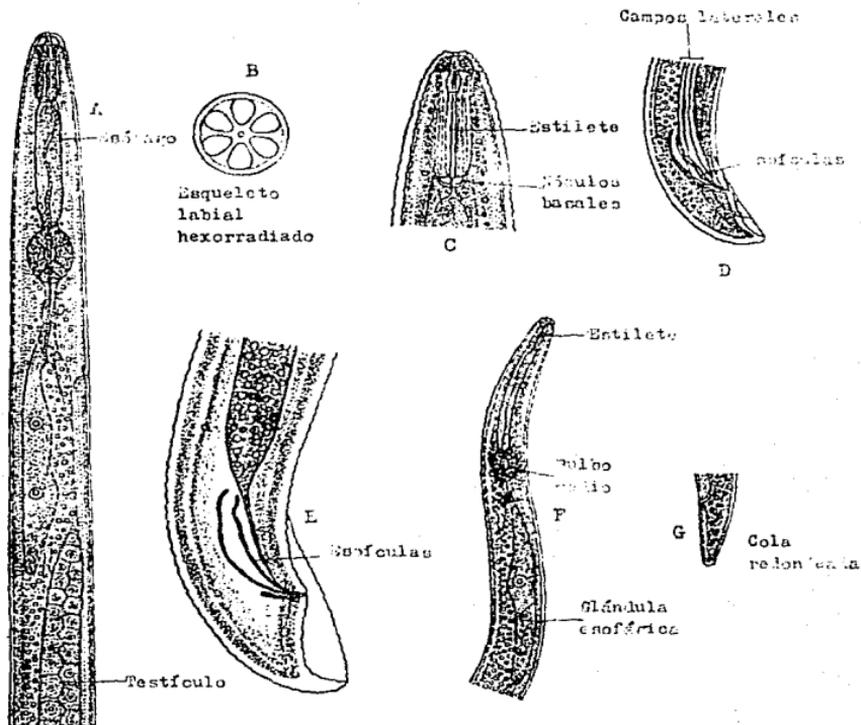


Figura 6. Macho y larva de *Macobbus aberrans*. A, Región anterior de un macho; B, Esqueleto labial; C, Estileto y nódulos basales; D y E, Región posterior del macho mostrando los campos laterales y las espiculas; F, Porción anterior de una larva mostrando sus estructuras bien desarrolladas; G, Porción posterior redondeada de una larva (Según Thorne y Schuster, 1956; Sher, 1970).

## 5. ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Antes de mencionar todos aquellos países en donde el "falso agallador de las raíces" ha sido reportado, es importante describir algunos aspectos sobre su probable origen geográfico y tratar de entender en que forma se distribuyó en el mundo.

Actualmente existen dos versiones sobre el origen geográfico de Nacobbus spp. La primera de ellas se le atribuye a Thorne y Schuster, en 1956, quienes mencionan que probablemente el origen geográfico de este nemátodo sea la región Oeste y el Centro de los Estados Unidos de América una zona que se caracteriza por sus condiciones de aridez y semiaridez la cual se encuentra bordeada por barreras montañosas y depresiones, que según se cree, aislaron durante muchos años de manera natural a este nemátodo de otras regiones geográficas. Los mismos autores delimitaron la región antes mencionada, basándose en muestreos y colectas de plantas que se hallaban parasitadas dentro de la zona, mismas que les permitieron determinar que Nacobbus dorsalis provenía de la zona Oeste de la Sierra Nevada, mientras que Nacobbus aberrans del área de las Grandes Llanuras ubicadas al Este de las Montañas Rocosas y de la Sierra Nevada.

Estos autores también consideraron que Nacobbus dorsalis se adaptó perfectamente a la vegetación nativa que lo acompañaba en su aislamiento y que de ésta se trasladó hasta la alfilería (Erodium cicutarium (L.) I'Her), planta que al parecer fué introducida

de Europa y con el tiempo se adaptó perfectamente a la región; por su parte Nacobbus aberrans se llegó a adaptar a dos tipos de hospedero, el Atriplex confertifolia (Torr & Frem) S. Watts, que es un arbusto nativo, muy común en la región de las Grandes Llanuras, y a tres cactáceas que son: Mamillaria vivipara (Nutt) Haw, Opuntia fragilis (Nutt) Haw y Opuntia tortispina Nutt, las cactáceas eran, según los autores, los principales reservorios nativos desde los cuales los nemátodos se trasladaron a la remolacha azucarera y otras plantas cultivadas.

La segunda versión nos la dan Jatala y Scurrah, en 1975, ellos mencionan que estos nemátodos son nativos de las regiones andinas del Perú y Bolivia, en especial, las zonas que circundan el Lago Titicaca ya que son muchas y muy diversas las formas que del nemátodo se han encontrado en el área; mencionan además, que las papas nativas (Solanum andigenum L.) son los principales reservorios del nemátodo. Esta versión sobre su origen geográfico es la más aceptada.

Ahora bien sobre su distribución geográfica se tienen los siguientes datos: en los Estados Unidos de América (Fig. 7), su actividad se reporta en el Estado de Utah, en la región de Utah Lake y Lake Powell; en Nebraska en los Condados de Mitchell y Lincoln; en Colorado en el Condado de Windsor; en Wyoming en el Condado de Torrington; así como también en los Estados de Montana y California, en éste último Estado al nemátodo se le clasifica como patógeno de Clase "A", esto quiere decir que es un organismo que debe de estar

sujeto a estricta regulación cuarentenaria (Thorne, 1961; Sher, 1970; Johnson, 1972).

Inglaterra es el primer país europeo donde se le reporta atacando un cultivo importante bajo condiciones de invernadero: el jitomate (Lycopersicon esculentum Mill), en la región de Berkshire (Franklin, 1959) (Fig. 8).

La forma en que el imóculo se desplazó y penetró en Europa al parecer fué mediante tubérculos de papa ya que es muy común que investigadores de otros países viajen a aquellos lugares de donde es originaria una planta y se lleven semillas o partes de la misma para su posterior propagación, haciendo con ellas un gran número de estudios, incluidos los de mejoramiento. Hay un reporte que menciona que entre 1925 y 1933, científicos soviéticos hicieron expediciones para coleccionar especies de Solanum desde México hasta la parte más septentrional de Sudamérica. Los ingleses, por su parte, también realizaron una expedición, en 1944, dirigida por el científico Howkes; éstos al igual que los científicos soviéticos, colectaron papa de diversas especies con la finalidad de hacer estudios taxonómicos, morfológicos etc.; pero en especial se hicieron estudios sobre mejoramiento genético para la obtención de papa-semilla y satisfacer con esto sus necesidades agronómicas (Casseres, 1984).

En América Latina Nacobbus está ampliamente distribuido. En el Perú se encuentra en las regiones de Carhuaz, Puno y el Valle

del Mantaro; en Bolivia en el Valle de Cochabamba; en Chile en el Departamento de Arica; en Argentina en las provincias de Tucumán y Catamarca también ha sido reportado en Ecuador (Lordello, 1961; Jiménez, 1972; Gallo, 1974; Jatala, 1977; Costilla et. al., 1981) (Fig. 9).

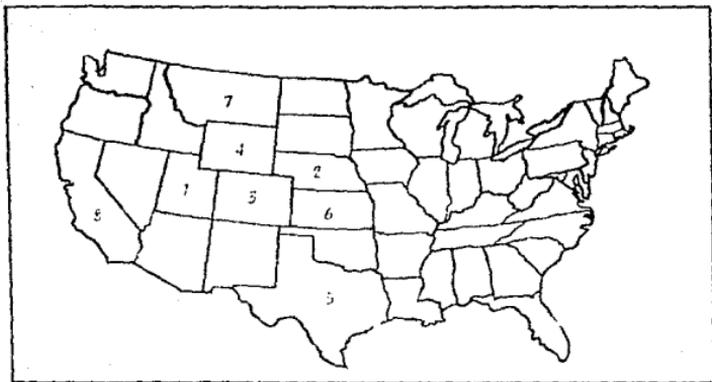
En algunos Estados de la República Mexicana (Fig. 10), estos nemátodos han sido reportados atacando cultivos importantes. Así se tiene que en el Estado de México éstos fueron encontrados en el área de Chapingo; en Huebla, en el Valle de Vallesquillo; en el Municipio de Huamantla en el Estado de Tlaxcala; en Hidalgo, en los Municipios de Actopan e Ixmiquilpan y finalmente en algunas regiones de los Estados de Guanajuato, Oaxaca y Morelos (Brunner, 1967; Sher, 1970; Caballero, 1970).

En Holanda es nuevamente detectado y al igual que en Inglaterra, se le encuentra atacando cultivos de invernadero.

En Asia especímenes de Nacobbus fueron detectados en la India y la Unión Soviética (Sher, 1970). En Bulgaria fueron reportados por Choleva en 1970, (Fig. 2).

Kiryanova y Lobanova, en 1975 (a), reportan que el nemátodo Nacobbus aberrens fué encontrado por primera vez dentro de la Unión Soviética en papas (Solanum tuberosum L.), procedentes de Finlandia y Perú, se cree que mediante éste tubérculo se introdujo y estableció en este país.

Kiryanova, en 1975 (b), al realizar un estudio más detallado sobre este organismo recién ingresado a la URSS, concluye que es uno de los nemátodos parásitos que mayor importancia económica tiene para la agricultura de su país.



- 1.- UTAH
- 2.- NEBRASKA
- 3.- COLORADO
- 4.- WYOMING
- 5.- TEXAS
- 6.- KANSAS
- 7.- MONTANA
- 8.- CALIFORNIA

Figura 7. Estados de la Unión Americana donde Necobius spp. se encuentra presente.

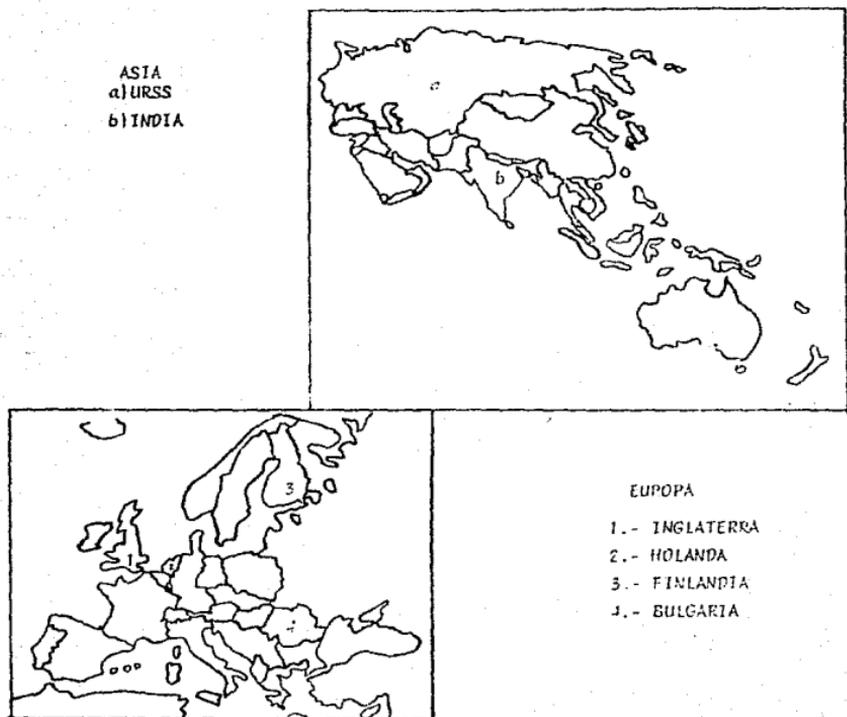


Figura 3. Países Asiáticos y Europeos donde Macobius no se encuentra presente.



- 1.- PERU
- 2.- BOLIVIA
- 3.- CHILE
- 4.- ARGENTINA
- 5.- ECUADOR

Figura 9. Regiones de Colombia, donde Macabtus spp se encuentra presente.



- 1.- ESTADO DE MEXICO
- 2.- PUEBLA
- 3.- TLAXCALA
- 4.- HIDALGO
- 5.- GUANAJUATO
- 6.- OAXACA
- 7.- MORELOS

Figura 10. Estados de la República Mexicana donde se ha detectado la presencia de *N. cobbus* spp.

## 6. HOSPEDEROS

---

Los primeros estudios que se realizaron para determinar el rango de hospederos de Nacobbus spp fueron desarrollados por Thorne y Schuster en 1956. Ellos colectaron plantas y suelo infestado que más tarde sirvió para realizar pruebas de invernadero, utilizando también para este fin plantas sanas de diversas Familias, con ello se pretendía determinar su susceptibilidad a estos patógenos. Para llegar a esto se tomaron dos criterios que fueron: 1) presencia de hembras con producción de huevos viables y 2) el grado de distorsión y el número de agallas que contenían las raíces de las plantas infectadas. De éste último punto concluye que existen ciertos hospederos que son más favorables a que las hembras penetren y, que al desarrollarse dentro del mismo, conserven su forma esférica, oval o ahusada, mientras que en otros las deforman, esto es debido en gran parte a la consistencia que pueda tener la raíz; por ejemplo, una hembra que ataque a la remolacha azucarera (Beta vulgaris L.), es casi seguro que al crecer dentro del huésped conserve su forma puesto que el tejido tiene una consistencia blanda, ésto no sucederá en hembras que penetren en las raíces del quelite (Chenopodium album L.) ya que éstas son de consistencia leñosa y por consiguiente impide que se desarrolle normalmente.

Otros autores como Lordello, 1961; Gómez, 1973; Jatala, 1975;

mencionan a Nacobbus aberrans atacando al cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.), tanto en Perú como en Bolivia, donde se calcula que las pérdidas son de más del 55 % del total de la producción, aunque se han llegado a tener daños que fluctúan entre el 60 y el 90% del rendimiento total del cultivo en el área papera que se encuentra entre los límites de Perú y Bolivia. Un dato importante que hay que considerar es el relacionado al destino final que se le da a la papa en estas regiones, puesto que independientemente de su uso como alimento, también es utilizada como semilla. De ahí la importancia que actualmente tiene el nemátodo en la región, ya que de esta manera puede ser fácilmente transportado y dispersado en áreas de cultivo no infectadas.

Jiménez, en 1972, al realizar estudios para determinar los nemátodos presentes en el Departamento de Arica, en Chile, menciona a Nacobbus aberrans en la localidad de Belén a 3240 msnm, atacando un cultivo de orégano, el autor considera que es la primera vez que este nemátodo es reportado en dicho país. Posteriormente Gallo, en 1974, lo encuentra en asociación con Meloidogyne atacando nuevamente el cultivo antes mencionado en otras regiones del Departamento de Arica.

Por su parte Brunner, en 1967, reporta a Nacobbus por primera vez en México, atacando un cultivo de Chile (Capsicum spp) en un campo experimental de Chapingo, Estado de México. A partir de esta observación el nemátodo se ha localizado en otros Estados del país, atacando cultivos de importancia como el jitomate (Lycopersi-

con esculentum Mill.), acelga (Beta vulgaris L. ssp Vulgaris Var. flavescens DC.), y perejil (Petroselinum crispum (Mill.) Nym.).

En 1983, De la Jara encuentra a este nemátodo en plantas silvestres Amaranthus hybridus L., Portulaca oleracea L. y Malva sp las cuales se colectaron en el ejido Boxtha, Municipio de Acapulcan, Hidalgo, en 1976 la zona fue importante por su producción de jitomate a nivel regional, pero debido a los problemas que ocasionaron Nacobbus y otros organismos patógenos asociados, la siembra de este producto está prácticamente abandonada.

Con base en los resultados de los autores antes mencionados se describirá a continuación una lista detallada por Familias de plantas susceptibles y no susceptibles a Nacobbus spp.

#### 6.1 Plantas susceptibles.

CACIACEAS: Cactus barril, Mamillaria vivipara (Nutt.) Haw.; Cactus quebradizo, Opuntia fragilis (Nutt.) Haw.; Pera espinosa, Opuntia tortispina Nutt (Thorne y Schuster, 1956; Thorne, 1961; Sher, 1970).

CHENOPODIACEAS: Remolacha azucarera, Beta vulgaris L.; Remolacha forrajera, Beta vulgaris var. microrhiza L.; Acelga, Beta vulgaris L. ssp vulgaris Var. flavescens DC.; Quelite, Chenopodium album L.; Kochia, Kochia scoparia (L.) Scharad; Cardo ruso, Salsola kali var. teniuifolia Tausch.; Espinaca, Spinacia oleracea L.

(Thorne y Schuster, 1956; Thorne, 1961; Clark, 1967; Sher, 1970; Johnson, 1971).

CRUCIFERAS: Rutabaga, Brassica napus L. var. napobrassica (L.) Reich. Mostaza negra, Brassica nigra (L.) Koch.; Col, B. oleracea L. var. capitata L.; Coliflor, B. oleracea L. var. botrytis L.; Brocoli, B. oleracea L. var. italica Fleack; Colde Bruselas, B. oleracea L. var. gemmifera DC.; Colrábano, B. oleracea L. var. gongyloides L.; Col de la China, B. pekinensis (Lour.) Rupr.; Nabo, B. rapa L.; Rábano, Raphanus sativus L. (Thorne y Schuster, 1956; Clark, 1967; Sher, 1970).

COMPUESTAS: Gallardia, Gallardia pulchella L.; Lechuga, Lactuca sativa L.; Salsif blanco, Tragopogon porrifolium L. (Thorne y Schuster, 1956; Clark, 1967).

CUCURBITACEAS: Calabaza común, Cucurbita pepo L.; Cucurbita maxima Duch.; Pepino, Cucumis sativus L. (Thorne y Schuster, 1956; Costilla et. al, 1977).

SOLANACEAS: Tomate, Lycopersicon esculentum Mill.; Tomate, Lycopersicon peruvianum (L.) Mill.; Berenjena, Solanum melongena L.; Chile, Capsicum spp; Papa, Solanum tuberosum L.; Mala mujer, Solanum nigrum L. (Thorne y Schuster, 1956; Lordello et. al. 1961; Brunner, 1967; Clark, 1967; Caballero, 1970; Equihua 1977).

LEGUMINOSAS: Chicharo, Pisum sativum L.; Frijol, Phaseolus sp (Thorne y Schuster, 1956; Clark, 1967).

UMBELIFERAS: Zanahoria, Daucus carota L.; Perejil, Festuosium crispum (Mill) Nym. (Thorne, 1961; Zamudio et. al. 1987).

PORTULACACEAS: Verdolaga, Portulaca oleracea L. (Schuster, 1964; Jara De la, 1983).

LABIADAS: Orégano, Origanum vulgare L., (Jiménez, 1972; Gallo, 1974).

## 6.2 Plantas no susceptibles

Thorne y Schuster, en 1956 y Clark, en 1967 comprobaron experimentalmente que las plantas que se mencionan a continuación no presentan agallamiento al ser inoculadas con nemátodos del género Nacobbus.

CUCURBITACEAS: Melón, Cucumis melo L. (Contalupo); Sandía, Citrillus vulgaris Schrad.

LEGUMINOSAS: Cacahuete, Arachis hypogea L.; Soya, Glycine max L. Merr.; Alfalfa, Medicago sativa L.; Trébol oloroso, Medicago officinalis (L.) Lam.

GRAMINEAS: Avena, Avena sativa L.; Pasto bromo, Bromus inermis Leyss; Centeno, Secale cereale L.; Sorgo, Sorghum vulgare L.; Trigo, Triticum vulgare L.; Maíz palomero, Zea mays L. var. everta Bailey; Maíz dulce, Zea mays L. var. saccharata Bailey.

IRIDACEAS: Gladiolo, Gladiolus sp

LILIACEAS: Cebolla, Allium cepa L.; Espárrago, Asparagus officinalis L.

MALVACEAS: Okra, Hibiscus esculentus L.; Algodón, Gossypium hirsutum L.

## 7. CICLO DE VIDA

Debido a la gran cantidad de plantas susceptibles a Nacobbus spp se considera que hay variaciones en el número de generaciones dentro de su ciclo de vida, de esta forma se dice que se da una generación en plantas anuales o de ciclo corto, mientras que en las perennes o de ciclo largo, pueden suceder dos o más generaciones (Thorne, 1961; Caballero, 1970).

Algunos de los estudios que sobre el tema existen fueron realizados con poblaciones que provienen de diferentes localidades; los de Estados Unidos con poblaciones de Nacobbus aberrans (N. batatiformis) encontradas en Nebraska (Thorne y Schuster, 1956; In-serra y Vovlas, 1983), con poblaciones de N. aberrans (N. serendipiticus Franklin) provenientes de Inglaterra (Clark, 1967) y con poblaciones de N. aberrans (N. serendipiticus bolivianus) (Lorde-llo, Zamudio & Boock), originarias de Sudamérica.

Para conocer las diversas etapas del ciclo de vida de Nacobbus spp fueron utilizadas plantas de remolacha (Beta vulgaris L.) y papa (Solanum tuberosum L.) las cuales son hospederos altamente susceptibles al nemátodo en estudio (Thorne y Schuster, 1956; Qui-mí, 1981 (a)).

A continuación se expondrán con detalle las principales etapas de que comprende el ciclo biológico del "falso agallador de

las raíces", partiendo desde su embriología hasta finalizar con las etapas adultas del macho y la hembra.

## 7.1 Embriología

Los huevecillos de Macobbus son de forma oval están constituidos por tres capas las cuales son secretadas desde el interior de los miembros; la primera y más interna de ellas esta formada de lípidos; la capa media esta constituida de quitina y proteínas. La capa más del exterior conocida comunmente como capa vitelina, esta formada por lipoproteínas, e las tres capas juntas se les da el nombre común del huevecillo (Bird, 1971; Small, 1977; O'hara, 1981).

Cuando que los huevecillos son transparentes es posible observar a través de ellas los diferentes cambios embriológicos que se llevan a cabo dentro del huevecillo, los cuales finalizan cuando la larva ya se encuentra totalmente formada.

Al principio los huevecillos sólo contienen una célula, cuando hay dos se dice que la segmentación dentro de éste ha comenzado (Galinsky, 1971). Es muy frecuente encontrar en el interior de la hembra cadura huevecillos cuyas etapas embrionarias principian e incluso pueden estar ya muy avanzadas (Sher, 1970).

Clark, en 1967, describe algunas etapas del desarrollo de este nemátodo. El menciona que los huevecillos inician su proceso

embrionario con una serie de divisiones celulares, actividad que se denomina segmentación, originando con ello células de segmentación o blastómeros; el protoplasma en estas células se comienza a condensar, dando con esto la apariencia de gránulos muy finos; por su parte el núcleo localizado en la parte central de las células se halla en constante actividad especialmente antes de la división celular. De esta manera la célula original sufre su primera división para formar dos células a las que por lo regular se les denomina  $S_1$  y  $P_1$  (Fig. 11, A y B), a partir de esta primera división la actividad dentro del huevecillo aumenta, de esta forma se llega a la segunda división en la cual intervienen  $S_1$  y  $P_1$  que originan las células a, b y c, d respectivamente, estas células recién formadas, sufren a su vez una tercera división que aporta un total de ocho células de las cuales aquellas cuatro que se originaron a partir de  $P_1$  sufren otras tres divisiones más, es importante aclarar que las células resultantes de estas divisiones subsecuentes van a formar estructuras orgánicas muy especializadas del nemátodo, este periodo de divisiones dan origen a una estructura denominada blástula (Fig. 11, E y F), (Croll, 1977).

Algunos detalles sobre la gastrulación son difíciles de observar, pero las etapas de diferenciación celular del ectodermo y endodermo si fueron advertidas, el ectodermo se observa como una banda de pequeñas y brillantes células, mientras que el endodermo, que se localiza en el centro contiene células grandes y oscuras (Fig. 12, A). Las células ectodérmicas se dividen activamente en

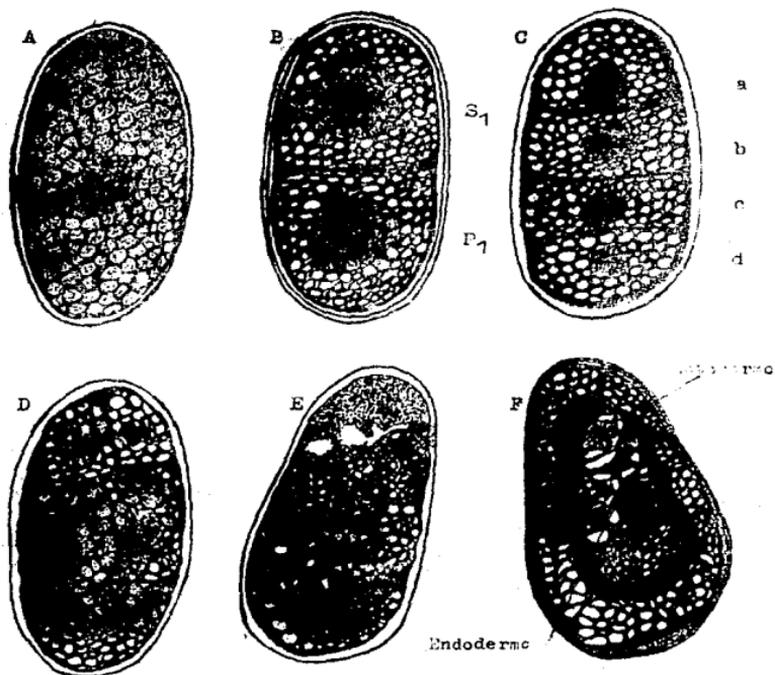


Figura 11. Primeras fases del desarrollo embrionario de *Macobius* sp. donde A, B, C y D muestran el proceso de segmentación celular mientras que en E y F se observa la formación de la blástula (según Clark, 1967; Bird, 1971; Groll, 1977).

un extremo del huevo dando origen a una región clara de pequeñas células denominada región hialina la cual a su vez dará origen a la cabeza y a la región esofágica (Fig. 12, B). Por otra parte, la región endodérmica se incrementa y se extiende a lo largo del eje del huevo, la región hialina también aumenta de tamaño, de esta forma el embrión comienza a adquirir la configuración elongada de la futura larva (Clark, 1967).

El embrión en formación realiza diversos movimientos que van desde alargamiento y estrechamiento hasta giros sobre su eje.

Aproximadamente una semana después de haberse iniciado la división de la primera célula, la región esofágica del nemátodo ya se hace visible (Fig. 12, C) (Clark, 1967).

El primer estado larval crece rápidamente y pronto se enrolla dentro del huevecillo (Fig. 12, D), su cutícula, finamente anillada es muy delicada, se cree que ésta es permeable al agua y tal vez por esta razón la primera muda se lleva a cabo dentro del huevecillo. Antes de que se realice la primera muda, el nemátodo dentro del huevecillo tiene muy poca actividad pero conforme va mudando éste se hace más activo, durante este proceso la larva frecuentemente mueve su cabeza dentro de la vieja cutícula con el objeto de irse desprendiendo de la misma, la muda se completa en tres o cuatro días, la larva resultante (segundo estado), permanece algunas horas dentro del huevecillo, para salir utiliza su estilete - moviéndolo rítmicamente contra el corion hasta que lo perfora, hay

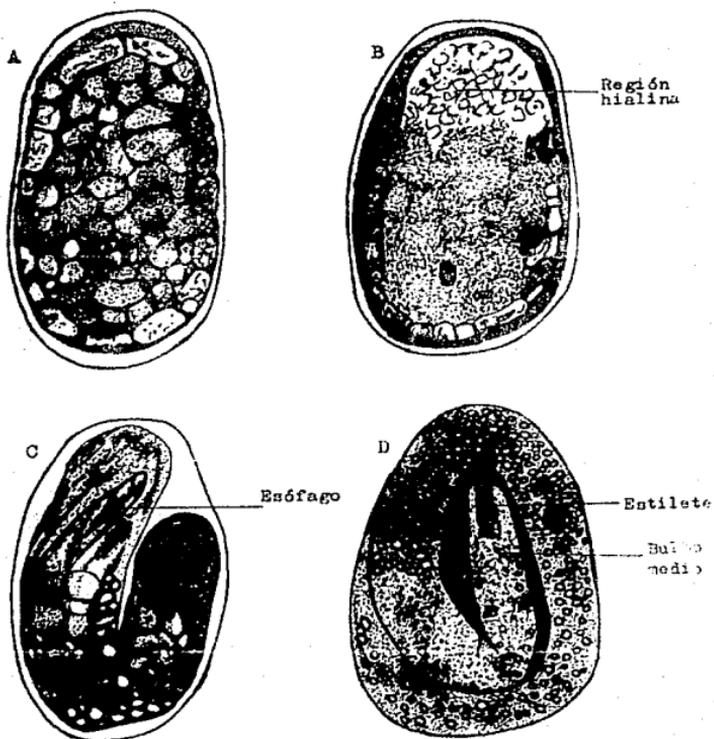


Figura 12. Fases finales del desarrollo embrionario de Macobius sop hasta la formación total de la larva (Según Clark, 1967).

que aclarar que no es sólo un punto donde se concentra, sino que en distintos lugares hasta que logra por fin hacer el orificio por donde sale al exterior buscando de inmediato algún hospedero donde alimentarse puesto que esta y todos los siguientes estados larvales son considerados como infectivos (Jatala, 1982; Inserra, et. al. 1983).

## 7.2 Estados Juveniles

A continuación se describirán los diversos estados larvales o juveniles por los que Nacobbus spp atraviesa, iniciando con el segundo estado juvenil puesto que el primero fue tratado en el punto correspondiente a su embriología.

### 7.2.1 Segundo estado juvenil

El segundo estado juvenil o larval es considerado como el primer estado infectivo de éste nemátodo (Franklin, 1959; Clark, 1967; Caballero, 1970). Al salir del huevecillo, la larva busca de inmediato las pequeñas raíces de algún huésped susceptible, guiado seguramente por la exudación de las mismas. Al llegar a su objetivo presiona con sus labios distintos puntos de la pared celular como tratando de seleccionar un lugar adecuado para introducir su estilete y, al mismo tiempo que absorbe los jugos celulares, con sus movimientos rítmicos va oradando y ampliando el orificio de entrada a la raíz, para que de esta forma pueda introducirse en ella. Por lo general varias larvas penetran a la raíz uti-

lizando el mismo orificio (Thorne y Schuster, 1956; Clark, 1967).

La larva dentro de la raíz se mueve intra e intercelularmente, causando mucho daño a las células pues se infectan rápidamente con bacterias y mueren. Se ha observado que algunas larvas de este segundo estado pueden permanecer alimentándose dentro de la raíz o bien sobre la superficie de la misma, se considera que la alimentación superficial no estimula la formación de agallas aunque si pueden llegar a aparecer ligeras hinchazones (Clark, 1967; Caballero, 1970).

La segunda muda ocurre por lo general dentro de la raíz, aun que Clark en 1967 reporta que también la muda se lleva a cabo en el suelo.

#### 7.2.2 Tercer estado juvenil

La segunda muda origina el tercer estado larval, que en su aspecto externo es muy parecido al segundo, con la excepción de que el tercero es más grande y tiende a enrollarse ( cuando se fija para su observación al microscopio); su actividad disminuye en relación con la que presentaba el segundo estado. Clark menciona también que estas larvas entran a las raíces y solo las abandonan cuando envejecen o bien pueden permanecer dentro y distribuirse a lo largo de la corteza, ya ahí sus movimientos dañan las células que la rodean rompiéndolas y haciendo que la zona se necrose. En esta etapa las gónadas que diferencian sexualmente al macho de la hembra, se hacen más visibles de tal forma que, en el macho se

muestran como una estructura oval alargada y muy alejada de la cola, en cambio en la hembra la gónada es más alargada y su cercanía a la cola es mucho mayor (Fig. 13, A y B). La tercera muda por lo general se lleva a cabo en la raíz pero también se han observado larvas mudando en el suelo (Caballero, 1970; Castillo, 1982).

#### 7.2.3 Cuarto estado juvenil

En esta etapa es factible encontrar ambos sexos en la corteza de la raíz. La gónada de las hembras se extiende más allá de la futura vulva, la cual se observa como una pequeña mancha brillante (Fig. 13, C) en los machos (Fig. 13, D), la gónada se alarga hasta llegar casi al ano, las espículas y el gobernáculo no aparecen sino hasta que se va a realizar la última muda que los convertirá en adultos. Hay que recordar que todos los estados juveniles continúan alimentándose a expensas de su hospedero ocasionando problemas en el suministro de precursores vitales para su buen desarrollo (Thorne y Schuster, 1956; Caballero, 1970).

#### 7.2.4 Estado adulto macho

Los machos adultos después de madurar y con sus estructuras totalmente formadas salen de la raíz (lugar donde mudó) y buscan a las hembras para fecundarlas (Clark, 1967); en ocasiones los machos se han encontrado embebidos en una matriz gelatinosa segregada por la hembra al depositar los huevecillos, de ahí la hipótesis de que las hembras son fecundadas en la raíz y no en el suelo (Franklin, 1959; Caballero, 1970; Quimi, 1981(a)). Otros aspectos, como sus hábi

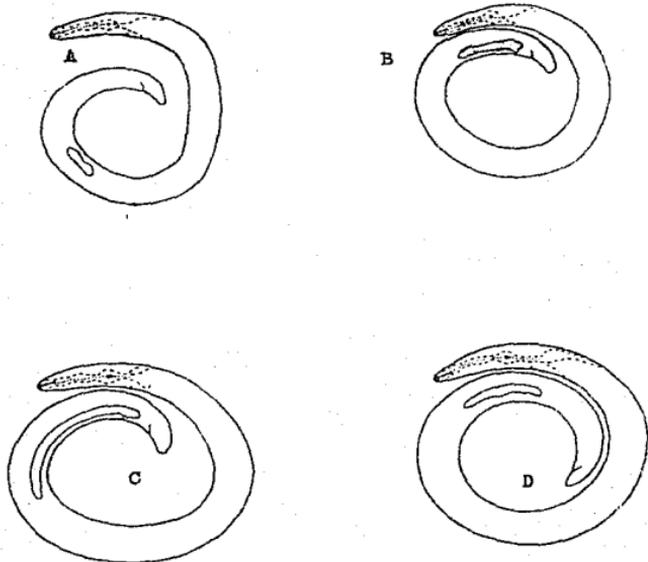


Figura 13. Estados larvales. A y B tercer estado larval macho y hembra respectivamente. C y D cuarto estado larval hembra y macho respectivamente (Según Clark, 1967).

tos alimenticios en ésta etapa o el tiempo que sobrevivan después de su salida de la raíz, son totalmente desconocidos.

#### 7.2.5 Estado adulto hembra

Las hembras, son desde nuestro punto de vista las que causan los daños más severos a las raíces en aquellos hospederos susceptibles. La hembra joven antes de madurar totalmente es larga y relativamente delgada, sus estructuras internas sufren transformaciones muy marcadas, aptas para la actividad que desarrollará dentro de la raíz; la vulva y el sistema reproductor están perfectamente desarrollados, el bulbo medio incrementa de manera considerable su tamaño, las placas del bulbo adquieren una consistencia rígida y las glándulas esofágicas incrementan su anchura poniendo en evidencia su núcleo. La hembra es muy activa, dentro de la raíz se acomoda en la corteza desde la cual se mueve hasta una posición cercana al cordón vascular, pero en algunas ocasiones aún estando cerca del cordón, la hembra no permanece ahí por mucho tiempo sino que sale de la raíz para buscar otra donde establecerse.

La hembra que ya se ha establecido incrementa paulatinamente el diámetro de su cuerpo hasta formar una cavidad lo suficientemente ancha, en la cual se empiezan a desarrollar los huevecillos, los que una vez fecundados, serán depositados en el exterior de la raíz, esta acción coincide con la segregación por parte de la hembra de un material gelatinoso (matriz gelatinosa), que al principio no presenta color alguno pero conforme pasa el tiempo se torna

de color amarillo, la función principal de la matriz gelatinosa es servir de protección a los cientos de huevecillos expulsados por la hembra (Clark, 1967; Quimi, 1981; Castillo, 1982; Inserra et. al., 1983).

### 7.3 Ecología

La ecología es un factor de gran importancia para el estudio de cualquier organismo patógeno, puesto que con base en el conocimiento de todas aquellas características ambientales y edáficas en que se desarrolla se llegan a conocer muchos aspectos que son claves para su aislamiento y reproducción bajo condiciones controladas.

Ahora bien, todos los nemátodos que atacan a las raíces de las plantas, debido a su tamaño tan pequeño no son fácilmente observables y esta característica los hace pasar inadvertidos y actuar de esta forma libremente sobre o dentro de su hospedero. El suelo que lo circunda puede incluso llegar a amortiguar los diversos cambios térmicos que suceden en la superficie, puesto que funciona como un aislante natural (Agrios, 1985; Caballero y Muñoz, 1987).

Nacobbus spp tiene muchas similitudes en su ecología con otros nemátodos tal es el caso de Meloidogyne spp o bien Heterodera spp y, al igual que éstos, la profundidad a la que los podemos encontrar es también muy similar, todo dependiera del tipo de hospedero y la amplitud de su sistema radical. Sher, en 1970, reporta

haber encontrado a Nacobbus spp parasitando raíces de algunas especies del género Prunus en Los Angeles, California. Por otro lado, el suelo como microambiente juega un papel importante en el desarrollo del nemátodo, siendo la humedad y la temperatura factores vitales que incrementan o disminuyen su actividad y por lo tanto sus poblaciones.

### 7.3.1 Textura del suelo

La textura del suelo, en el desarrollo y actividad de Nacobbus spp, no es un factor limitante, debido a que éste tiene una capacidad muy amplia de adaptarse a terrenos con diferentes texturas, así tenemos que, por ejemplo en las regiones andinas, donde por lo general este nemátodo se encuentra asociado a tubérculos de papa, el tipo de suelo que predomina es arcilloso con una estructura entre media y pesada (Jatala y Scurrah, 1975; Caballero y Muñoz, 1987). Sin embargo, Thorne y Schuster, en 1956, reportan que el suelo muestreado en las plantaciones de remolacha azucarera en los E.U.A. tenía una consistencia arenosa, aunque estos autores no mencionan la textura exacta de las muestras.

En México al parecer se desarrolla mejor en suelos con textura limo-arenosa. En otros trabajos de investigación sobre estos nemátodos realizados bajo condiciones de invernadero, el suelo que mejor dio resultado para el incremento de este y otros nemátodos agalladores y enquistadores fué uno de textura franco-arenosa el cual contiene 72 % de arena, 10 % de sedimento (lodo sedimentado)

y un 10 % de arcilla (Inserra et. al., 1984).

### 7.3.2 Humedad

La humedad del suelo sí representa un factor limitante para el desarrollo e incremento de las poblaciones de Macobbus, sobre todo para los huevecillos y los primeros estados larvales ya que al igual que muchos otros nemátodos, depende del agua del suelo para llevar a cabo sus actividades. Si la humedad es inferior a la estrictamente necesaria la emergencia de larvas decrece, pero si la humedad es mayor también las poblaciones se abaten debido a la falta de oxígeno; el punto ideal para que el nemátodo se desarrolle y se distribuya en el suelo lo proporciona un terreno a capacidad de campo. Otro aspecto importante relacionado con la humedad del suelo es la presión osmótica, la cual puede llegar a afectar la emergencia de larvas puesto que conforme el agua se va evaporando la concentración de sales aumenta y por consiguiente la presión osmótica puede llegar hasta dos atmósferas; ésto como es de suponerse evita que un gran número de larvas eclosionen manteniéndose, por lo tanto dentro de los huevecillos en un estado de resistencia conocido como anhidrobiosis, que se da cuando el suelo se va secando paulatinamente y sólo es eliminado cuando el terreno es nuevamente humedecido. Hay que tener en cuenta que la anhidrobiosis es uno de los tres tipos de estado de resistencia que pueden presentar los nemátodos, los otros dos son la anoxibiosis, que es una falta de oxígeno en el suelo y la criobiosis, que se presenta cuando la temperatura del suelo es muy baja; juntos forman lo que se

denomina quiescencia y cada una de ellas va a depender de las condiciones a las que este sometido el nemátodo (Jatala y Kaltenback, 1979; Inserra et. al., 1983).

### 7.3.3 Temperatura

Se ha determinado que uno de los factores del medio ambiente más importantes en el tiempo de desarrollo del nemátodo, es la temperatura, la cual interviene directamente en el incremento de las poblaciones de tal forma que al existir mayor temperatura en el suelo el desarrollo embrionario se lleva a cabo con mayor rapidez, también se ha observado que la temperatura juega un ruel importante en la producción de machos y hembras de la población, en general, el rango óptimo de temperatura para su desarrollo es de 20 a 25 °C (Clark, 1967; Inserra et. al., 1983).

Para determinar su capacidad de adaptación a condiciones extremas, se han venido realizando estudios cuyos resultados son muy significativos, por ejemplo, los nemátodos bajo condiciones de sequía disminuyen notablemente sus poblaciones pero no se llega a abatir totalmente a estas, ya que aún después de ocho meses se llegaron a encontrar huevecillos viables, algunas larvas y hembras inmaduras. Bajo condiciones extremas de frío (- 13 °C) y durante cuatro meses, aún se llegaron a encontrar dentro de las muestras analizadas, larvas y hembras inmaduras viables, esto nos da una idea de la resistencia de estos organismos a sobrevivir en condiciones ambientales adversas (Jatala y Kaltenback, 1979).

Los autores antes mencionados demostraron lo que Prasad y Webster habían observado en el invierno de 1962-63, un invierno que se caracterizó por temperaturas tan bajas que fluctuaron entre los  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $-10^{\circ}\text{C}$ . Prasad y Webster reportaron al examinar el suelo y las raíces de lechuga cultivada sin ninguna protección al frío, la presencia de huevecillos viables entre los restos vegetales con lo cual concluyeron que son los restos vegetales los que protegen del intenso frío al nemátodo. En otras observaciones que realizaron con raíces de tomate, encontraron larvas del segundo estado cuyos movimientos dentro de las células se habían restringido al máximo; no se llegó a determinar si éstas larvas se alimentaban o no de las células de la raíz.

Por otro lado el clima en general no afecta el desarrollo del nemátodo puesto que se adapta muy bien tanto a climas templados como fríos, prueba de ello son todos aquellos lugares donde ha sido reportado; en cuanto a su altitud el rango abarca desde los 500 msnm hasta los 4500 msnm (Caballero y Muñoz, 1987).

## 8. SINTOMATOLOGIA

---

Cuando una planta es atacada por Nacobbus spp la parte aérea no muestra síntomas con los cuales se pueda diagnosticar su actividad, por lo regular las plantas que son infectadas muestran anamismo y tienden a marchitarse bajo condiciones de poca humedad, esto nos indica que el daño seguramente se encuentra en la región de las raíces pues no son capaces de realizar su función de manera eficiente (Jatala, 1982).

El síntoma más característico de la enfermedad es el que aparece en los órganos subterráneos del hospedero y es conocido como agallamiento. Las agallas que se forman en las raíces les ocasionan que tengan un crecimiento deficiente, en especial las raíces secundarias y terciarias, y en plantas con raíces fibrosas las agallas impiden también su desarrollo porque queda una maraña de nódulos ocupando gran parte del sistema radical (Jatala, 1982).

En muchas ocasiones algunas raíces que son consideradas alimentos de consumo en fresco como las zanahorias (Daucus carota L.) sufren la pérdida de más de la mitad de su volumen el cual es sustituido por una infinidad de raicillas que es el resultado de un ataque severo de Nacobbus spp, esto como es de suponerse disminuye la calidad del producto (Zamudio et. al., 1987).

En el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.), si el ataque es severo su producción disminuye considerablemente ya que no

sólo perjudica las raíces, sino que llega incluso a penetrar en los tubérculos, debido a que estos no presentan problemas de suberización que impida el libre paso del organismo parásito. Una vez dentro recorre uno o dos milímetros y se establece temporalmente en la corteza—por lo regular son larvas—y, aunque esta acción no provoca síntomas que puedan ser fácilmente reconocidos, si llega a ofrecer problemas porque son fuentes potenciales de dispersión del inóculo (Jatala, 1975; Hooker, 1980; Agrios, 1985).

Cuando Nacobbus spp ataca plantas de almácigo la sintomatología que se presenta es muy característica y difiere del ataque de otros nemátodos, debido a que las agallas en las pequeñas raicillas tienen forma de huso; si las pequeñas plántulas logran sobrevivir al ataque su producción esperada disminuye, debido al debilitamiento gradual que la hembra ocasiona con el bloqueo de los vasos conductores.

## 9. HISTOPATOLOGIA DEL AGALLAMIENTO

El agallamiento es el síntoma más común del ataque de Nacobbus spp y sobre este punto se profundizará describiendo los distintos cambios que a nivel celular provoca; así, para comprender mejor el desarrollo del agallamiento se empezará a describir la forma en que penetran las pequeñas larvas y los daños que causan, posteriormente se detallará la actividad de la hembra madura una vez que se establece en la raíz.

### 9.1 Daños causados por las larvas (2o. y 3er. estado)

Es muy común encontrar en los primeros días de la infección grupos de larvas penetrando por un mismo orificio. Se han llegado a observar en el tejido interno de la raíz hasta doce larvas, las cuales como es de suponerse no permanecen por mucho tiempo ahí, sino que salen y buscan otros puntos de penetración, al parecer este es un hábito característico del género y en cada punto de penetración por lo general queda establecida una hembra. Castillo, en 1982, menciona que el nemátodo, independientemente del uso de su fuerza mecánica para introducirse en la raíz, utiliza además un mecanismo enzimático para la desintegración de estructuras celulares, en especial el material que sirve de cemento para unirlos. La lisis, como se le conoce a este mecanismo de desintegración, se observa en grupos pequeños de células de la corteza, su citoplasma

se torna denso y una vez que su pared celular se rompe, su contenido se derrama, dando origen a una cavidad por donde el nemátodo seguirá su camino a través del tejido; posteriormente las células de la corteza que van rodeando al nemátodo se hipertrofian formando - con esto una pequeña hinchazón en la raíz, aunque aún no se le puede denominar agalla.

Schuster y Sullivan, en 1960, consideran que la hipertrofia se produce debido a que el nemátodo, al alimentarse, segrega enzimas que predispieren las estructuras celulares e incluso el citoplasma de éstas, lo interesante de este proceso es que las células más alejadas del cuerpo del nemátodo muestran también cambios significativos en la coloración y densidad de su citoplasma; otras características importantes observadas fueron el crecimiento y deformación de los núcleos, formación de vacuolas y gránulos de almidón; algunos autores como Schuster et. al., en 1964, así como Jones y Payne, en 1977, consideran que estos cambios en el citoplasma marcan el inicio de la formación de las que se denominan células gigantes, quizá las enzimas del nemátodo ocasionan esos cambios, pero no hay que descartar que la planta también puede inducirlos como una reacción al ataque.

Por otro lado, las células que fueron colapsadas se necrosan y forman las cavidades antes mencionadas que delimitan al nemátodo, al parecer la necrosis producida por Nacobbus spp es más marcada en estos primeros estados larvales que la que provocan

otros nemátodos agalladores (Castillo, 1982; Inserra et. al., 1983). Hasta aquí se "detienen" los cambios celulares de las primeras etapas del desarrollo del nemátodo, el agallamiento real aparece sólo después de la penetración de las hembras jóvenes del cuarto estado larval.

#### 9.2 Daños causados por la hembra adulta.

Una característica que indica la presencia de la hembra adulta dentro de la raíz, es la formación de las células gigantes o syncytia, el cual se define como una masa multinuclear de protoplasma que resulta de la continua división nuclear y que al aumentar en tamaño colapsa la pared celular haciendo que las células pierdan su individualidad, se fusionen y se rodeen de una pared celular común. En algunos casos el syncytia se inicia cerca de la región cefálica del nemátodo, pero pueden llegar a formarse en células alejadas de ésta. Castillo, en 1982, menciona que la endodermis, el periciclo y el parénquima vascular sufren división celular intensa en el área que circunda al nemátodo, presentándose al mismo tiempo hipertrofia de la células de la endodermis y periciclo; también menciona que el crecimiento del syncytium se lleva a cabo desde el interior hacia el exterior de la raíz.

Por la posición que adquiere la hembra con respecto al cilindro vascular, la formación de las células gigantes puede provocar un bloqueo casi total del mismo. Algunos trabajos como el de Caballero y Muñoz, en 1967, mencionan la presencia de hasta tres hem-

bras en una misma agalla, formando cada una de ellas a su vez un syncytium, esto refuerza las observaciones realizadas por Prasad y Webster, en 1967, quienes también encontraron varias hembras en una sola agalla.

Jones y Payne, en 1977, realizaron observaciones de las agallas producidas por este nemátodo utilizando para este fin el microscopio electrónico de barrido, el cual mostró detalladamente la estructura de la agalla. De esta forma se llegó a apreciar que la individualidad de las células del syncytium se mantuvo estable, el contenido citoplásmico se desplazó de una célula a otra por medio de orificios redondos u ovals existentes en la pared celular, lo cual da la impresión de que estos se formaron por la acción enzimática del nemátodo y no por su acción mecánica. Schuster et. al., en 1979, también mediante el uso del microscopio electrónico, observó que las células sinciciales contenían plastidios, amiloplastos, núcleos malformados, microfibrillas y mitocondrias gigantes, lo cual no es usual en células normales.

Los tejidos conductores, xilema y floema son también dañados por la formación del syncytium, en muchas ocasiones, debido a la presión tan fuerte a que son sometidos por el crecimiento de las células gigantes, ambos tejidos son desplazados hacia la corteza y la endodermis, el desplazamiento provoca que los tejidos conductores se desgarran con lo cual originan que el intercambio nutricional pierda eficiencia (Quimi, 1981 (b) ).

Por otra parte, la proliferación anormal de raíces latera-

les mediante la estimulación de las células del periciclo es una característica importante del género Nacobbus, aunque otros agalladores también pueden llegar a ocasionarlas, pero con Nacobbus es más marcado su incremento (Prasad y Webster, 1967; Clark, 1967; Inserra, et. al., 1983).

## 10. INTERACCION CON OTROS PATOGENOS

Si bien es cierto que el "falso agallador de las raíces" causa daños de consideración cuando ataca de manera individual a plantas susceptibles, es muy factible que en el suelo donde éstos se desarrollan existan también otros organismos fitopatógenos como hongos, bacterias e incluso nemátodos de otros géneros, los cuales pueden llegar a asociarse y de esta forma al actuar en combinación, provoquen que el daño a las plantas sea más severo.

En México tenemos algunos estudios que mencionan interacciones de este nemátodo con otros organismos patógenos, de esta forma a Nacobbus spp se le ha detectado actuando en asociación con Meloidogyne incognita Chitwood, en cultivos de jitomate en el Estado de Puebla; asimismo, se observó que ambos provocaban una mayor disminución del producto esperado, debido principalmente al ataque tan severo a las raíces, pues las agallas que ahí se formaron bloquearon los vasos conductores del hospedante (Zamudio y Marbán, 1983).

Caballero, en 1970, lo encuentra en Chapingo, Estado de México, asociado a Phytophthora capsici Leo, hongo que causa la marchitez del chile. Menciona además que dicha asociación tuvo un efecto sinérgico al atacar líneas de chile mulato (V-2) en experimentación.

Por otro lado en un estudio realizado en Actopan, en el Esta

do de Hidalgo, dos nemátodos (Tylenchorhynchus sp y Pratylenchus sp), así como dos especies del hongo fitopatógeno Fusarium (F. oxysporum y F. roseum), se encontraban atacando plantas silvestres (Amaranthus hybridus L., Portulaca oleracea L. y Malva spp), en diversos campos de cultivo; aunque los nemátodos estaban asociados a la hora del ataque, se pudo comprobar mediante el análisis de las raíces que el 95 % del daño fué provocado por una alta infestación de Pratylenchus spp y Nacobbus sp; en cuanto a los hongos que también se encontraron en las raíces es muy probable que hayan aprovechado las heridas que provocaron los nemátodos al penetrar y de esta forma las infectaron. Al parecer Fusarium es un hongo que comunmente se encuentra asociado a este y otros nemátodos (Jara de la, 1983; Agrios, 1985).

En América del Sur, en la región andina, se ha observado a Nacobbus spp atacando junto con Heterodera spp y Meloidogyne spp plantaciones de papa; también se observó que las agallas inducidas por Nacobbus spp son a menudo infectadas por el hongo causante de la roña, Spongospora subterranea (Wall.) Lag, quien a su vez puede ser vector del virus del enanismo de los tallos de la papa (Jatala y Scurrah, 1975; Agrios, 1985).

Inserra et. al., en 1984, mencionan asociaciones entre Heterodera schachtii Schmidt y Nacobbus aberrans en plantaciones de remolacha azucarera en Nebraska, también en la zona oeste de los Estados Unidos es muy frecuente encontrar a Meloidogyne hapla Chitwood, asociado a éstos.

Los mismos autores determinaron en un estudio que realizaron sobre competencia y patogenicidad, que ninguno de ellos se excluye ya que hay un escalonamiento en el ataque, y es el que eclosiona primero el que ataca, en estos casos Heterodera schachtii Schmidt, de ahí que se le haya clasificado en el estudio como el más agresivo de los tres, siguiéndole en el orden Meloidogyne hapla Chitwood, y finalmente Nacobbus aberrans; es obvio suponer que el ataque es de gran magnitud al interactuar los tres al mismo tiempo; sin embargo, aunque Nacobbus aberrans sea menos agresivo que Heterodera schachtii Schmidt o Meloidogyne, el daño que Nacobbus ocasiona es más serio debido a las grandes agallas que induce, las cuales son capaces de distorsionar y deformar las raíces de almacenaje en remolacha azucarera y otras raíces suculentas; asimismo el daño que provoca en el cilindro central disminuye el flujo de nutrientes a la parte aérea, originando un crecimiento deficiente y dándole a los productos que se consumen por sus hojas o frutos, menor calidad.

## 11. CONTROL

---

El control de nemátodos es una labor que se torna cada vez más difícil debido a que éstos pasan la mayor parte de su ciclo biológico bajo el suelo o bien dentro de las raíces de plantas hospederas, sobreviviendo de esta manera a algunas prácticas de control como el físico y químico. De ahí la importancia de destruir todos aquellos residuos de cultivos anteriores como parte de un control integrado, que es el más apropiado para disminuir al máximo nemátodo y otros organismos patógenos. Desde luego que un control integrado para su aplicación, debe de estar apoyado por información completa sobre la sintomatología, las causas y los mecanismos por los que las plantas se infectan, además información complementaria sobre las características del patógeno para que de esta manera se encuentre algún punto vulnerable en el ciclo biológico del mismo.

Con Nacobbus spp se presenta el problema que se menciona al inicio de este capítulo, puesto que sus poblaciones no son fácilmente controlables debido a su capacidad para defenderse de un medio hostil, pues como ya se ha visto, aún antes de eclosionar presenta mecanismo de resistencia que impiden que sea dañado, incluso en etapas más avanzadas de su desarrollo se les pueden hallar dentro de las raíces de su hospedero o bien en los restos vegetales del mismo una vez cosechado. Si bien se han aplicado algunas téc-

nicas de control - como las que posteriormente se describirán - , no se ha logrado erradicarlo del todo en aquellas áreas donde ya se encuentra presente.

### 11.1 Control Químico

En América del Sur es donde se ha implementado un mayor número de acciones para controlar a Nacobbus spp, la gran mayoría de ellas utilizan el control químico como el remedio más eficiente sobre todo si se realiza de manera terapéutica; en el tratamiento que se le da a la papa (Solanum tuberosum L.), este control ha tenido muy buenos resultados. Costilla y Basco, en 1984, teniendo el antecedente de que estado larvales (2o., 3o. y 4o.), así como hembras jóvenes y en muy raros casos hembras maduras, se alojaban formando "nidos" bajo la epidermis de los tubérculos de papa, diseñaron un experimento en el cual se utilizaron algunos nematocidas y otros productos químicos no específicos para nemátodos, la evaluación se hizo con el fin de determinar si éstos productos disminuían el efecto del nemátodo en la raíz después de un tiempo determinado (60 días); los autores encontraron que para este caso particular Nema-cur 40 EC (Fenamifos) y el Mocap 75 % (Ethoprop), a dosis de 200 y 150 centímetros cúbicos en 100 litros de agua durante 15 minutos, respectivamente, habían matado la totalidad de nemátodos presentes en los tubérculos.

Costilla y Basco, en 1981, ya había experimentado con algunos productos químicos como el Carbofuran 30 TS, Carbofuran 75 %,

el Oxamil 24 % y el Malathión 3.6 % para determinar su eficacia en el control de Nacobbus spp en estado de reposo en tubérculos de papa para semilla, en sus resultados reportaron que de todos los productos utilizados, el Carbofuran 30 TS, fué el único que logró disminuir pero no erradicar al nemátodo del tubérculo.

Caero, en 1985, citado por Caballero y Muñoz, en 1987, reportó que en Bolivia dos nematocidas granulares, el Temik 10 G y el Furadan 5 G, resultaron eficientes para el control de N. aberrans.

En México, Equihua, en 1977, menciona que el Aldicarb (Temik 5 G) mostró buen efecto nematocida para el control de Nacobbus spp en el cultivo del chile (Capsicum spp).

Por su parte Franco y Marbán, en 1983, probaron tres nematocidas sistémicos Oxamil, Fenamifos y Aldicarb en jitomate de la variedad "AG-VE-55", 15 días después de la siembra en macetas de 1 Kg con suelo infestado de manera natural con Nacobbus aberrans, el resultado obtenido fué que el Aldicarb a dosis de 4.7 y 9.4 ppm tuvieron el mejor efecto terapéutico en el experimento.

Zamudio y Marbán, en 1983, ensayaron productos como el Aldicarb, Fenamifos y Carbofuran, para controlar nemátodos en el cultivo del jitomate en el Estado de Puebla, las aplicaciones se hicieron en bandas y al borde del surco en el momento de la siembra; de todos los productos utilizados, el Aldicarb a dosis de 2 Kg de i.a./ha, fué el que mejores resultados mostró, puesto que se obtuvo un incremento del 85 % de la producción con respecto al testigo.

## 11.2 Control Cultural

En cuanto al control cultural se han realizado pocas prácticas como las que describen Jones y Jones, en 1975, citados por Caballero y Muñoz, en 1987, donde señalan que es factible disminuir la población existente mediante la radiación solar, porque el suelo al perder humedad se va fragmentando y esto puede limitar el movimiento de las larvas hacia el hospedero.

Jatala, en 1982, menciona que la rotación de cultivos en el control cultural de Nacobbus spp se basa en el antecedente de que las poblaciones de este nemátodo disminuyen rápidamente en ausencia de hospederos adecuados; sin embargo, el problema central consiste en saber hacer una selección adecuada de cultivos debido al amplio rango de hospederos susceptibles a este nemátodo. El autor reporta que algunas gramíneas y leguminosas no son susceptibles a su ataque.

Costilla y Ojeda, en 1985, citados por Caballero y Muñoz, en 1987, al estudiar en Argentina la susceptibilidad de Nacobbus en plantas cultivadas, encontraron que el maíz, poroto, lechuga, trigo, cebada y alfalfa mostraban resistencia a su ataque y por lo tanto las recomendaban como alternativas para estructurar un programa de rotación de cultivos.

Thorne, en 1961, menciona que la alfalfa, el trébol, el trigo, avena, centeno, maíz y cebolla pueden ser usados para diseñar un programa de rotación de cultivos para disminuir las poblaciones de Nacobbus spp, además indica que otra práctica de suma importan-

cia en el control, es la limpieza del terreno de todas aquellas plantas que son consideradas como malezas, puesto que estas pueden ser portadoras del inóculo.

Por otra parte la aplicación de abonos orgánicos fue practicada por Montes, en 1973, sobre plantas de jitomate, utilizando para ello paja de maíz y cebada, los resultados que se obtuvieron fueron positivos debido a que se disminuyó el número de larvas infectivas de Nacobbus.

#### 11.3 Control Biológico

Sobre este tipo de control se han realizado muy pocas investigaciones, una de ellas hecha por Montes, en 1973, donde menciona que algunos hongos y bacterias que degradan residuos vegetales en el suelo, pueden llegar a mostrar antagonismo con Nacobbus.

Sisler, en 1985, descubrió en Argentina lo que parece ser un buen prospecto para el control biológico, el hongo Paecilomyces lilacinus que parasita hembras y huevecillos de Nacobbus aberrans.

Por último la utilización de la genética en las plantas vegetales ha sido utilizada para transferir, mediante cruza, genes de resistencia a cultivos agrónomicamente aceptables. El cultivo con el que más se ha trabajado en este aspecto es la papa (Solanum tuberosum L.), a la cual se le está tratando de transferir resistencia, a partir de cultivares nativos como Solanum tuberosum L. subesp. Andigena Jus & Buk y Solanum sparcipilum, los que han de-

mostrado tener un comportamiento adecuado al ataque de algunas poblaciones de Nacobbus aberrans ( Jatala, 1975).

## 12. DISCUSION

---

Como se ha visto a través del presente trabajo, los nemátodos del género Nacobbus representan un grupo de organismos que requieren ser estudiados con mayor profundidad pues existen muchos aspectos que aún no quedan bien definidos. En países como E.U.A. y Perú se han realizado una cantidad aceptable de trabajos que describen la actividad de Nacobbus en hospederos susceptibles como papa (Solanum tuberosum L.) y remolacha azucarera (Beta vulgaris L.) principalmente; sin embargo gran parte de esa información se torna repetitiva y si a esto se le añade que no es constante año tras año, el avance real sobre su conocimiento es mínimo, de ahí la importancia que tiene el realizar una investigación que permita concentrar la información existente, la cual nos va a determinar en que área específica se requiere ahondar para tener un mejor conocimiento del organismo que se pretende estudiar. El primer aspecto que es importante mencionar sobre Nacobbus es el relacionado con su Clasificación Taxonómica, que esta perfectamente definida hasta género, porque la especie requiere de algunas modificaciones, pues a un principio se habló de cuatro especies y una subespecie, posteriormente se redujeron a dos N. dorsalis y N. aberrans, no obstante, de estas dos solo a N. aberrans se le ha encontrado con mayor frecuencia en los muestreos realizados en zonas infestadas, N. dorsalis ya no se ha vuelto a encontrar en ningún país donde estos causan problemas; actualmente en los E.U.A.

que es un país donde se han realizado más investigaciones sobre Nacobbus se habla de razas fisiológicas que son selectivas en su ataque a las diversas familias botánicas, así por ejemplo se tienen especies de Nacobbus que solo causan agallamiento a la Kochia (Kochia scoparia (L.) Scharad), tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) y remolacha azucarera (Beta vulgaris L.), pero no les causa daño al chile (Capsicum annuum L.) ni a la papa (Solanum tuberosum L. y S. tuberosum subesp. andigena Jus. & Buk), a este método lo han denominado como Nacobbus aberrans raza "remolacha azucarera".

En México la especie que tenemos es N. aberrans, pero sería importante que dicha especie se probara bajo condiciones de invernadero totalmente controladas en cada uno de los Estados en los que se encuentran causando problemas, para determinar si es válido lo que se reporta en E.U.A., si esto resulta ser cierto, estaríamos en posibilidad de realizar exámenes comparativos que nos permitan diferenciarlos; pero los estudios necesitan agilizarse puesto que el nemátodo va avanzando a través del país y puede llegar a ser muy dañino si no se toman las medidas preventivas adecuadas, sobre todo las cuarentenas de productos que son susceptibles, hay que tener presente un dato significativo, el cual nos indica que en el Estado de California en los E.U.A. Nacobbus por su peligrosidad ha estado sujeto a estricta regulación cuarentenaria. Si se sigue dejando actuar libremente a Nacobbus dentro de algunos años lo tendremos establecido en los Estados de Guerrero,

Michoacán y Querétaro (en los que aún no se reporta su presencia), Estados que tienen colindancia con aquellos que presentan problemas con este nemátodo, hay que recordar que su capacidad de adaptación a diversos climas y suelos es extremadamente amplia y ni hablar de su rango de hospiteos que es también muy grande. Pero no solo la acción individual de Nacobbus es dañina, pues hay que tomar en cuenta que en muchas ocasiones se llegan a presentar interacciones con otros patógenos del suelo y que al actuar en forma sinérgica causan que el daño al cultivo sea más severo.

Se sabe que asociaciones entre Nacobbus, Heterodera y Meloidogyne son frecuentes en los E.U.A. y Sudamérica. En México se le ha encontrado junto con Tylenchorhynchus y Pratylenchus así como con hongos del género Fusarium, esto se da principalmente en el Estado de Hidalgo, en el Estado de Puebla se le ha detectado junto con Meloidogyne y en el Estado de México con hongos del género Phytophthora, sin embargo solo en su acción con Meloidogyne y Phytophthora se considera la existencia de asociaciones, de hecho con Phytophthora su acción es sinérgica, de los otros patógenos solo se menciona su presencia al momento del muestreo, aunque se intuye que pueden llegar a existir asociaciones entre Nacobbus y Pratylenchus, no se tienen estudios concretos que lo refuercen.

Un dato curioso que merece ser mencionado es el referente a la existencia de este nemátodo en algunos Estados productores de papa (Guanajuato, Morelos y Michoacán), por tal motivo tenemos que tomar en cuenta esta situación porque es muy factible que lle

que a estas zonas productoras en forma natural, porque es difícil que se introduzca en la papa utilizada como semilla, pues el control que se tiene en su producción es bastante efectivo.

Pero no solo la papa corre ese peligro, porque como ya se ha visto en el capítulo correspondiente a hospederos son muchos los cultivos que son susceptibles al ataque.

Para su control se han implementado técnicas en las que prevalece el uso de productos químicos, solos o mezclados, que aplicados en forma terapéutica le dan una amplia protección al cultivo, debo aclarar que esta técnica en especial se usa comunmente en el cultivo de la papa en Sudamérica. En México el uso de productos químicos se ha dado en mayor proporción en el cultivo de jitomate, y al igual que la papa se aplican en forma terapéutica, los resultados que se han obtenido son hasta el momento aceptables en algunos Estados, Puebla por ejemplo, pero no han funcionado en otros como Hidalgo, según se ha observado el pH es un factor importante para que la acción del nematocida sea efectivo por lo cual hay que investigar más al respecto.

Otras técnicas de control que han sido utilizadas en nuestro país son las culturales, las biológicas y el mejoramiento genético, su impacto en el control de poblaciones es mínimo, debido a las características propias del nemátodo, pues aunque estos no tengan las condiciones óptimas para su desarrollo, es tan grande su capacidad de adaptación, que pueden permanecer en estado de latencia hasta que se presente un hospedero susceptible del cual ali

mentarse, hay que recordar que son muchos y entre ellos aquellos que son considerados como malezas los que pueden servir de reservorios del nemátodo; existen cultivos que no son afectados por el nemátodo y se muestran como alternativa para su control, Gramíneas y leguminosas principalmente, pero su uso debe de estar apoyado en una perfecta planificación a fin de compensar posibles pérdidas, que obviamente se presentan al ser sustituido el cultivo principal, además dicha planeación debe abarcar estudios que indiquen si los cultivos a utilizar son aptos para la zona.

Por otro lado son pocas las investigaciones realizadas con organismos antagónicos de Nacobbus, solo se menciona un hongo Paezilomyces lilacinus, el cual parasita a las hembras y huevecillos de este nemátodo, sin embargo su uso como control biológico debe tomarse con ciertas reservas porque al parecer causa problemas en el ser humano si este hongo se inhala; éste es uno de tantos inconvenientes que deben tomarse en cuenta al estudiar este tipo de microorganismos pues no se sabe como será su reacción al ser aislado, otro inconveniente es su comportamiento real en campo; pero a pesar de todas las dificultades que puedan surgir al implementar esta técnica hay que estar conscientes de que a la larga puede presentarse como un método de control viable y si forma parte de un control integrado el beneficio será mayor.

Como podemos apreciar aún falta mucha investigación para llegar a controlar efectivamente a Nacobbus, necesitamos trabajar con nuevas técnicas, el empleo de plantas que producen sustancias

antihelmínticas para disminuir poblaciones es una alternativa que casi no se ha tocado, hay que considerar que la flora de México es tan grande que sí es posible buscar plantas que contengan principios activos que frenen el desarrollo de estos nemátodos.

### 13. CONCLUSIONES

---

- 1.- En México a Nacobbus se le debe de realizar un análisis taxonómico más profundo para determinar la existencia de razas fisiológicas con base en preferencias alimenticias.
  
- 2.- El género Nacobbus en acción individual o en asociación tiene un potencial de peligrosidad tan alto que puede ocasionar el abandono total de cultivos altamente rentables.
  
- 3.- El daño en hortalizas de alto valor en el mercado ya ha comenzado a afectar la economía de algunas regiones agrícolas que han resultado afectadas por su acción.
  
- 4.- Hay evidencia de que al menos en dos fases de su ciclo de vida el nemátodo está indefenso, la primera cuando se está formando la larva y la segunda cuando ésta sale del huevecillo y busca las raíces de algún hospedero para alimentarse, lo que se debe de aprovechar para aplicar pro-

ductos químicos específicos (Nemacur y Aldicarb).

- 5.- La aplicación estricta de medidas cuarentenarias es un método eficaz para frenar su traslado de una región agrícola a otra.
  
- 6.- Es de suma importancia, antes de establecer un cultivo agrícola, realizar un estudio fitopatológico para determinar la presencia de organismos perjudiciales y, con base en los resultados que se obtengan, aplicar las medidas preventivas necesarias.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

14. BIBLIOGRAFIA

---

1. Agrios, G. 1985. Fitopatología. LIMUSA. México. p. 19-32
2. Allen, M.N. 1960. Nematology fundamentals and recent advances with emphasis on plant parasitic and soil forms. The University of North Carolina Press. p. 181-184
3. Balinsky, B.J. 1971. Introducción a la embriología. 2a. ed. Omega. p. 95-190
4. Bird, F.A. 1971. The structure of Nematodos. Academic Press. 318 p.
5. Brunner, D.M.P. 1967. Jicamilla del chile causada por un nuevo nemátodo y obtención de fuentes de resistencia. C.P. Chapingo, México. Tesis Maestría. p. 26-90
6. Caballero, R.M. 1970. Estudios del nemátodo nodulador *Nacobbus* sp (Thorne & Allen), causante de la Jicamilla del chile. Chapingo, México. Tesis Profesional. 67 p.
7. Caballero, E.L. y Muñoz M.A. 1987. Cuatro fechas de siembra e histopatología de tres variedades de espinaca *Spinacia oleracea* L. al ataque del nemátodo falso agallador *Nacobbus* sp (Thorne y Allen, 1944). Chapingo, México. Tesis Profesional. 112 p.

8. Cásseres, E. 1984. Producción de hortalizas.  
2a. reimpresión. IICA. p. 278-308
9. Castillo, P. G. 1982. Histopatología y desarrollo de *Nacobbus aberrans* Thorne & Allen 1944, en raíces de *Capsicum annuum* y *Capsicum baccatum*. Chapingo, México. Tesis Maestría. 65 pp.
10. Chitwood, B.G. and M.B. Chitwood. 1950. An introduction to Nematology. Monumental Printing Co. Baltimore. Rev. ed. 213 p.
11. Choleva, B. 1970. Nematodes forming galls on the roots of plants. Rostilema Zashchita 18(6):28-31
12. Christie, R.J. 1979. Nematodos de los vegetales, su ecología y control. LIMUSA. México. p. 2-3; 65-75; 156-157
13. Clark, S.A. 1967. The development and life history of the false root-knot nematode, *Nacobbus sereadipiticus*. Nematropica 13: 91-101
14. Costilla, A.M.; H.J. Basco y T. De Gómez. 1981. Ensayo de control químico del nematode *Nacobbus aberrans* en tubérculos de papa. Nematropica 11(2): 78-79
15. \_\_\_\_\_ y H.J. Basco. 1984. Control químico del falso nematode del nudo *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935), Thorne y Allen 1944, en tubérculos de papa. Rev. Ind. y Agrícola de Tucumán. 61(1):39-45
16. Croll, A.N and B.E. Matthews. 1977. Biology of Nematodos.

Blacke & Son Limited. London: 201 pp.

17. Equihua, P. E.A. 1977. Control químico del nemátodo *Nacobbus* sp Thorne y Allen en cultivo de chile. Chapingo, México. Tesis Profesional. 54 pp.
18. Filipjev, I.N. 1936. On the classification of the Tylenchinae. Proc. Helminth. Soc. Wash. 3:80-82
19. Franco, F. y N. Marbán. 1983. Efecto terapéutico de tres nematocidas sistémicos sobre el nemátodo *Nacobbus aberrans* (N. serendipiticus), en plantas de jitomate en invernadero. Nematropica 13(2):114
20. Franklin, I.H. 1959. *Nacobbus serendipiticus* n sp a root galling nematode from tomatoes in England. Nematologica 4:286-293
21. Gallo, D.P. 1974. Nematodes associated with the cultivation of oregano *Origanum vulgare* L. in the departament of Arica. Idesia, Chile No. 3:211-214
22. Gómez T. J. 1973. Contribución al estudio y dispersión del falso nemátodo del nudo de Cobb *Nacobbus serendipiticus* Franklin en el Perú. Nematropica 3(1):4
23. Hooker, W.J. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima 166 pp.
24. Inserra, R.H.; N. Vovlas; G.D. Griffia et. al. 1983. Develop-

- ment of the false root-knot nematode, *Nacobbus aberrans*, on sugarbeet. J. of Nematology 15(2):288-296
25. \_\_\_\_\_; M. Di Visto and H. Ferris. 1984. Influence of *Nacobbus aberrans* densities on growth of sugarbeet and kochia in pots. J. of Nematology 16(4):393-395
26. \_\_\_\_\_; G.D. Griffin et. al. 1984. Relationship between *Heterodera schachtii*, *Meloidogyne hapla* and *Nacobbus aberrans* on sugarbeet. J. of Nematology 16:135-140
27. Jara de la, A.; F. Zerón et. al. 1983. Nemátodos y hongos asociados a plantas hospederas silvestres de campos de cultivo del Ejido del Boxtha, Actopan, Hgo. Nematropica 13(2):110-111.
28. Jatala, F. and M.M. De Scurrah. 1975. Mode of dissemination of *Nacobbus* spp in certain potato-growing areas of Peru and Bolivia. J. of Nematology 7(4):324-325
29. \_\_\_\_\_ and A.M. Golden. 1977. Taxonomic status of *Nacobbus* species attacking potatoes in South America. Nematropica 7(2):9-10
30. \_\_\_\_\_ and R. Kaltenback. 1979. Survival of *Nacobbus aberrans* in adverse conditions. J. of Nematology 11:303
31. \_\_\_\_\_. 1982. Apuntes del curso de Nematología Avanzada. Centro Internacional de la Papa. p. 1-10
32. Jiménez, R. M. 1972. On the nematodes of Arica Department.

33. Johnson, J.D. and W.H. Thames. 1972. The taxonomy and biology of a new species of *Nacobbus* (Hoplolaimidae: Nematoda) found parasitizing spinach (*Spinacia oleracea* L.), in Texas. J. of Nematology 4(4):228
34. Jones M.C.K. and H.L. Payne. 1977. Scanning electron microscopy of *Syncytia* induced by *Nacobbus aberrans* in tomato roots. Nematologica 23:172-176
35. Kiryanova, E.S. and N.A. Lobanova. 1975 (a). A potato parasite. Rostilena Zashchita. 18(6):28-31 Helminth. abstrac.
36. \_\_\_\_\_ . 1975 (b). Plant parasitic nematodes. In International Congress of Plant Protection (8th) Moscow, August 21-26. Papers al sessions. Volume II, Section II. Helminth. abstrac.
37. Lordello, G.L.; A.P.L. Zamith et.al. 1961. Two nematodes found attacking potato in Cochabamba, Bolivia. An. da Acad. Brasileira de Ciencias. 33(2):209-215
38. Montes, B.R. 1973. Influencia de abonos orgánicos en la ecología e inefectividad de *Nacobbus serendipiticus* en tomate. Chapingo, México. Tesis Maestría. 78 pp.
39. O'Hara, C.M. and P. Jatala. 1985. Ultra structure of Meloidogyne, Globodera and *Nacobbus* eggs shells as related to the activities of biocontrol fungi. J. of Nematology 17(4):328-330

40. Prasad, S.K. and J.M. Webster. 1967. Effect of temperature on the rate of development of *Nacobbus sereadipiticus* in excised tomato roots. *Nematologica* 13:85-90
41. Quimf, V.H. 1981 (a). Biological cycle and behavior of *Nacobbus aberrans*. *Nematropica* 11:86 (abstr.)
42. \_\_\_\_\_. 1981 (b). Histopathological study of the parasitism of *Nacobbus aberrans*. *Nematropica* 11:87 (abstr.)
43. Rodríguez, Ch.E. 1974. Situación actual de la nematología en las plantas hortícolas de México. *Memorias II. Simposio Nacional de Parasitología Agrícola*:103-111
44. Schuster, M.L. and T. Sullivan. 1960. Species differentiation of nematodes through host reaction in tissue culture. I. Comparisons of *Meloidogyne hapla*, *Meloidogyne incognita* and *Nacobbus batatiformis*. *Phytopathology* 50:874-876
45. \_\_\_\_\_; R. Sandstedt and L.W. Estes. 1964. Starch formation induced by a plant parasitic nematode. *Science*, N.Y. 143:1342-1343
46. \_\_\_\_\_; L.W. Estes and S.A. Tolin. 1979. Electron microscopy of the Nebraska root-galling nematode, *Nacobbus batatiformis* and syncytia in sugarbeets (*Beta vulgaris*) roots. *Fitopatología Brasileña*. 4(3):401-415
47. Sher, S.A. 1970. Revisión of genus *Nacobbus*, Thorne and Allen, 1944 (Nematoda: Tylenchoidea). *J. of Nematology* 2(3):228-235

48. Sisler, G.M. 1985. Response of tomato and sweet pepper cultivars to *Nacobbus aberrans* (Nematoda: Nacobbidae). Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 4(1):79-82
49. Southey, J.F. 1978. Plant Nematology. 1a. ed. Replaces Tech. Bull. 7. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. London, England.
50. Thorne, G. 1935. The sugarbeet nematode and other indigenous nematode parasites of shadscale. J. Agric. Res. 51:509-514
51. \_\_\_\_\_ and M.W. Allen. 1944. *Nacobbus dorsalis*, nov. gen. nov. spec. (Nematoda: Tylenchidae) producing galls on the roots of Alfileria, *Erodium cicutarium* (L.) L'Her. Proc. Helminth. Soc. Wash. 11(1):27-31
52. \_\_\_\_\_. 1949. On the classification of the Tylenchida, new order (Nematoda: Phasmidia). Proc. Helminth. Soc. Wash. 16:37-73
53. \_\_\_\_\_ and M.L. Schuster. 1956. *Nacobbus batatiformis* n. sp. (Nematoda: Tylenchidae), producing galls on the roots of sugarbeet and other plants. Proc. Helminth. Soc. Wash. 23(2): 128-134
54. \_\_\_\_\_. 1961. Principles of Nematology. New York, Mc. Graw Hill. 553 p.

55. Zamudio, G.V. y N. Marbán M. 1983. Control de nemátodos en el cultivo del jitomate (*Lycopersicon esculentum*), en el Valle de Valsequillo, Puebla, México. *Nematropica* 13(2):123
56. Zamudio, G.V.; A. Carballo Q. y N. Marbán M. 1987. Gama de hospedantes y evaluación del daño de *Nacobbus aberrans* en hortalizas comerciales. Memorias. XIV Congreso Nacional de Fitopatología. Morelia, Michoacán. Resumen 84.