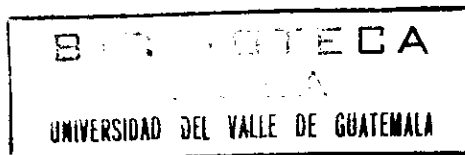


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIA Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA




Densidad y Dinámica poblacional del nemátodo Pratylenchus coffeae  
Filipjev 1936 (Hoplolaimidae), en plantas de café (Coffea arabica  
L.:Rubiaceae) afectadas con "Mal de Viñas"

Ma. Cristina Quirós de Bolaños  
Trabajo de Investigación para optar al título de  
Licenciatura en Biología.

Guatemala, 1994

Densidad y Dinámica Poblacional del nemátodo Pratylenchus coffeae  
Filipjev 1936 (Hoplolaimidae), en plantas de café (Coffea arabica  
L.: Rubiaceae) afectadas con "Mal de Viñas".

Vo. Bo.:

(f) 

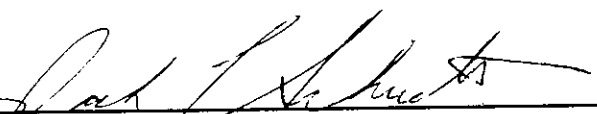
Dr. Charles MacVean

Asesor

Tribunal

(f) 

Dra. Margaret Dix

(f) 

Dr. Jack Schuster

(f) 

Dr. Charles MacVean

Fecha de aprobación:



Tesis que dedico:

A mi esposo:

Jorge Oscar Bolaños

A mis Hijos:

Maricris y Martín

A mis Padres:

Alfredo y Mony

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las siguientes personas e instituciones:

Al Instituto de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala y al Proyecto "Mal de Viñas" por la oportunidad que me dieron para realizar este trabajo.

A todas las personas que trabajaron conmigo, por su paciencia y ayuda.

A toda mi familia por su apoyo incondicional.



## CONTENIDO

I.	INTRODUCCION . . . . .	1
A.	Antecedentes sobre "Mal de Viñas" . . . . .	2
1.	Ubicación de "Mal de Viñas" . . . . .	2
2.	Sintomatología de "Mal de Viñas" . . . . .	3
3.	Enfermedades similares a "Mal de Viñas" . . . . .	5
B.	Enfermedades de etiología compleja . . . . .	7
C.	Los nemátodos como parte de enfermedades de etiología compleja . . . . .	9
D.	<u>Pratylenchus</u> (nemátodo lesionado) y su relación con "Mal de Viñas" . . . . .	10
E.	Influencia de factores abióticos sobre las poblaciones de nemátodos fitoparasíticos . . . . .	12
II.	OBJETIVOS . . . . .	15
III.	DISEÑO ESTADISTICO . . . . .	17
A.	Hipótesis estadísticas nulas . . . . .	17
B.	VARIABLES de respuesta . . . . .	19
C.	Análisis estadístico . . . . .	19
IV.	METODOS . . . . .	21
A.	Selección de fincas . . . . .	21
B.	Selección de plantas . . . . .	22
C.	Extracción de las plantas . . . . .	22
D.	Procesamiento de las muestras . . . . .	23
E.	Humedad del suelo . . . . .	25

CONTENIDO

F. Otros . . . . .	25
V. RESULTADOS. . . . .	27
VI. DISCUSION . . . . .	77
VII. LITERATURA CITADA . . . . .	85
APENDICES . . . . .	91
A. Descripción de los índices de defoliación, clorosis y marchitez . . . . .	91
B. Esquema de toma de muestras del suelo en el campo para conteo de nemátodos . . . . .	93
C. Diagrama de flujo del procesamiento de muestras de suelo para conteo de nemátodos. . . . .	94
D. Hoja de registro para muestreo de nemátodos . . . . .	95

LISTA DE FIGURAS

1.	Nemátodos parasíticos en suelo superficial vrs. suelo profundo . . . . .	28
2.	Nemátodos parasíticos en suelo de goteo vrs. suelo basal. . . . .	30
3.	Nemátodos parasíticos en fincas afectadas vrs. fincas no afectadas. . . . .	32
4.	Nemátodos parasíticos en plantas sanas vrs. plantas enfermas, en todas las fincas. . . . .	34
5.	Nemátodos parasíticos en plantas sanas vrs. plantas enfermas, para las fincas no afectadas . . . . .	36
6.	Nemátodos parasíticos en plantas sanas vrs. plantas enfermas en fincas afectadas . . . . .	38
7.	<u>Pratylenchus</u> en fincas afectadas vrs. fincas no afectadas . . . . .	40
8.	<u>Pratylenchus</u> vrs. índice de defoliación en fincas afectadas y fincas no afectadas. . . . .	41
9.	<u>Pratylenchus</u> en plantas sanas vrs. plantas enfermas en todas las fincas. . . . .	43
10.	<u>Pratylenchus</u> en plantas sanas vrs. plantas enfermas, en fincas no afectadas . . . . .	45
11.	<u>Pratylenchus</u> en plantas sanas vrs. plantas enfermas, en fincas afectadas. . . . .	47
12.	<u>Pratylenchus</u> vrs. sombra en fincas afectadas y fincas no afectadas . . . . .	49
13.	<u>Pratylenchus</u> vrs. sombra en todas las fincas . . . . .	51
13.1	Ploteo de la correlación entre <u>Pratylenchus</u> y porcentaje de cobertura. . . . .	52
14.	<u>Pratylenchus</u> vrs. sombra, en finca afectadas vrs. fincas no afectadas, en época lluviosa . . . . .	55
14.1	Ploteo de la correlación entre <u>Pratylenchus</u> y porcentaje de cobertura en fincas no afectadas, en época lluviosa . . . . .	56
14.2	Ploteo de la correlación entre <u>Pratylenchus</u> y porcentaje de cobertura en fincas afectadas, en época lluviosa. . .	57

15	<u>Pratylenchus</u> vrs. sombra, en fincas afectadas y no afectadas. . . . .	60
15.1	Ploteo de la correlación entre <u>Pratylenchus</u> y sombra, en época seca, en fincas no afectadas por "Mal de Viñas" . . . . .	61
15.2	Ploteo de la correlación entre <u>Pratylenchus</u> y sombra, en época seca, en fincas afectadas por "Mal de Viñas" . . . . .	62
16	<u>Pratylenchus</u> y % humedad del suelo, en fincas afectadas y no afectadas . . . . .	64
17	<u>Pratylenchus</u> y % humedad del suelo, en todas las fincas estudiadas. . . . .	66
17.1	Ploteo de la correlación entre <u>Pratylenchus</u> y % de humedad del suelo . . . . .	67
18	<u>Pratylenchus</u> y T del suelo, en fincas afectadas y no afectadas por "Mal de Viñas" . . . . .	69
19	<u>Pratylenchus</u> y T del suelo, en todas las fincas estudiadas . . . . .	71
19.1	Ploteo de la correlación entre <u>Pratylenchus</u> y T del suelo. . . . .	72
20	Variación mensual de las poblaciones de <u>Pratylenchus</u> en las fincas no afectadas por "Mal de Viñas" . . . . .	75
21	Variación mensual de las poblaciones de <u>Pratylenchus</u> en las fincas no afectadas por "Mal de Viñas" . . . . .	76

## RESUMEN

Este estudio busca documentar aspectos de la biología de Pratylenchus coffeae Filipjev, y su relación con la afección del café conocida como "Mal de Viñas". Para lograrlo, se monitoreó las poblaciones de P. coffeae en fincas que muestran mortandad elevada de cafetos, marchitez, defoliación y clorosis generalizada en el cafetal, y otros "síntomas" característicos de "Mal de Viñas". Estas poblaciones de nemátodos se compararon con las de fincas no afectadas, que no muestran los síntomas descritos.

Se hicieron muestreos en un total de ocho fincas, ubicadas en los Departamentos de Guatemala y Santa Rosa. Cuatro de estas fincas se caracterizaron como "afectadas" por su historial de mortandad y replante de cafetos. Otras cuatro fincas se caracterizaron como "no afectadas", ya que no han padecido de frecuencias inusuales de clorosis, marchitez, defoliación o mortandad. En cada finca se muestrearon mensualmente dos plantas "sanas" (índice de defoliación 0-2) y dos "enfermas" (índice de defoliación mayor de 2) durante 10 meses, de enero a octubre, 1992. Para cada planta, se midió la temperatura (°C) y humedad (%) del suelo, la sombra (% cobertura) y las poblaciones de P. coffeae en 50 cc de suelo y 10 g de raíz. Para el análisis de los datos se emplearon pruebas de t de student y correlaciones.

Se presentan curvas poblacionales de P. coffeae para las fincas muestreadas. Se halló que las poblaciones promedio de P. coffeae son significativamente mayores en fincas afectadas que no

afectadas ( $p < 0.005$ ). No se pudo encontrar diferencias significativas a distinta profundidad de muestreo, entre el área basal y de goteo, o entre plantas sanas y enfermas.

La temperatura promedio del suelo fue mayor en fincas afectadas por "Mal de Viñas" ( $p = 0.02$ ), por lo que mayor temperatura parece favorecer mayores poblaciones de P. coffeae. Sin embargo, la diferencia de temperaturas promedias fue menos de un grado C°, y no se obtuvo una correlación significativa entre densidades de Pratylenchus y temperatura del suelo.

El análisis de correlaciones sugieren que el % de sombra es importante para P. coffeae en época seca, ya que existe una correlación entre sombra y niveles de P. coffeae, tanto en fincas afectadas ( $p = 0.02$ ) como no afectadas ( $p = 0.05$ ). No es posible encontrar estas correlaciones en época lluviosa. Los niveles de P. coffeae parecen no tener correlación con la humedad del suelo ( $p > 0.7$ ).

## I. INTRODUCCION

El café (Coffea arabica L.: Rubiaceae) representa para Guatemala una gran entrada de divisas, así como fuentes de trabajo para muchas personas (Riveiro, 1988). Guatemala sigue siendo un país dependiente de las exportaciones de productos tradicionales, que incluyen al café (Quirós, 1989). El ingreso de divisas se encuentra concentrado, principalmente, en los productos tradicionales que contribuyen, aproximadamente, con el 50.03% de las divisas totales provenientes de exportaciones (Banco de Guatemala, 1993). A su vez, de estos productos tradicionales el principal sigue siendo el café, que representa casi todos los años más de la mitad de las exportaciones de productos tradicionales (Quirós, 1989). En 1992 ingresaron al país más de 239 millones de dólares en divisas por exportación de café (Gremial de exportadores de productos no-tradicionales, 1992).

Una de las zonas cafetaleras más importantes de Guatemala es la que se ubica en los municipios orientales del Departamento de Guatemala y municipios del Departamento de Santa Rosa, departamento que ocupa el segundo lugar en producción del país (García, 1989). La caficultura de este sector está siendo afectada por una enfermedad conocida como "Mal de Viñas", que ocasiona pérdidas considerables por muerte de cafetos en las plantaciones afectadas (García, 1989). Esta enfermedad fue observada por primera vez en 1924 en las fincas Cerro Redondo y Las Viñas, en el departamento de Santa Rosa (García, 1986). Actualmente se le considera responsable

de la muerte de más de 2 millones de cafetos por año, lo que representa un área de 1,589 mz (1112 Ha) o sea 157,090 quintales de café pergamino (García, 1986).

Las causas de la enfermedad señaladas por el Proyecto "Mal de Viñas" (1990) incluyen falta de sombra, acidez de suelos y daños por nemátodos del género Pratylenchus. El objetivo principal del presente trabajo es determinar la densidad y dinámica estacional de estos nemátodos en raíces de café y su relación con el "Mal de Viñas"; asimismo, se busca determinar la relación entre niveles de sombra y otras variables abióticas y la densidad de Pratylenchus.

#### A. ANTECEDENTES SOBRE "MAL DE VIÑAS"

Inicialmente, Klein (1940, citado por Riveiro 1988) observó plantas que presentaban un amarillamiento y que luego morían y llamó a esta sintomatología "Pudrición Negra de la Raíz" (Riveiro, 1988). Luego Lebeau (1951, citado por Riveiro 1988) la nombró "Enfermedad de Oriente" y la familiarizó con un ataque de nemátodos (Riveiro, 1988). Por su ubicación, cerca de Pueblo Nuevo Viñas y de la finca Viñas, a esta serie de síntomas se le llamó "Mal de Viñas" o "Fiebre Amarilla del Cafeto".

##### 1. Ubicación de "Mal de Viñas"

De acuerdo con los resultados obtenidos en un diagnóstico de "Mal de Viñas" realizado a finales del año de 1986, se encuentran 42 fincas afectadas, distribuidas en cinco municipios

del Departamento de Santa Rosa y un municipio del Departamento de Guatemala (García, 1989). Las 42 fincas afectadas representan el 6.7% de las fincas, y un área con café del 15.7% del total del Departamento de Santa Rosa (García, 1989). Actualmente, la enfermedad se ha extendido a los municipios cercanos presentando los siguientes límites geográficos: al norte, Santa Cruz Naranjo; al sur, Pueblo Nuevo Viñas; al este, Cuilapa y Nueva Santa Rosa; y al oeste, los municipios de Villa Canales y Fraijanes, del Departamento de Guatemala (Riveiro, 1988).

De acuerdo con la clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala de Simmons et al. (1959), el mayor número de fincas afectadas se encuentra dentro del grupo de suelos del declive del Pacífico, suelos profundos sobre materiales volcánicos mezclados.

Se puede observar un decaimiento del café muy similar en el Departamento de San Marcos (Finca Oná), con sintomatología como la del "Mal de Viñas", pero no se ha determinado aún si las causas de este decaimiento son las mismas que las del "Mal de de Viñas" en Santa Rosa. Existen además en el país otras áreas con síntomas similares.

## 2. Sintomatología de "Mal de Viñas"

Según observaciones personales y de García (1989), los síntomas empiezan con una flacidez generalizada y luego un amarillamiento del follaje. Las plantas sufren una defoliación ascendente y al final quedan las hojas apicales, que son más

pequeñas de lo normal. Luego de esto, la planta se muere. Los síntomas no siempre llevan esta secuencia, ni tampoco todas las plantas afectadas presentan todos los síntomas, haciendo muy difícil el diagnóstico.

Los síntomas de "Mal de Viñas" aparecen en plantas jóvenes y adultas, o sea en plantas en producción y en plantas que aún no están produciendo. Sin embargo, es más común que las plantas se encuentren afectadas durante o después de la primera cosecha. Durante la época seca (aproximadamente de diciembre a abril) se puede producir marchitamiento y defoliación natural en plantas "sanas" al igual que "enfermas", lo que dificulta el diagnóstico visual del "Mal de Viñas". Al aparecer las primeras lluvias (abril-mayo) los síntomas verdaderos se empiezan a mostrar, ya que las plantas afectadas no presentan recuperación (observación personal, 1990-1991). Los síntomas parecen ser más pronunciados durante la fructificación. Además, la raíz pivotante casi siempre está poco desarrollada y torcida, y el desarrollo de las raíces secundarias y raicillas es muy escaso (García, 1989). Con relación al fruto, García (1989) asegura que es más pequeño, que no madura uniformemente y que se presenta mucho grano vano en plantas que sufren el "Mal de Viñas". Parece que los daños a los cafetos son irreversibles (Riveiro, 1988), pero esto no es definitivo.

Para ayudarnos en la clasificación de plantas afectadas y para observar el desarrollo de la afección, el proyecto de investigación en "Mal de Viñas" de la Universidad del Valle de Guatemala ha establecido una escala de daño para clasificar a las

plantas afectadas según la sintomatología que presentan (C. MacVean, com. pers., 1991). Esta es una versión modificada de la escala desarrollada por ANACAFE (Riveiro, 1988). Esta escala se usará como guía para determinar el grado de clorosis, marchitez o defoliación de las plantas sujetas al estudio (Apéndice A).

Previo al estudio que realiza la Universidad de Valle, se han realizado estudios preliminares, sin encontrar un agente causante específico de esta enfermedad. Flores (1989) expone nueve factores limitantes que están afectando la región cafetalera oriental y que podrían contribuir al "Mal de Viñas". Estos son: efecto de desombre, efecto de siembra profunda, efecto de gallina ciega y nemátodos, efecto del piojo blanco de la raíz, deficiente control de Cercospora en el almácigo, acción de los patógenos del suelo, deficiencia de zinc y deficiencia de boro. Flores (1989) concluye, sin embargo, que los factores mencionados "confunden la búsqueda del verdadero culpable de "Mal de Viñas", en vez de ser parte de su causa. El "Mal de Viñas" parece ser entonces, una enfermedad de etiología compleja con muchos factores bióticos y abióticos involucrados y para los cuales el Proyecto "Mal de Viñas" pretende dar una respuesta.

### 3. Enfermedades similares a "Mal de Viñas"

La literatura reporta en otros países enfermedades con síntomas semejantes al "Mal de Viñas" que incluyen daños por Fusarium xylaroides Sacc. (Govindarajan y Subramanian, 1968), Fusarium oxysporum Wellm. (Govindarajan y Subramanian, 1968),

flagelados como Phytomonas leptovisorum Stahel (Vermeulen, 1963; Dollet, 1984) y bajas reservas de almidón en la planta (Sylvain, 1959).

En varias regiones del Cauca, Colombia, viene ocurriendo desde hace varios años un disturbio en los cafetos de toda edad, que se caracteriza por una defoliación y muerte descendente de las ramas. Se consideró una deficiencia de boro, pero los tratamientos para contrarrestar este efecto no dieron el resultado deseado. Se concluyó que el hongo Colletotrichum coffeanum Noack es el responsable de este daño (Castaño, 1955).

En Angola, una enfermedad conocida como "Muerte Súbita del Cafeto" se conoce desde 1932 y a partir de esta fecha se ha presentado con mayor o menor gravedad (Whitehead, 1960). El primer síntoma visible de la enfermedad es una ligera clorosis del follaje. La dolencia progresa rápidamente pasando a notarse una clorosis más acentuada, marchitez de la extremidades de las ramas, seguido de una muerte rápida. La enfermedad puede presentarse en plantaciones con o sin sombra, en diferentes altitudes y en cualquier ciclo anual en cafetos de más de 4 años de edad. Se ha aislado Fusarium en plantas enfermas. Las conclusiones de Whitehead (1960) apuntan a un ataque por nemátodos.

La "muerte súbita" también ha sido atribuida a desequilibrios nutritivos, degradación del suelo y estados fisiológicos desfavorables del cafeto (Mendez, 1989). Todo esto facilita el ataque de hongos potencialmente agresivos así como de otros parásitos (Mendez, 1989).

En Colombia, el "paloteo" es un término que se utiliza para designar la sintomatología de una debilidad del cafeto debido a una inadecuada nutrición, que también se asemeja al "Mal de Viñas". Se manifiesta como una pérdida intensa de hojas y secamiento y muerte de las ramas. Esta muerte de las ramas se inicia en la punta y puede afectar a toda la rama. La sintomatología se presenta en plantas adultas (plantas en producción) y plantas en crecimiento (plantas jóvenes). Las causas que se señalan como posibles determinantes son: exceso de producción, inadecuada fertilización, competencia con malezas, pobre desarrollo del sistema radicular, anegamiento o encharcamiento por mal drenaje del suelo, presencia de plagas o enfermedades de la raíz, verano o invierno intenso y prolongado, y alta acidez del suelo (Valencia, 1978).

#### B. ENFERMEDADES DE ETIOLOGIA COMPLEJA

El fenómeno de "una causa para un efecto" raramente se da en la naturaleza. El problema consiste en determinar la importancia relativa de los factores bióticos y abióticos que causan o afectan el desarrollo de la enfermedad y las relaciones entre ellos (Wallace, 1978). Los diagnósticos basados exclusivamente en síntomas o experimentos donde posibles factores causales son estudiados separadamente o en secuencias pueden dar conclusiones incorrectas, especialmente cuando ocurren interacciones entre factores (Wallace, 1978).

Una enfermedad puede ser descrita como una carencia de homeostasis en las funciones fisiológicas (Wallace, 1978). La enfermedad ocurre cuando las respuestas de la planta son insuficientes para reparar el daño provocado por organismos invasores o agentes abióticos. Cambios en el ambiente pueden incrementar la intolerancia de una planta hacia un patógeno o plaga que antes no le causaba enfermedad. En estos casos, el diagnóstico del patógeno representa sólo parte de la historia, mientras que en la etiología de la enfermedad existen otros factores igualmente importantes (Wallace, 1978). Para el caso de "Mal de Viñas", estos otros factores pueden ser cochinillas, hongos, desombro, problemas de toxicidades en el suelo, pH bajos, etc. En conjunto, estos factores son estudiados por el proyecto de investigación en "Mal de Viñas", del cual esta tesis es una parte dedicada a conocer mejor el papel de los nemátodos.

Una enfermedad también puede ser descrita en términos ecológicos. La unidad a medir sería la población de plantas o el cultivo en sí, en vez de la planta individual. Ecológicamente hablando, la enfermedad es una función de varios componentes del ambiente que interactúan y un diagnóstico adecuado requiere el reconocimiento de las posibles variables determinantes (Wallace, 1978).

Las interacciones que incluyen nemátodos pueden ser importantes por varias razones. Existe suficiente información en la literatura (Agrios, 1988; Barker y Campbell, 1981; Ferris, 1983; Wallace, 1983) donde se indica que contribuyen sustancialmente

sobre el rendimiento de un cultivo, pero parece ser que la acción coincidente con otros factores aumenta sustancialmente el efecto (Wallace, 1983).

#### C. LOS NEMATODOS COMO PARTE DE ENFERMEDADES DE ETIOLOGIA COMPLEJA

Las plantas están frecuentemente expuestas a las acciones de los nemátodos en asociación con otros factores (Georgis y Poinar, 1983; Glazer y Orion, 1983; Hutzell y Krusberg, 1990; Johnson y Motsinger, 1990; Powell, 1971; Sayre, 1971; Wallace, 1978;1983). Los nemátodos parasíticos de plantas son usualmente una parte de la microfauna del suelo y deben ser considerados cuando se estudian enfermedades de etiología compleja.

La investigación que involucra nemátodos parasíticos como parte de complejos da evidencia de que existen factores que tienen efectos marcados sobre la población de nemátodos. Un ejemplo es el de plantas afectadas con hongos, en las cuales ocurren cambios fisiológicos que las vuelven más susceptibles o atractivas a nemátodos patogénicos (Powell, 1971). En un estudio realizado por Edmunds y Mai (1967, citado por Powell, 1971) se muestra que las larvas de Pratylenchus migraban preferentemente hacia las raíces que estaban inoculadas con Fusarium en relación a las raíces sanas. La atracción podría ser el resultado de la afinidad que tienen los nemátodos por el CO<sub>2</sub> que se libera en mayor cantidad en las raíces infectadas con hongo que en las sanas (Powell, 1971).

Es evidente que el daño mecánico inducido por los nemátodos al penetrar el tejido es importante en ciertas enfermedades de etiología compleja (Powell, 1971). La evidencia muestra que los cambios fisiológicos que ocurren en el hospedero, por la actividad de los nemátodos, son de tremenda importancia para los cambios en la resistencia a ataques de otros organismos (Powell, 1971). El efecto indirecto producido por la lesión de un nemátodo muestra síntomas en la porción aérea que son esencialmente los mismos que se causan por cualquier anomalía que prive a la planta de un sistema radicular apropiado. Las plantas con parásitos carecen de vigor y se reduce su capacidad para soportar sequías, deficiencias de nutrientes y otras condiciones adversas. En los árboles, las hojas pueden ser pequeñas y presentar defoliación. En las regiones en las que los suelos son deficientes de algún elemento esencial, los vegetales atacados por nemátodos tienen una mayor tendencia a mostrar síntomas de esa deficiencia (Christie, 1979).

D. Pratylenchus (NEMATODO LESIONADOR) Y SU RELACION CON "MAL DE VIÑAS"

Pratylenchus, al igual que otros nemátodos endoparasíticos, son parásitos obligados que se encuentran en una asociación muy cercana con el desarrollo de la planta que les sirve como hospedero. Estos nemátodos son migratorios y tanto los adultos como las larvas entran y salen por cualquier punto de la raíz del hospedero, donde penetran siempre en sentido radial (Agrios, 1988).

En estudios preliminares sobre conteos de nemátodos en fincas afectadas con "Mal de Viñas", realizados por la Universidad del Valle durante el año 1990, se ha observado alta incidencia de nemátodos del género Pratylenchus. Por tanto, se puede sospechar que los nemátodos están causando parte del daño de Mal de Viñas, quizá como agentes oportunistas que agravan las plantas deterioradas por otros factores bióticos y abióticos. De acuerdo con la literatura, este nemátodo lesionador causa síntomas similares a los desarrollados por el "Mal de Viñas" (Agrios, 1988). Estudiar la dinámica poblacional de este nemátodo puede ayudar a comprender mejor la relación que tienen con el desarrollo general del "Mal de Viñas".

Existen cuatro especies de nemátodos del género Pratylenchus asociadas al cafeto: P. brachiurus (Godfrey), P. coffeae (Zimmerman), P. loosi Loof y P. pratensis (de Man). De estos, sólo P. coffeae Zimmermann está reportado para Guatemala (Chitwood y Berger, citado por Le Pelley, 1968). Este nemátodo, al igual que otros de hábitos endoparasíticos, está reportado en la literatura como causante de amarillamiento, pudriciones, marchitamientos y pérdidas de follaje, por su hábito de colonización y alimentación vascular.

Cuando arbustos o árboles son atacados por Pratylenchus es frecuente que los daños tarden en aparecer. Con frecuencia los síntomas aparecen en grupos de árboles que gradualmente dejan de prosperar y dan poca cosecha. Las hojas son de menor tamaño y de color verde opaco o amarillo. Las ramas terminales pueden perder

sus hojas prematuramente y sufrir muerte descendente. El aspecto total de los árboles afectados indica que están debilitados y que se encuentran en decadencia (Agrios, 1988).

#### E. INFLUENCIA DE FACTORES ABIOTICOS SOBRE LAS POBLACIONES DE NEMATODOS FITOPARASITICOS

Un buen conocimiento de las relaciones entre el rendimiento de un cultivo y el número de nemátodos parasíticos es fundamental para la aplicación de decisiones racionales y cuantitativas en el manejo de éstas (Ferris, 1983). Para este fin es necesario medir los cambios en la distribución y números de un nemátodo en particular, para una localidad o cultivo y determinar los factores abióticos que causan estos cambios (Wallace, 1971).

Para caracterizar la población en términos biológicos, se debe empezar por una descripción sobre el sitio ecológico que están ocupando, la época del año que están presentes, y luego determinar cómo se comporta la población en relación a los factores abióticos. Se sabe que los factores abióticos como la humedad y textura del suelo, precipitación, etc., afectan a las poblaciones de nemátodos. Esto es importante, ya que nos puede indicar si los nemátodos podrían ser un problema crítico, y de ser así, la mejor época y manera de atacar el problema.

La mayoría de nemátodos fitopatógenos viven una parte de su vida en el suelo (Agrios, 1988). Los nemátodos lesionantes son parásitos vagabundos y ninguna fase de su desarrollo puede

designarse como infectiva, ya que se puede encontrar adultos y larvas de toda edad dentro y fuera de las raíces (Christie, 1979). La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan la supervivencia y el movimiento de los nemátodos en el suelo (Agrios, 1988). Además de efectuar muestreos en el suelo alrededor de las raíces, también se deben obtener muestras de las raíces, ya que Pratylenchus es básicamente un nemátodo endoparasítico.

Los nemátodos se encuentran en mayor abundancia en la capa de suelo comprendida entre 0 y 15 cm de profundidad, pero pueden estar más profundos (Agrios, 1988). Existe una mayor concentración de nemátodos en la región radial de la planta hospedera debido principalmente a su reproducción rápida cuando el alimento, o sea las raicillas, es abundante. Las sustancias liberadas en la rizósfera, que se difunden a los alrededores, atraen a los nemátodos y estimulan considerablemente la eclosión de huevecillos de ciertas especies (Agrios, 1988).

La temperatura del suelo, al afectar la resistencia del hospedero al ataque de patógenos, incide en el desarrollo y la reproducción de los nemátodos parasíticos (Onweaga et al., 1990). La resistencia de las plantas al ataque de nemátodos generalmente se reduce al aumentar las temperaturas en el suelo (Onweaga et al., 1990). Las plantaciones afectadas con Mal de Viñas generalmente son aquellas a las que se les ha quitado la sombra (datos Proyecto "Mal de Viñas", 1990). Esto puede aumentar la temperatura del suelo y llevar a la planta a niveles donde se rompa su resistencia natural y ayudando así a que el ataque sea más severo y con

secuelas importantes. Johnson y Motsinger (1990) reportan que la temperatura del suelo, más que la susceptibilidad del hospedero, es un factor crítico que controla los niveles de población de nemátodos. Por eso, en este estudio se registraron datos de la temperatura para determinar su relación con las poblaciones de nemátodos sobre las plantas sujetas a investigación.

Se considera a la sombra como un factor importante para el buen desarrollo de la planta de café. El cafeto tiene su origen en el bosque húmedo de la selva tropical africana (Hernández, 1988). Debido a que el hábitat natural de la mayoría de las especies es dentro de un bosque de árboles altos, es natural que estas plantas se hayan empezado a sembrar bajo sombra (Willson, 1985). Aunque se ha demostrado que puede crecer sin sombra, el café bajo sombra está menos propenso a tener enfermedades (Willson, 1985). La hojarasca proveniente de los árboles de sombra provee al suelo de nutrientes que pueden ser usados por la planta de café (Willson, 1985).

A medida que se intensifica la "cantidad" de luz solar, se modifica la fisiología del cafeto; hay mayor apertura de estomas y aumenta la fotosíntesis. Sin embargo al ser demasiada la luz, hay funciones que se vuelven negativas; los estomas se cierran, la fotosíntesis disminuye, el calor de las hojas aumenta considerablemente, el metabolismo se acelera y puede llegar a ser detrimental (Hernandez, 1988). Aumentan la transpiración del cafeto y su demanda de agua, así como el calor del suelo. Bajo condiciones de época seca esto puede agudizarse y volverse crítico (Hernández, 1988).

## II. OBJETIVOS

1. Monitorear la dinámica poblacional de Pratylenchus en fincas afectadas y no afectadas con "Mal de Viñas" para determinar si existe alguna relación entre los niveles de poblaciones de nemátodos y la incidencia del mal.
2. Determinar si existen relaciones entre factores abióticos (temperatura, humedad del suelo y sombra) y niveles de poblaciones de nemátodos del género Pratylenchus.
3. Determinar si la temperatura, humedad del suelo y sombra guardan relación significativa con la severidad de síntomas en el café, como complemento del estudio multidisciplinario del "Mal de Viñas".



### III. DISEÑO ESTADISTICO

#### A. HIPOTESIS ESTADISTICAS NULAS

1. Dinámica de población de *Pratylenchus*:

No existen diferencias significativas en:

- a. El número de nemátodos parasíticos en 0-15 cm vrs. 15-30 cm de profundidad.
- b. El número de nemátodos parasíticos en el área basal vrs. área de goteo.
- c. El número de nemátodos parasíticos en fincas afectadas vrs. no afectadas.
- d. El número de nemátodos parasíticos en plantas sanas (índice 0-2) vrs. plantas enfermas (índice 4-6).
  - d1. Para fincas no afectadas, el total de nemátodos parasíticos en plantas sanas vrs. plantas enfermas.
  - d2. Para fincas afectadas, el total de nemátodos parasíticos en plantas sanas vrs. plantas enfermas.
- e. El número de *Pratylenchus* en fincas afectadas vrs. fincas no afectadas.
- f. El número de *Pratylenchus* en plantas sanas vrs. plantas enfermas.
  - f1. Para fincas no afectadas, el número de *Pratylenchus* en plantas sanas vrs. plantas enfermas.

- f2. Para fincas afectadas, el número de Pratylenchus en plantas sanas vrs. plantas enfermas.
2. Factores abióticos:
- g. Las poblaciones de Pratylenchus no están asociadas con el porcentaje de sombra.
- g1. En invierno, en fincas no afectadas, la cantidad de Pratylenchus no está correlacionada con el porcentaje de sombra.
- g2. En invierno, en fincas afectadas, la cantidad de Pratylenchus no está correlacionada con el porcentaje de sombra.
- g3. En verano, en fincas no afectadas, la cantidad de Pratylenchus no está correlacionada con el porcentaje de sombra.
- g4. En verano, en las fincas afectadas la cantidad de Pratylenchus no está correlacionada con el porcentaje de sombra.
- h. La población de Pratylenchus no está asociada al porcentaje de humedad en el suelo.
- i. La población de Pratylenchus no está asociada a la temperatura del suelo.

**B. VARIABLES DE RESPUESTA**1. En raíz:

Número de Pratylenchus en 10 g de raíz

Número de nemátodos adultos en 10 g de raíz

Número de larvas en 10 g de raíz

Número de nemátodos parasíticos en 10 g de raíz

Número de nemátodos no parasíticos en 10 g de raíz

2. En suelo:

Número de Pratylenchus en 50 cc de suelo

Número de nemátodos adultos en 50 cc de suelo

Número de larvas en 50 cc de suelo

Número de nemátodos parasíticos en 50 cc de suelo

Número de nemátodos no parasíticos en 50 cc de suelo

3. Otros:

% de cobertura vegetal

% de humedad en el suelo

Temperatura del suelo (°C)

Indices de "Mal de Viñas"

**C. Análisis estadístico:**

Para probar las hipótesis a y b se usó una comparación de medias con una prueba "t" para muestras en pareja. Para probar las hipótesis c, d, e, f, g, se usó una comparación de medias con una

prueba "t" para muestras independientes. Para probar las hipótesis g, h, i, se usó un análisis de correlación y regresión. Los análisis se realizaron usando hojas de datos creadas en Quattro Pro (1989), además leídos y analizados por SPSS/PC v. 4 (SPSS, 1990).

#### IV. METODOS

Los nemátodos, entre ellos Pratylenchus, pueden encontrarse en épocas de sequía en estado de anhidrobiosis y no ser detectables por métodos convencionales (Glazer y Orion, 1983); por lo tanto es importante efectuar muestreos durante el año para no llegar a conclusiones erróneas.

##### A. SELECCION DE FINCAS

Se trabajó con ocho fincas en total. De éstas, cuatro se encuentran afectadas y cuatro no. Las afectadas son: El Naranjito, Los Pocitos, Palmira y Cerro Redondo. Las no afectadas son: La Sonrisa, Morán, San Agustín Las Minas y San José Las Flores.

Para determinar cuáles fincas estaban afectadas y cuáles no, el personal de Proyecto "Mal de Viñas" habló directamente con los dueños y los administradores de las fincas. Se clasificó una finca como afectada si existía un historial de mortandad masiva y si ellos consideraban que se encontraban afectados por la enfermedad. Además, se realizaron observaciones periódicas en las fincas para determinar mortandad. Se realizaron muestreos mensuales para cada finca, o sea que se visitaron dos fincas por semana.

## B. SELECCION DE PLANTAS

Para las fincas que se encuentran afectadas se buscaron dentro de la parcela pre-establecida dos plantas de índice 0-2, consideradas como plantas sanas ya que en todas las fincas sin "Mal de Viñas" se observaron comúnmente plantas con estos índices; y dos plantas de índice 4-6, consideradas como plantas "enfermas" (ver Apéndice A). Se escogieron parcelas con un gran historial de mortandad. Aunque han tenido que ser resembradas más de una vez, las plantas estaban aparentemente sanas en el momento de iniciar el estudio.

Para las fincas no afectadas se tomaron dos plantas sanas y dos plantas que presentaran alguna sintomatología semejante a la de "Mal de Viñas" (defoliación, amarillamiento o flacidez). Dado que el índice toma principalmente en cuenta defoliación, fue posible encontrar plantas sanas (0-2) y enfermas (4-6) aun en las fincas no afectadas.

## C. EXTRACCION Y PROCESAMIENTO DE LAS PLANTAS EN EL CAMPO

Las primeras observaciones se hicieron sobre el estado fenológico de la planta, o sea si ésta se encontraba en floración, fructificación o dormancia (la planta no muestra crecimiento). Todas las extracciones se hicieron hacia las diez de la mañana. Luego de esto se midió el porcentaje de sombra con un densiómetro esférico (Fish and Wildlife Service, 1981) y la temperatura del

suelo que rodea cada planta a unos 10 cm de profundidad, con un termómetro digital equipado con sonda. Alrededor de la planta escogida se tomaron muestras de suelo a dos profundidades (0-15 cm y 15-30 cm) en el área de goteo del follaje y a 30 cm de la base del tallo (Apéndice B). Se tomaron muestras de suelo ya que, aunque Pratylenchus es un nemátodo endoparasítico, sale de las raíces cuando las condiciones no son favorables y emigra hacia otras plantas. Luego de haber tomado una muestra homogénea de la tierra circundante a las raíces, para medir el porcentaje de humedad en el suelo, se procedió a extraer la raíz.

#### D. PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO

El procesamiento de las muestras (Ver Apéndice C) se realizó al día siguiente de la extracción. Se utilizó el método conocido como densidad de flotación, cuya ventaja es la repetitividad que se obtiene para las muestras. Este método es muy adecuado cuando se necesita comparar muestras similares (Vigliarcho, 1985), como es nuestro caso.

##### 1. Suelo:

Se tomaron 50 cc de suelo y se procedió a homogenizarlo en una licuadora, con aproximadamente 250 ml de agua. Se colaron a través de una serie de tamices de 20, 60 y 400 mesh, recogiendo lo que colecte el último tamiz, y se llevaron hasta un volumen de 40 ml en vasos de precipitar. A estos vasos de precipitar se les

agregó un gramo de Kaolin para precipitar la materia orgánica. Luego de esto, se transfirió a tubos de centrífuga para centrifugarlos a 3000 rpm por 3 min (centrífuga International Equipment Company, modelo IEC HV-SII). Se decantó el sobrenadante y se agregó una solución de azúcar (250 g de azúcar en 500 ml de agua) para que por densidad los nemátodos floten y la tierra quede abajo. Se centrifugó de nuevo la muestra a 3000 rpm por 3 min y se recogió el sobrenadante con un tamiz de 400 mesh, lavando con agua para quitar el exceso de azúcar. Se mataron los nemátodos al agregar un volumen conocido de agua caliente, dando un volumen total de 20 ml. Se dejaron reposar toda la noche.

a. Conteo de nemátodos: La muestra se transfirió a vidrios de reloj (Syracusas) con capacidad de 20 ml. Con ayuda de un cartón con divisiones en centímetros se contaron los nemátodos en 3 ml para sacar un promedio del número de nemátodos por ml. Con esto pudimos saber cuántos nemátodos hay en 20 ml y por lo tanto cuántos había en la muestra inicial, o sea en los 50 cc de suelo.

b. Identificación: Para cada muestra de suelo, en cuadruplicado se "pescaron", con ayuda de una caña de bambú con punta muy fina, diez nemátodos como muestra representativa. Estos se trasladaron a un portaobjetos y se observaron al microscopio para su identificación hasta el género con ayuda de las claves disponibles en la literatura (Thorne, 1961). Se enviaron muestras al Dr. Marco Arévalo (Lab. Fitopatología, Universidad de Cornell)

para su identificación hasta especie. De estos diez nemátodos se contó el número de parasíticos y no parasíticos, adultos y larvas, para hacer un cálculo de cuántos de cada uno de éstos grupos hay en la muestra original. Para géneros, las larvas no se tomaron en cuenta, ya que no se pueden identificar con certeza. Se consideró que el número de adultos reflejaba la cantidad de larvas.

2. Raíz:

Se usó el mismo procedimiento anterior, partiendo de 10 g de raicillas. Los cálculos realizados son los descritos para los nemátodos del suelo.

E. DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO

Para todas las plantas se tomó una muestra de aproximadamente 50 g de suelo en cajas de aluminio de 9 cm de diámetro por 5 cm de altura. Las cajas, resistentes al calor, se pesaron antes y después de hornear a 110 grados centígrados hasta alcanzar peso constante, de donde se calculó por diferencia el porcentaje de humedad del suelo.

F. OTROS DATOS Y ANALISIS

Para cada muestreo se llenó una hoja como la que se adjunta en el Apéndice D. En esta hoja se colocó el número de nemátodos totales que se encontró en un ml, el número de parasíticos y no

parasíticos, el número de adultos y larvas, y el número de cada uno de los géneros que se van encontrando, ya sea Pratylenchus o cualquier otro (Paratylenchus y Criconemoides). La temperatura, sombra y humedad se anotaron en una hoja de datos para luego trasladarlos a una hoja electrónica (Quattro Pro, 1989).

## V. RESULTADOS

Se presenta aquí una secuencia de resultados estadísticos y gráficos para cada hipótesis. Un resumen de la significancia de todas las pruebas estadísticas se presenta en el Cuadro No. 21 (p. 72). La discusión de los resultados inicia en la p. 77.

a. Para probar la hipótesis "a", "el número de nemátodos parasíticos es igual en 0-15 cm (superficial) de profundidad que en 15-30 cm (profunda)", se usó una prueba "t" para muestras en pareja.

$$H_0: X_{sup} = X_{prof}$$

$$H_a: X_{sup} \neq X_{prof}$$

Cuadro No.1.

Variabes	No. de casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Superficial	133	46.8268	82.256	7.133
Profunda	133	36.9517	62.026	5.378
Diferencia		9.8750	71.831	6.229

$$t=1.59$$

$$\text{Probabilidad} = .115$$

La probabilidad de obtener "t" cuando la hipótesis nula es verdadera es de 11.5%. En la Figura 1 se ve que existe una diferencia entre la cantidad de nemátodos de la muestra superficial y la muestra profunda, pero no es significativa. Sin embargo, biológicamente esta diferencia es muy sugestiva y podría ser motivo de estudio adicional para obtener un resultado más exacto.

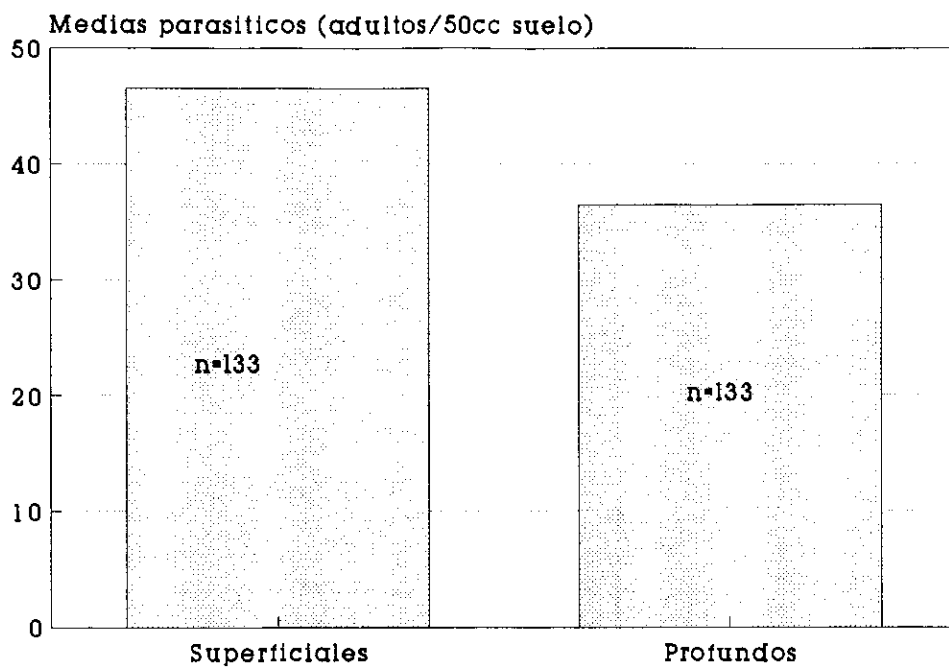


Fig. 1. Medias (adultos/ 50 cc de suelo) del número de nemátodos parasíticos totales en el suelo superficial (0-15 cm) vrs. suelo profundo (15-30 cm) en plantas de café, para todas las fincas del estudio.

b. Para probar la hipótesis "b", "el número de nemátodos parasíticos es igual en el área basal que en el área de goteo", se usó una prueba de "t" para muestras en pareja.

$$H_0: X_{\text{got}} = X_{\text{basal}}$$

$$H_a: X_{\text{got}} \neq X_{\text{basal}}$$

Cuadro No.2

Variable	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Goteo	133	40.4851	69.935	6.064
Basal	133	43.2934	73.702	6.391
Diferencia		-2.8083	67.666	5.867

$$t = -0.48$$

$$\text{Probabilidad} = .633$$

Se puede ver que la probabilidad de obtener "t" cuando  $H_0$  es verdadera es de 63.3% por lo cual aceptamos  $H_0$ . Esto significa que aunque hay una pequeña diferencia entre la muestra de goteo y la muestra basal, tal como se aprecia en la Figura 2, esta diferencia no es significativa.

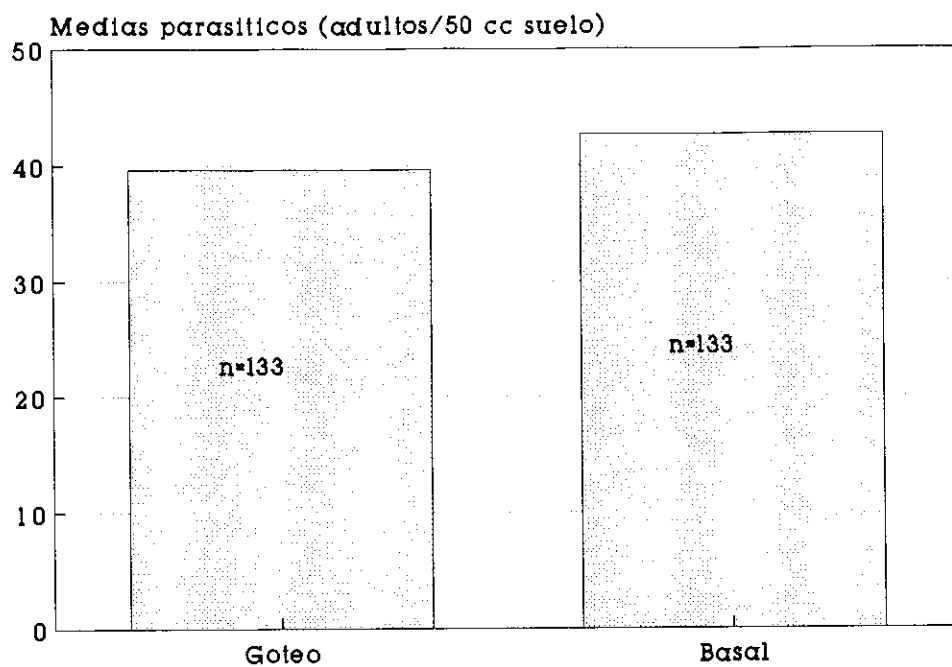


Fig. 2. Medias (adultos/ 50 cc de suelo) del número de nemátodos parasíticos totales en el suelo de goteo vrs. área basal en plantas de café para todas las fincas del estudio.

c. Para la hipótesis "c", "el número de nemátodos parasíticos es igual en fincas afectadas que en fincas no afectadas", usamos una prueba "t" para muestras independientes:

$$H_0: X_{\text{no afec}} = X_{\text{afec}}$$

$$H_a: X_{\text{no afec}} \neq X_{\text{afec}}$$

Cuadro No.3

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Fincas no afectadas	45	533.5809	1231.220	183.539
Fincas afectadas	88	627.8153	877.508	93.543
Diferencia		-94.2344	1143.712	89.996

$$t = -.46$$

$$\text{Probabilidad} = .649$$

Se ve que la probabilidad de obtener "t" cuando  $H_0$  es verdadera es de 64.9%, lo cual indica la necesidad de aceptar la  $H_0$ . Esto significa que no existe una diferencia en el número de nemátodos parasíticos totales entre las fincas sanas y las fincas con "Mal de Viñas" (Figura 3).

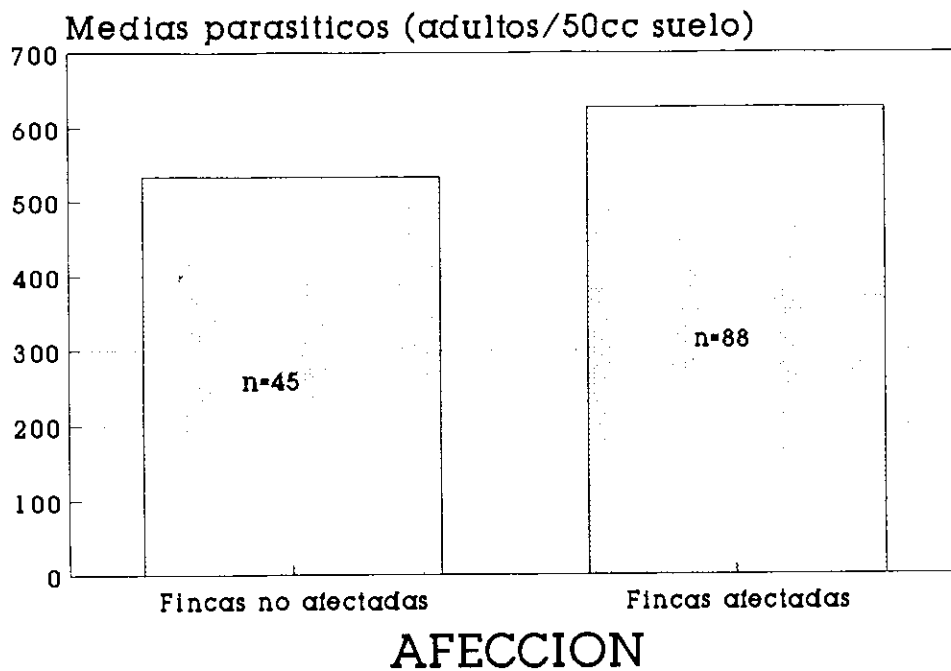


Fig. 3. Medias (adultos/ 50 cc de suelo) del número de nemátodos parasíticos totales en fincas afectadas vrs. fincas no afectadas por "Mal de Viñas".

d. Para la hipótesis "d", "el número de nemátodos parasíticos es igual en las plantas sanas (índices 0-2) que en la plantas enfermas (índice 4-6), considerando todas las fincas del estudio", se usó un análisis "t" para muestras independientes, partiendo de:

$$H_0: X_{\text{sanas}} = X_{\text{enfermas}}$$

$$H_a: X_{\text{sanas}} \neq X_{\text{enfermas}}$$

Cuadro No. 4

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Plantas sanas	59	481.0410	754.614	98.242
Plantas enfermas	70	699.89993	1199.488	143.366
Diferencia		-218.8593	-444.874	-45.124

$$t = -1.26$$

$$\text{Probabilidad} = .210$$

La probabilidad de obtener "t" cuando  $H_0$  es verdadera para este caso es de 21%, por lo cual se acepta la  $H_0$ . Esto quiere decir que, aunque hay una diferencia entre las medias de las plantas sanas y las plantas enfermas (Figura 4), ésta no es significativa, comparando todas las fincas del estudio.

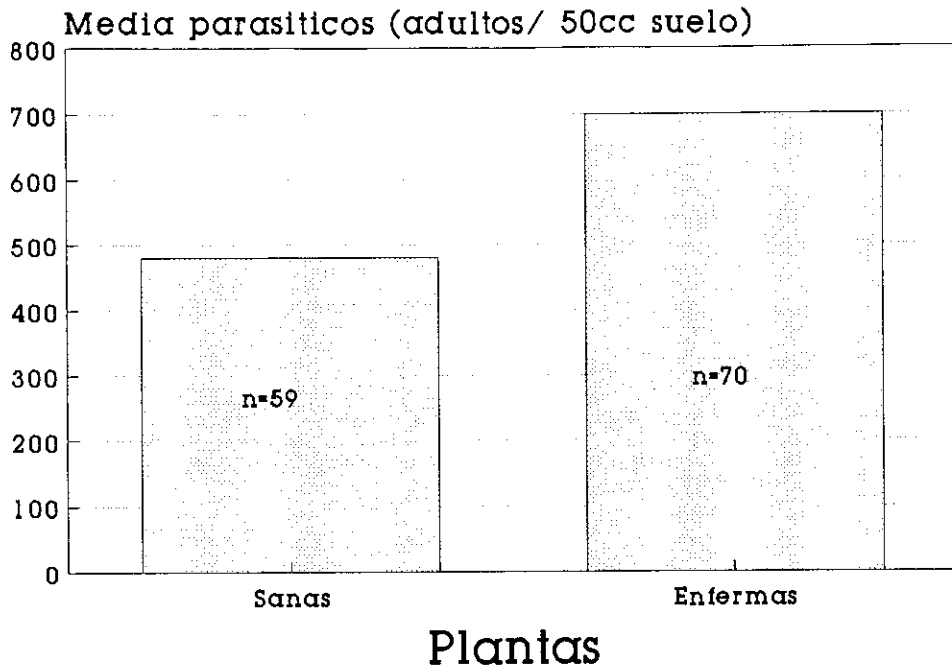


Fig. 4. Medias (adultos/ 50 cc de suelo) del número de nemátodos parasíticos totales en plantas de café sanas (índice 0-2) vrs. enfermas (índice 4-6), para todas las fincas del estudio.

d1. Para comprobar la hipótesis "d1", "en fincas no afectadas el número de nemátodos parasíticos totales es igual en plantas sanas que en plantas enfermas", se usó una prueba "t" para muestras independientes.

$$H_0: X_{san} = X_{enf}$$

$$H_a: X_{san} \neq X_{enf}$$

Cuadro No. 5

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Plantas Sanas	21	381.0829	482.802	105.356
Plantas enfermas	24	667.0167	1630.178	332.759
Diferencia		-285.9338	-1147.376	-227.403

$$t = -0.82$$

$$\text{Probabilidad} = .420$$

Para la fincas no afectadas, la probabilidad de obtener "t" cuando  $H_0$  es verdadera es de 42.7% por lo cual aceptamos la  $H_0$ . En la Figura 5 se pueden ver estos resultados y aunque hay una diferencia, ésta no es estadísticamente significativa. No podemos aseverar que el número de nemátodos parasíticos en las plantas sanas sea diferente al de las plantas "enfermas", en las fincas consideradas como no afectadas.

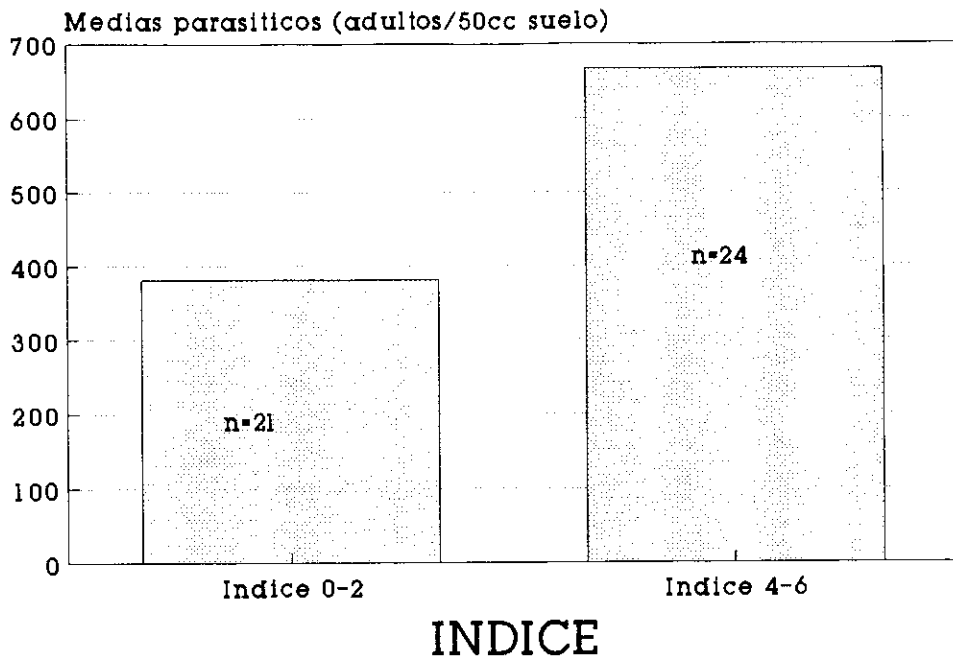


Fig. 5. Medias (adultos/ 50 cc de suelo) del número de nemátodos parasíticos en plantas sanas (índice 0-2) vrs. plantas enfermas (índice 4-6), en fincas no afectadas por "mal de Viñas"

d2. Para probar esta hipótesis, "en fincas afectadas el número de nemátodos parasíticos totales es igual en plantas sanas que en plantas enfermas", se usó una prueba "t":

$$H_0: X_{san} = X_{enf}$$

$$H_a: X_{san} \neq X_{enf}$$

Cuadro No. 6

Variabes	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Plantas sanas	38	536.2811	870.537	141.220
Plantas enfermas	46	717.0554	920.309	135.692
Diferencia		-180.7743	-49.772	5.528

$$"t" = -0.92$$

$$\text{Probabilidad} = 0.359$$

Para las fincas afectadas, la probabilidad de obtener "t" cuando  $H_0$  es verdadera es de 35.9%, por lo que se acepta  $H_0$ . En la Figura 6 se pueden ver estos resultados. La diferencia entre el número de nemátodos parasíticos de plantas sanas y plantas enfermas no es significativa en fincas afectadas por "Mal de Viñas".

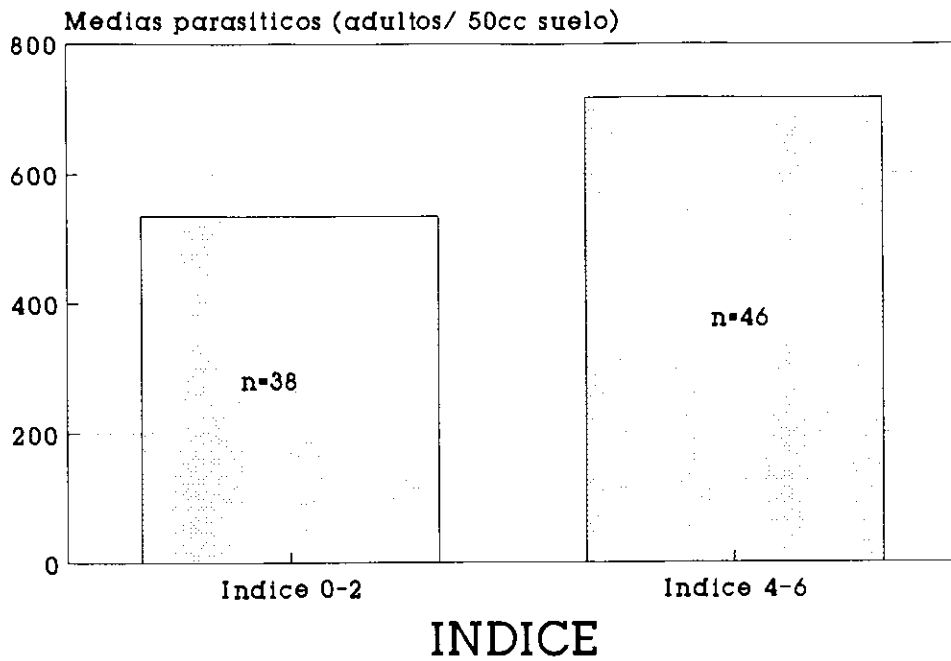


Fig. 6. Medias (adultos/ 50 cc de suelo) del número de nemátodos parasíticos en plantas sanas (índice 0-2) vrs. plantas enfermas (índice 4-6), en fincas afectadas por "Mal de Viñas".

e. Para la hipótesis "e", "el número de Pratylenchus es igual en fincas afectadas que en fincas no afectadas", se usó una prueba "t" para muestras independientes.

$$H_0: X_{\text{no afec}} = X_{\text{afec}}$$

$$H_a: X_{\text{no afec}} \neq X_{\text{afec}}$$

Cuadro No. 7

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Fincas no afectadas	51	167.1549	311.941	43.681
Fincas afectadas	89	447.8049	834.646	88.472
Diferencia		-279.65	-522.705	-44.792

$$"t" = -2.84$$

$$\text{Probabilidad} = .005$$

Se puede observar que la probabilidad de obtener "t" cuando la  $H_0$  es verdadera es de 0.5%, por lo tanto se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_a$ . Esto quiere decir que existe una diferencia altamente significativa en la cantidad de Pratylenchus que hay en las fincas afectadas y en las fincas no afectadas (Figuras 7 y 8).

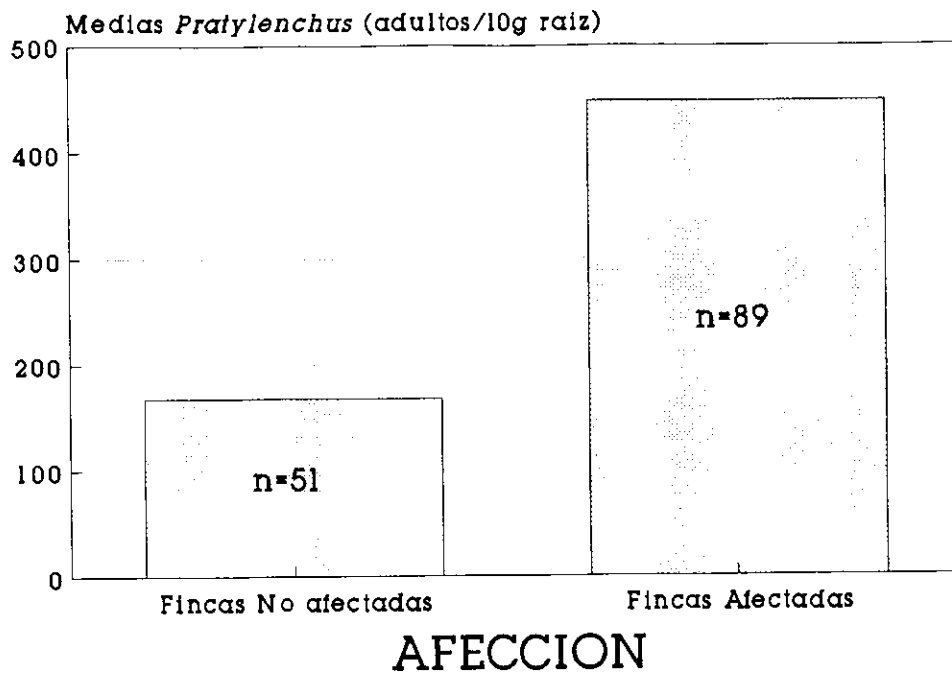


Fig. 7. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus en fincas afectadas vrs. fincas no afectadas por "Mal de Viñas".

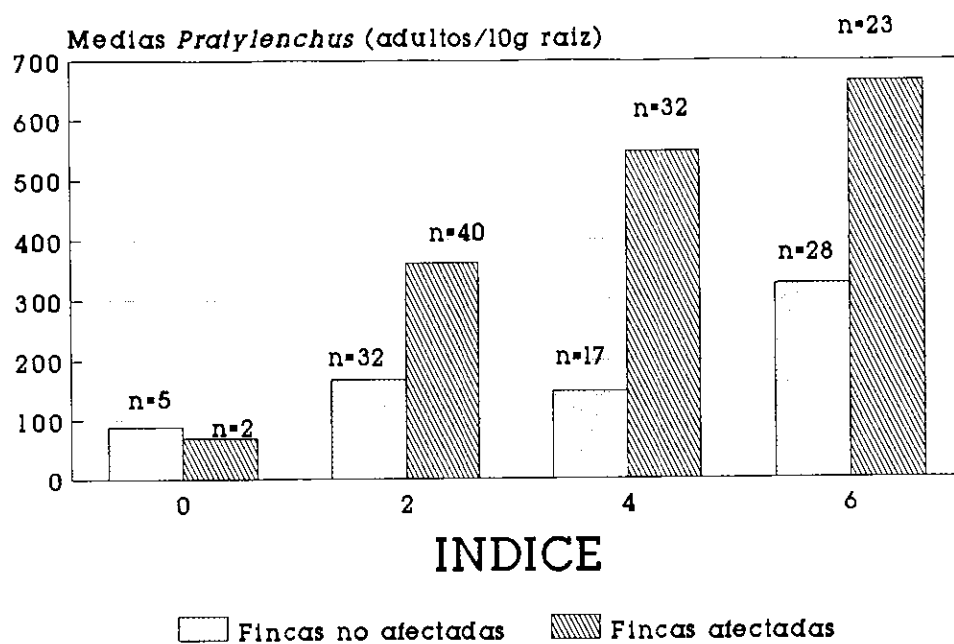


Fig. 8. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus vrs. índice de defoliación, comparando las fincas afectadas y las fincas no afectadas.

f. Para probar la hipótesis "f", "el número de Pratylenchus es igual en plantas sanas que en plantas enfermas", comparando todas las fincas, se usó una análisis "t" para muestras independientes.

$$H_0: X_{san} = X_{enf}$$

$$H_a: X_{san} \neq X_{enf}$$

Cuadro No. 8

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Plantas sanas	63	258.8667	655.033	82.526
Plantas enfermas	72	432.0506	759.182	89.470
Diferencia		-173.1839	-104.149	-6.944

$$t = -1.42$$

$$\text{Probabilidad} = .157$$

Se puede observar que la probabilidad de obtener "t" cuando  $H_0$  es verdadera es de 15.7%, por lo cual aceptamos  $H_0$ . Esto significa que la diferencia entre la cantidad de Pratylenchus de las plantas sanas y de las plantas enfermas para todas las fincas, que se aprecia en la Figura 9, no es significativa. Sin embargo, esta diferencia es sugestiva y podría ser motivo de estudio adicional para precisarla mejor.

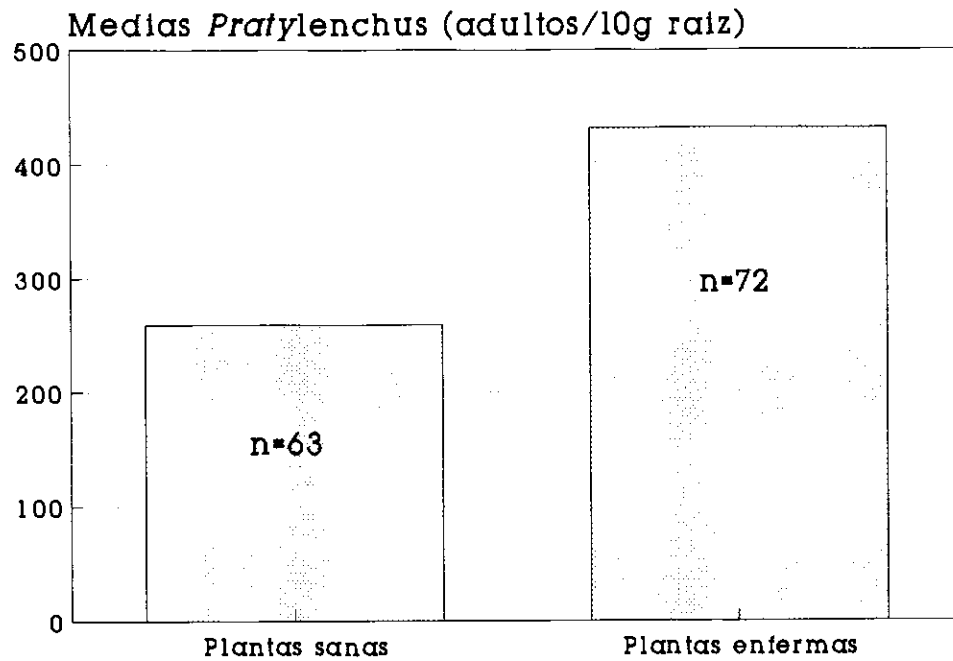


Fig. 9. Medias (adultos/ 10 g de raíz) de Pratylenchus en plantas sanas (índice 0-2) vrs. plantas enfermas (índice 4-6), para todas las fincas del estudio.

f1. Para probar esta hipótesis, "en fincas no afectadas, el número de Pratylenchus es igual en plantas sanas que en plantas enfermas", se hizo una prueba "t".

$$H_0: X_{\text{san}} = X_{\text{enf}}$$

$$H_a: X_{\text{san}} \neq X_{\text{enf}}$$

Cuadro No. 9

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Plantas sanas	25	133.3040	217.177	43.435
Plantas enfermas	26	199.7038	383.520	75.215
Diferencia		-65.734	-166.343	-31.78

$$t = -0.76$$

$$\text{Probabilidad} = .449$$

La probabilidad de obtener "t" cuando  $H_0$  es verdadera es de 44.9%, por lo cual aceptamos la  $H_0$ . Aunque existen diferencias en la cantidad de Pratylenchus en las plantas sanas y en las plantas enfermas de fincas sanas, como se aprecia en la Figura 10, estas diferencias no son significativas.

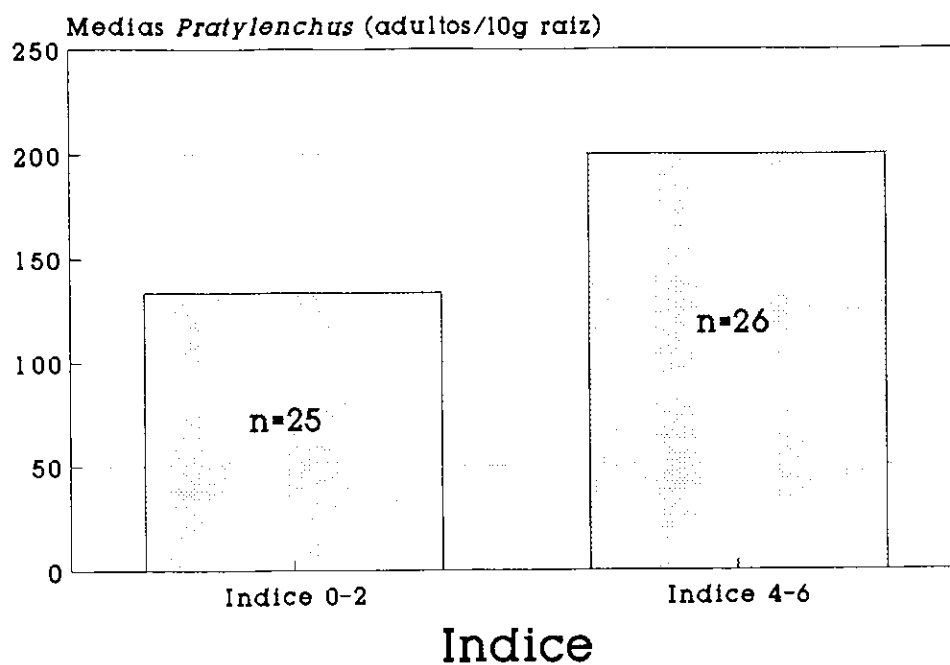


Fig. 10. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus en plantas sanas (índice 0-2) vrs. plantas enfermas (índice 4-6), en las fincas no afectadas.

f2. Para probar esta hipótesis, "en fincas afectadas, el número de Pratylenchus es igual en plantas sanas que en plantas enfermas", se realizó una prueba "t".

$$H_0: X_{\text{san}} = X_{\text{enf}}$$

$$H_a: X_{\text{san}} \neq X_{\text{enf}}$$

Cuadro No. 10

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Plantas sanas	38	341.4737	818.977	132.856
Plantas enfermas	46	563.3770	882.512	130.119
Diferencia		-221.9033	-63.535	2.737

$$"t" = -1.19$$

$$\text{Probabilidad} = .236$$

Para las fincas afectadas, la probabilidad de obtener "t" cuando la  $H_0$  es verdadera es de 23.6%, por lo tanto aceptamos  $H_0$ . Se puede ver en la Figura 11 que existe diferencia entre el número de Pratylenchus que hay en plantas sanas y plantas enfermas; sin embargo esta diferencia no es estadísticamente significativa.

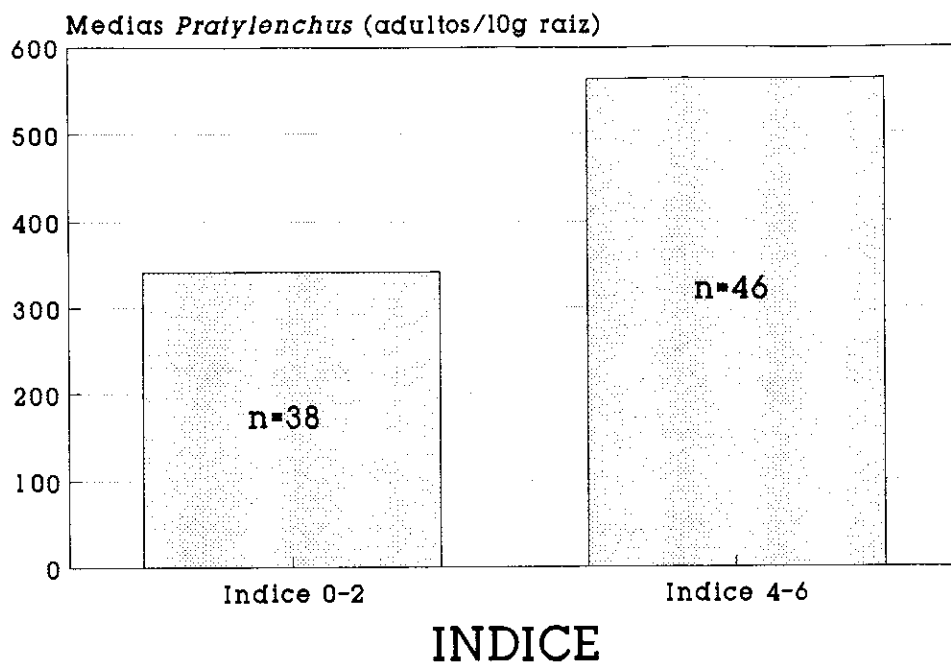


Fig. 11. Medias (adultos/ 10 g de raíz) de *Pratylenchus* en plantas sanas (índice 0-2) vrs. plantas enfermas (índice 4-6), en fincas afectadas por "Mal de Viñas".

g. Antes de probar la hipótesis "g", "las poblaciones de Pratylenchus están correlacionadas con el porcentaje de sombra" se aplicó una prueba "t" para determinar si existía una diferencia significativa en el porcentaje de sombra que existe en las fincas afectadas y en las fincas no afectadas por "Mal de Viñas".

$$H_0: X_1 = X_2$$

$$H_a: X_1 \neq X_2$$

Donde  $X_1$  es la media del porcentaje de sombra en las fincas sanas y  $X_2$  es la media del porcentaje de sombra en las fincas afectadas.

Cuadro No. 11

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Fincas no afectadas	50	62.4320	26.367	3.729
Fincas afectadas	76	50.8286	25.307	2.903
Diferencia		11.6034	1.06	0.826

$$t = 2.46$$

$$\text{Probabilidad} = 0.016$$

La probabilidad de obtener "t" cuando  $H_0$  es verdadera es de 1.6%, por lo cual se rechaza  $H_0$ . Podemos decir que, aunque la diferencia no es muy grande (11.60%), el porcentaje de sombra es significativamente menor en las fincas afectadas que en las fincas no afectadas (Figura 12).

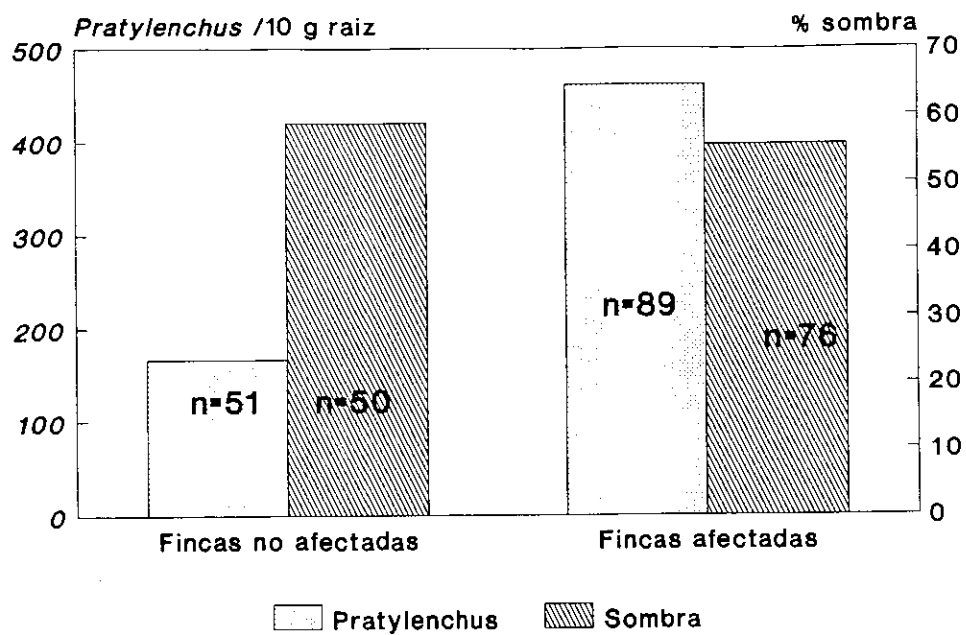


Fig. 12. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus vrs. sombra (% de cobertura) comparando fincas afectadas y no afectadas por "Mal de Viñas".

Para probar la hipótesis "g", "las poblaciones de Pratylenchus están correlacionadas con el porcentaje de sombra", se usó un análisis de correlación, lo que nos permitió observar si existe algún tipo de asociación entre la sombra y el número de Pratylenchus. Los valores de Pratylenchus se transformaron a logaritmos ( $\log_{10}$ ) debido a la falta de normalidad en los datos brutos. Esta transformación corrigió la falta de normalidad.

Ho: Los niveles de poblaciones de Pratylenchus no están correlacionados con los niveles (%) de sombra.

Ha: Los niveles de poblaciones de Pratylenchus están correlacionados con los niveles (%) de sombra.

Cuadro No. 12

No. casos ploteados	172
Correlación (r)	-0.05306
R cuadrado	0.00282
Significancia	0.4894

Se observa que sólo el 0.28% de la variabilidad es explicada por la asociación entre % de sombra y niveles de *Pratylenchus*. Además, existe un 48.94% de probabilidad de rechazar la Ho cuando ésta en realidad es verdadera, por lo que aceptamos la Ho. La tendencia negativa (a más sombra menos nemátodos) es sugestiva (Figura 13) y podría servir de base para un estudio adicional. El "ploteo" de la correlación se puede ver en la Figura 13.1.

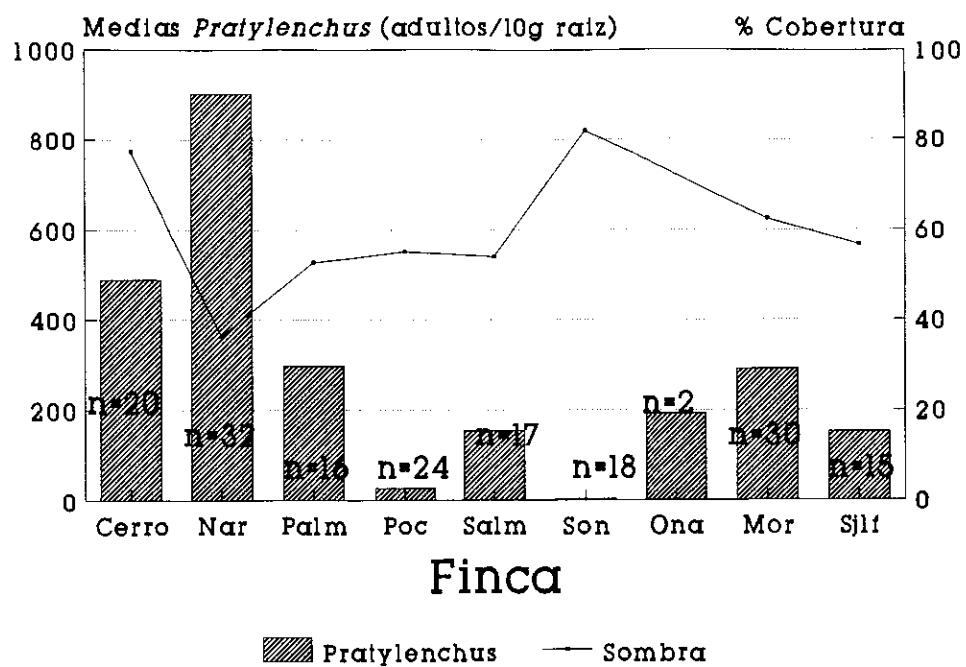


Fig. 13. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus vrs. sombra (% cobertura) comparando fincas afectadas (NAR, POC, CERRO, PALM) y fincas no afectadas (SALM, SON, ONA, MOR, SJLF) por "Mal de Viñas".

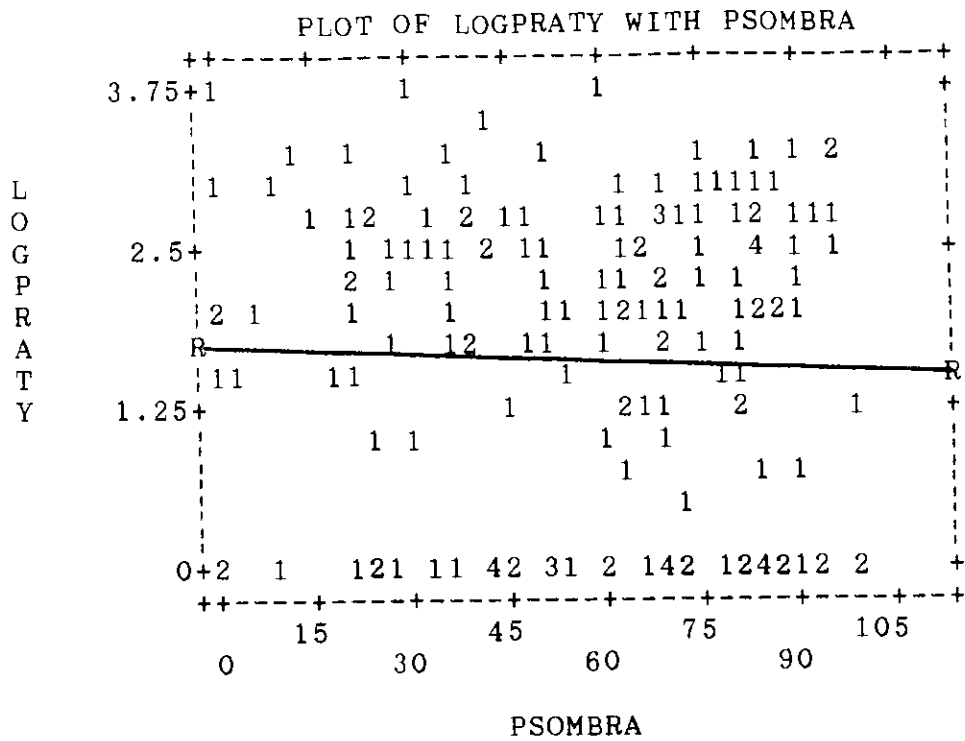


Fig. 13.1. Ploteo de la correlación entre niveles de Pratylenchus y sombra (% de cobertura).

$(Y = -0.0023X + 1.8593, r^2 = 0.0028, P = 0.4894).$

g1. Para estudiar mejor la posible correlación entre niveles de Pratylenchus y de sombra durante el año, se separaron los datos de época seca y época lluviosa.

Para fincas no afectadas, en época lluviosa (mayo-octubre), se obtuvo los siguientes resultados:

Ho: En fincas no afectadas, los niveles de Pratylenchus no están correlacionados con los niveles de sombra, en época lluviosa.

Ha: En fincas no afectadas, los niveles de Pratylenchus están correlacionados con los niveles de sombra en época lluviosa.

Cuadro No. 13

No. casos	39
Correlación (r)	-0.02636
R cuadrado	0.00069
Significancia	0.8734

Se observa que en fincas no afectadas sólo el 0.06% de la variabilidad de Pratylenchus es explicada por la asociación entre % de sombra y niveles de Pratylenchus en época lluviosa (Figura 14). Además existe un 87.3% de probabilidad de rechazar la Ho equivocadamente, por lo que vamos a aceptar la Ho. El "ploteo" de esta correlación se puede ver en la Figura 14.1.

g2. Para las fincas afectadas en época lluviosa se realizó una correlación, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Ho: En fincas afectadas, los niveles de Pratylenchus no están correlacionados con los niveles de sombra en época lluviosa.

Ha: En fincas afectadas, los niveles de Pratylenchus están correlacionados con los niveles de sombra en época lluviosa.

Cuadro No. 14

No. casos	48
Correlación (r)	-0.06752
R cuadrado	0.00456
Significancia	0.6484

Se observa que en fincas afectadas sólo el 0.45% de la variabilidad de Pratylenchus es explicada por la asociación entre sombra y niveles de Pratylenchus en época lluviosa (Figura 14). Además, existe un 64.8% de probabilidad de rechazar la Ho equivocadamente, por lo cual vamos a aceptar la Ho. El "ploteo" de la correlación se puede ver en la Figura 14.2.

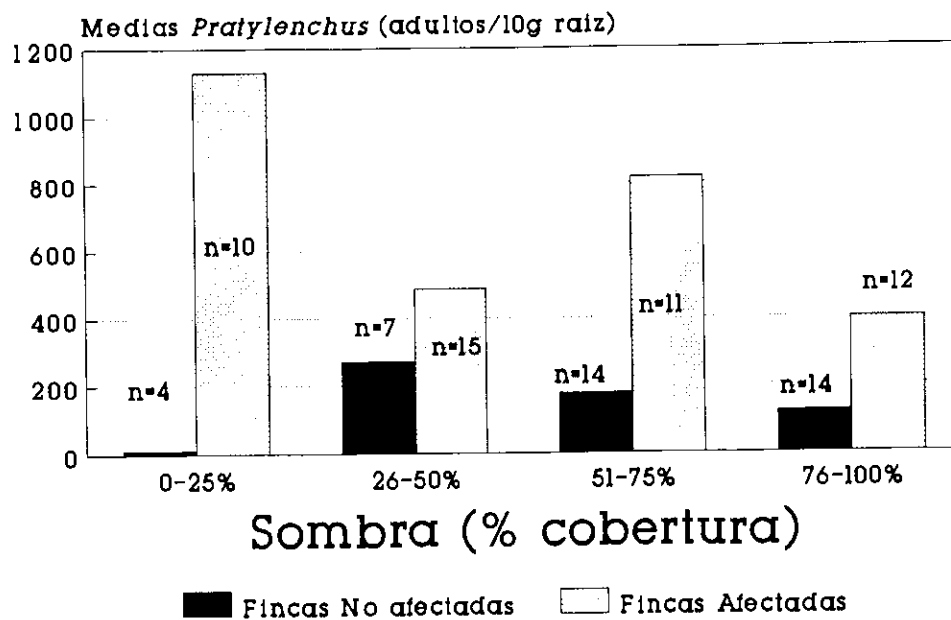


Fig. 14. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de *Pratylenchus* vrs. sombra (% de cobertura) comparando fincas afectadas y no afectadas en época lluviosa (Mayo-Octubre).

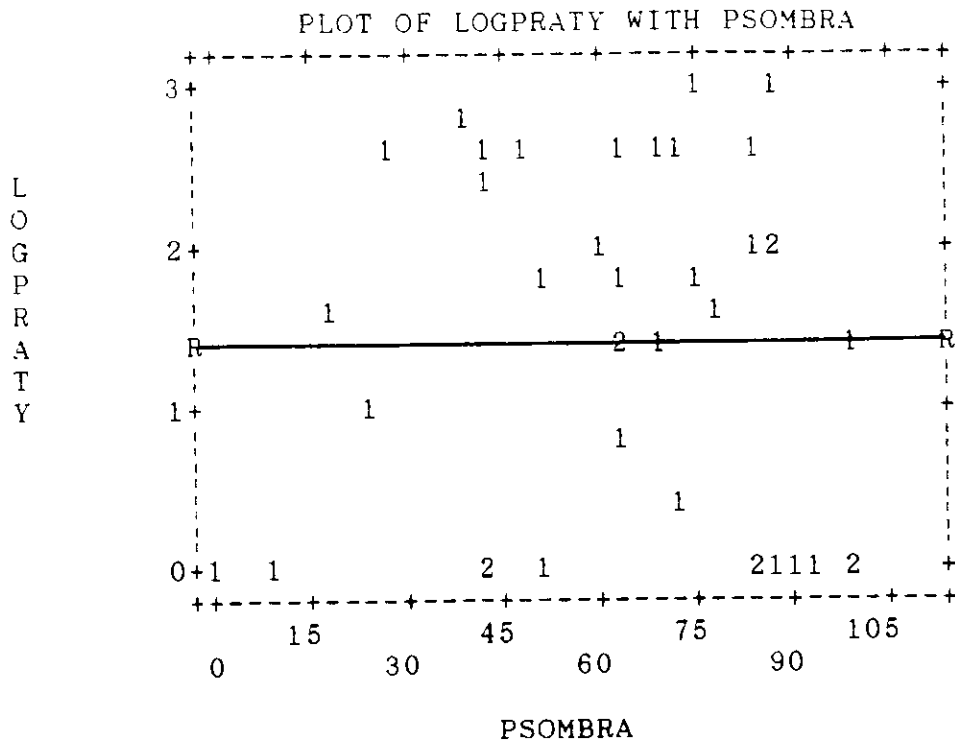


Fig. 14.1 Ploteo de la correlación entre niveles de Pratylenchus y sombra (% de cobertura) en época lluviosa en las fincas no afectadas.

$$(Y = -0.0011X + 1.4484, r^2 = 0.0007, P = 0.8734).$$

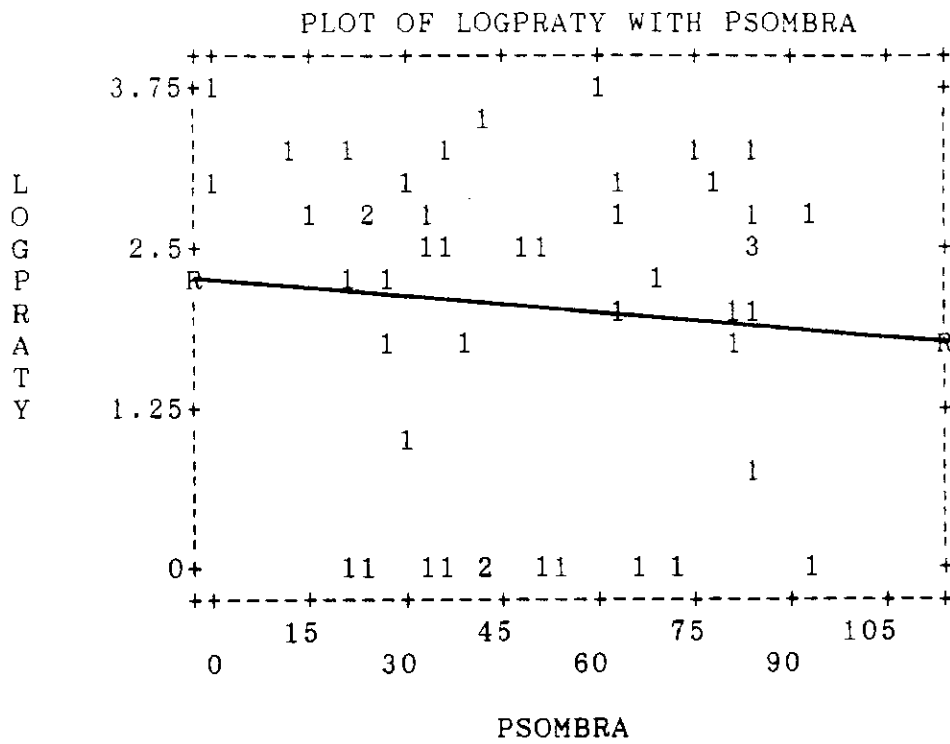


Fig. 14.2. Ploteo de la correlación entre niveles de Pratylenchus y sombra (% de cobertura) en época lluviosa, en fincas afectadas.

$$(Y = -0.0032X + 2.1520, r^2=0.00456, P= 0.6484).$$

g3. En las fincas no afectadas, en época seca, con un análisis de correlación se obtuvo los siguientes resultados:

Ho: En fincas no afectadas, los niveles de Pratylenchus no están correlacionados con los niveles de sombra, en época seca.

Ha: En fincas no afectadas, los niveles de Pratylenchus están correlacionados con los niveles de sombra, en época seca.

Cuadro No. 15

No. de casos	4
Correlación (r)	0.94541
R cuadrado	0.89380
Significancia	0.0546

Se observa que en fincas no afectadas el 89.3% de la variabilidad de Pratylenchus es explicada por la asociación entre niveles de Pratylenchus y sombra (% de cobertura) en época seca. Además, existe el 5.4% de probabilidad de rechazar la Ho equivocadamente, por lo que rechazamos Ho y aceptamos Ha: en las fincas no afectadas hay una correlación positiva entre niveles de sombra y de Pratylenchus, en época seca (Figura 15). Esto quiere decir que bajo las condiciones descritas, a mayor sombra habrá mayores niveles de nemátodos. El "ploteo" de la correlación se puede ver en la Figura 15.1.

g4. Para las fincas afectadas en época seca, se efectuó una correlación donde se obtuvo los siguientes resultados:

Ho: En fincas afectadas, los niveles de Pratylenchus no están correlacionados con los niveles de sombra en época seca.

Ha: En fincas afectadas, los niveles de Pratylenchus están correlacionados con los niveles de sombra en época seca.

Cuadro No. 16

No. de casos	20
Correlación (r)	-0.50730
R cuadrado	0.25735
Significancia	0.0224

Se observa que el 25.73% de la variabilidad de Pratylenchus en las fincas afectadas en época seca está explicada por la asociación entre sombra y Pratylenchus. Además, existe un 2.2% de probabilidad de rechazar la Ho equivocadamente; por lo tanto vamos a rechazar la Ho y a aceptar la Ha. Esto quiere decir que en época seca en las fincas afectadas, a mayor sombra hay menores niveles de Pratylenchus (Figura 15). El "ploteo" de la correlación se puede ver en la Figura 15.2.

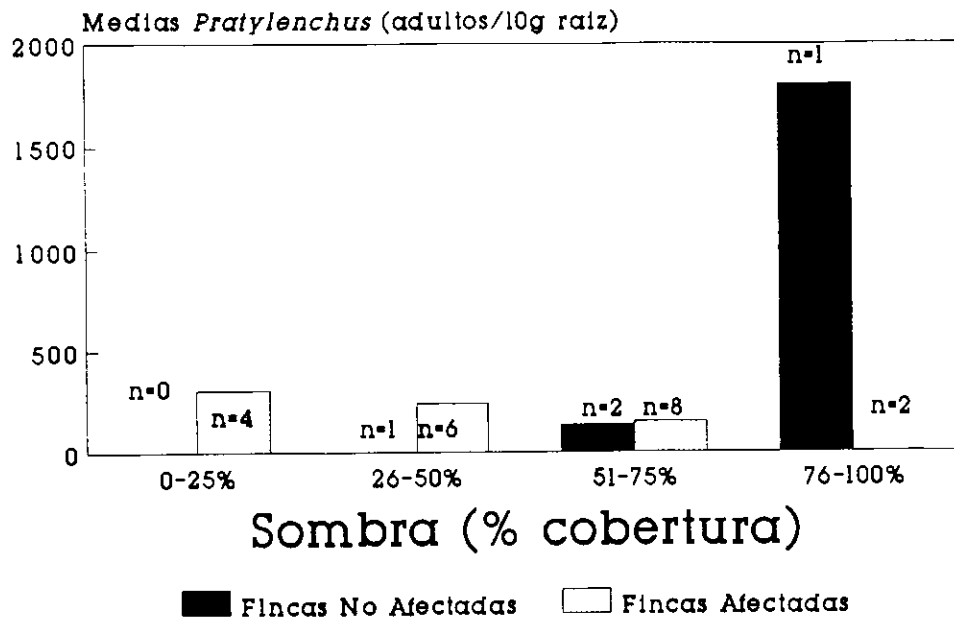


Fig. 15. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus vrs. sombra (% cobertura) comparando fincas afectadas y no afectadas en época seca (Noviembre-Abril).

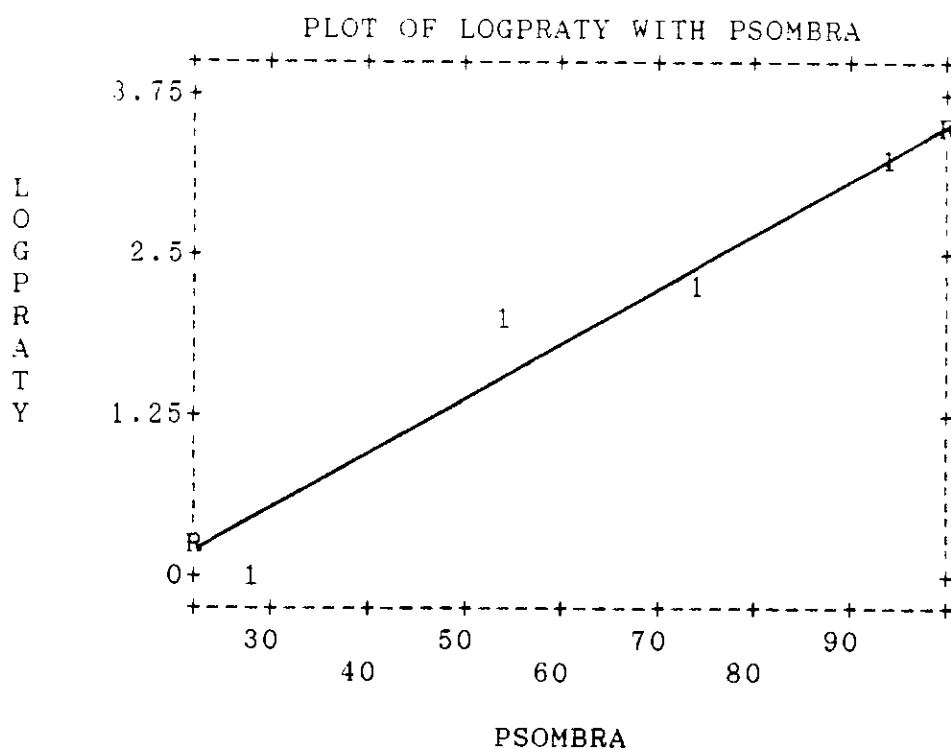


Fig. 15.1. Ploteo de la correlación entre niveles de Pratylenchus y sombra (% de cobertura) en época seca, en las fincas no afectadas por "Mal de Viñas".

$$(Y = 0.04451X - 0.88177, r^2 = 0.89380, P = 0.0546).$$

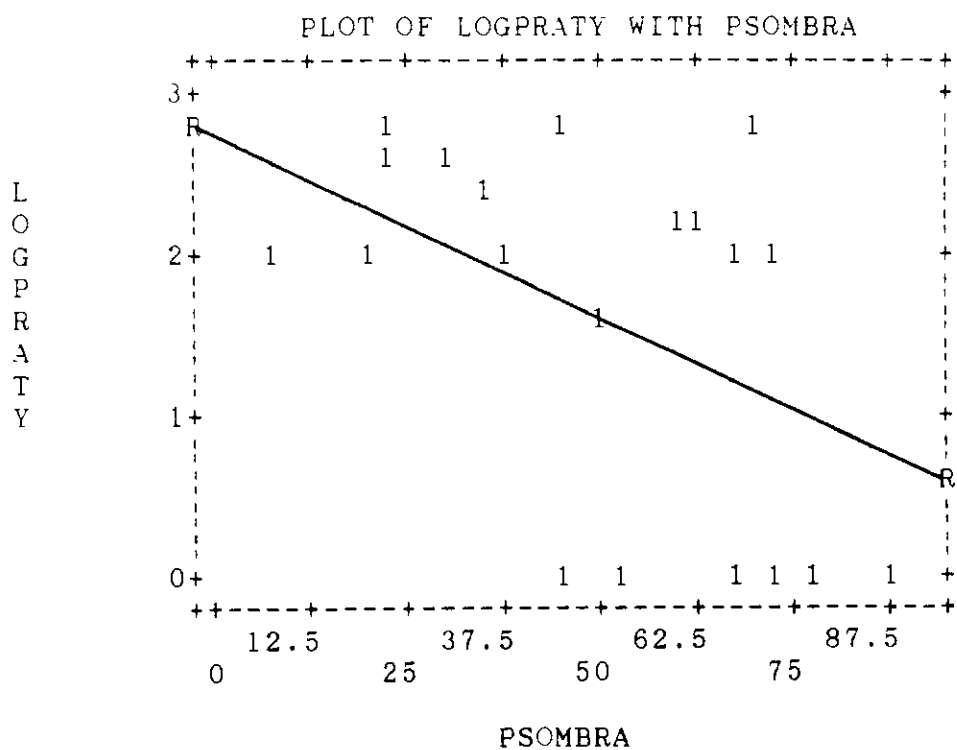


Fig. 15.2. Ploteo de la correlación entre niveles de Pratylenchus y sombra (% de cobertura) en época seca, en fincas afectadas por "Mal de Viñas".

$$(Y = -0.0252X + 2.8637, r^2 = 0.25735, P = 0.0224).$$

h. Antes de analizar la hipótesis "h", "las poblaciones de Pratylenchus están asociadas al porcentaje de humedad en el suelo", se realizó una prueba t para establecer si la humedad del suelo entre las fincas sanas y las fincas afectadas era igual.

$$H_0: X_1 = X_2$$

$$H_a: X_1 \neq X_2$$

donde  $X_1$  es la media de la humedad del suelo en las fincas sanas y  $X_2$  es la media de la humedad del suelo en las fincas afectadas.

Cuadro No.17

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Fincas no afectadas	51	17.6686	7.382	1.034
Fincas afectadas	82	17.8743	6.324	0.698
Diferencia		-0.2057	1.058	0.336

$$t = -0.16$$

$$\text{Probabilidad} = 0.869$$

Se puede observar que la probabilidad de obtener "t" cuando la  $H_0$  es verdadera es de 86.9%, por lo cual aceptamos la  $H_0$ . Esto quiere decir que no existe una diferencia significativa en la humedad del suelo entre fincas afectadas y no afectadas (Figura 16).

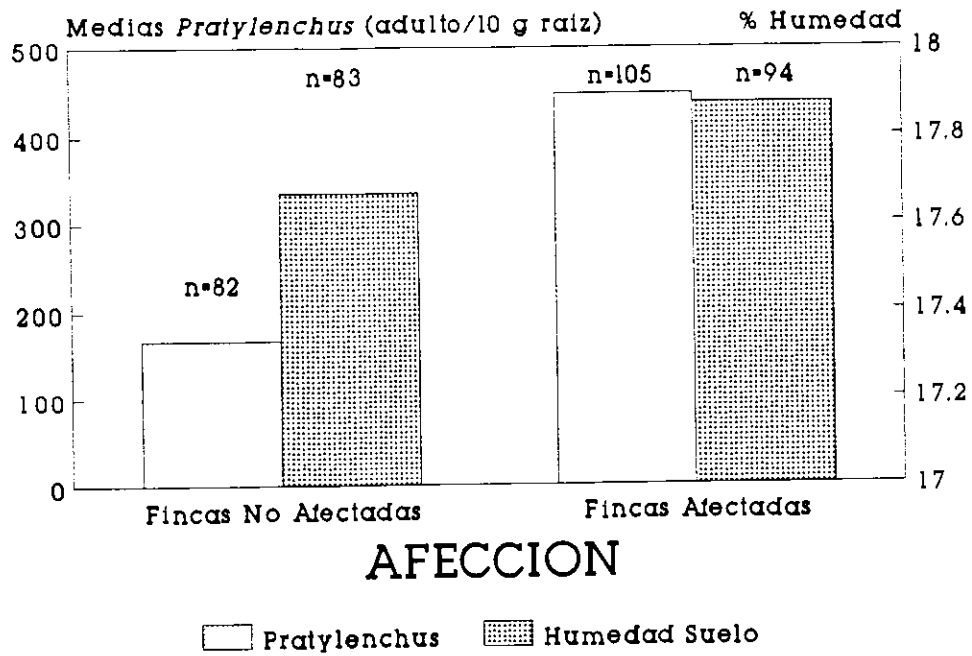


Fig. 16. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus vrs. humedad (%) comparando fincas afectadas y no afectadas por "Mal de Viñas".

Para comprobar la hipótesis "h", que la cantidad de Pratylenchus está relacionada a la humedad del suelo, se usó una correlación. Los conteos de Pratylenchus están transformados a logaritmo ( $\text{Log}_{10}$ ) del número de Pratylenchus para corregir la falta de normalidad en los datos brutos.

Ho: Los niveles de Pratylenchus no están correlacionados con los niveles de humedad en el suelo.

Ha: Los niveles de Pratylenchus están correlacionados con los niveles de humedad en el suelo.

Cuadro No. 18

No. casos	176
Correlación (r)	-0.02422
R cuadrado	0.00059
Significancia	0.7497

Se observa que sólo el 0.059% de la variabilidad es explicada por la asociación de Pratylenchus y humedad del suelo. Además, existe un 74.97% de probabilidad de rechazar la Ho equivocadamente, por lo cual vamos a aceptar la Ho. Al observar la Figura 17, la finca con menor % humedad (Naranjito) tiene un alto número de Pratylenchus y la que tiene mayor % humedad (Sonrisa) es la que menos Pratylenchus presenta. El "ploteo" en la Fig. 17.1 sugiere una correlación negativa, aunque no es estadísticamente significativa. Se sugiere estudiar esta relación con mayor profundidad.

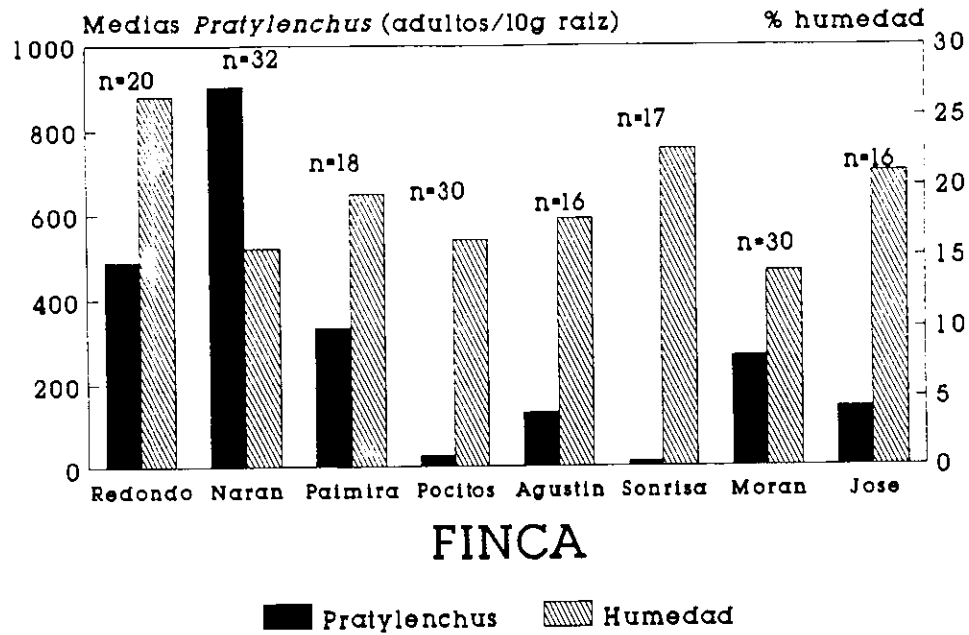


Fig. 17. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus vrs. humedad (%) comparando las fincas afectadas y no afectadas por "Mal de Viñas".

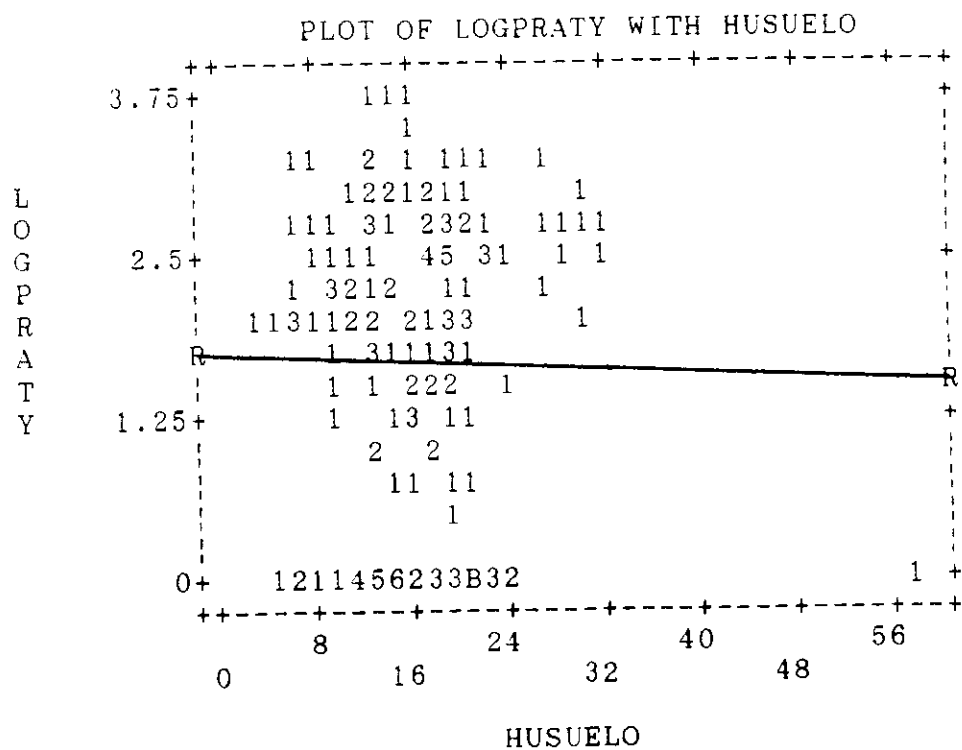


Fig. 17.1. Ploteo de la correlación entre niveles de Pratylenchus y % de humedad del suelo.

$$(Y = -0.0044X + 1.7505, r^2=0.0006, P= 0.7497).$$

i. Antes de analizar la hipótesis i, "las poblaciones de Pratylenchus están asociadas a la temperatura del suelo", se realizó una prueba t para comprobar si existe una diferencia significativa en la temperatura del suelo entre fincas afectadas y no afectadas.

$$H_0: X_1 = X_2$$

$$H_a: X_1 \neq X_2$$

donde  $X_1$  es la media de la temperatura del suelo en las fincas no afectadas y  $X_2$  es la media de la temperatura del suelo en las fincas afectadas.

Cuadro No. 19

VARIABLES	No. casos	Media	Desviación estándar	Error estándar
Fincas no afectadas	50	20.5100	1.323	0.187
Fincas afectadas	88	21.1057	1.462	0.156
Diferencia		-0.5957	-0.132	0.031

$$t = -2.45$$

$$\text{Probabilidad} = 0.016$$

La probabilidad de obtener t cuando  $H_0$  es verdadera es de 1.6%, por lo cual vamos a rechazar  $H_0$ . Esto quiere decir que la temperatura promedio del suelo entre las fincas sanas y las fincas afectadas es diferente (Figura 18).

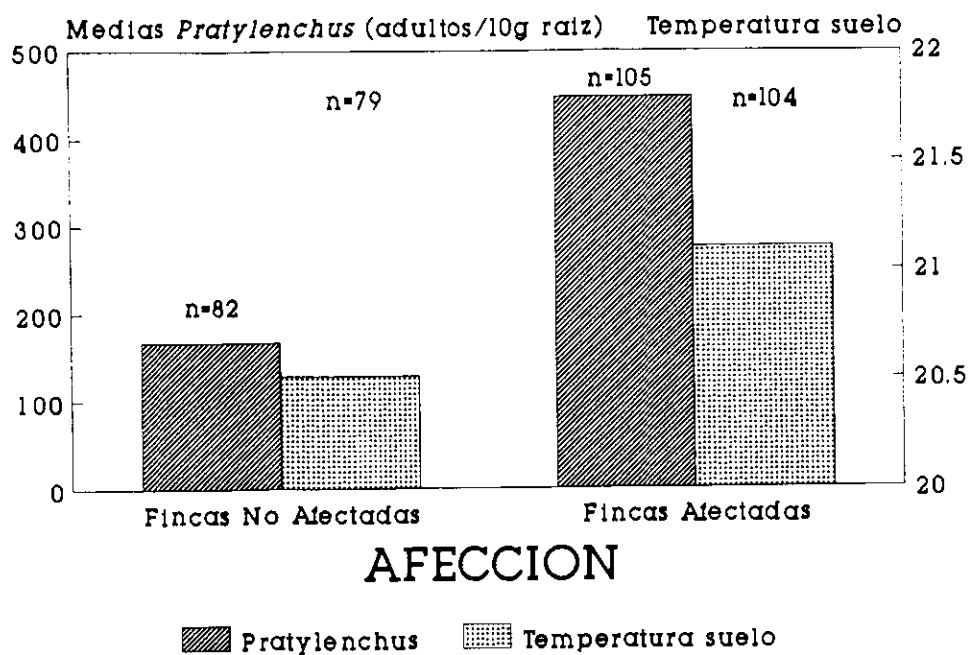


Fig. 18. Medias (adultos/ 10 g de raíz) del número de Pratylenchus vrs. temperatura (°C) comparando fincas afectadas y no afectadas por "Mal de Viñas.

Para comprobar la hipótesis "i", "las poblaciones de Pratylenchus están asociadas a la temperatura del suelo", se usó una correlación. Se emplearon datos transformados ( $\text{Log}_{10}$  del número de Pratylenchus) para corregir la falta de normalidad en los datos.

Ho: Los niveles de Pratylenchus no están correlacionados con la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) del suelo.

Ha: Los niveles de Pratylenchus están correlacionados con la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) del suelo.

Cuadro No. 20

No. casos	182
Correlación (r)	-0.09776
R cuadrado	0.00956
Significancia	0.1892

Se observa que el 0.96% de la variabilidad es explicada por la asociación Pratylenchus y temperatura. Además, existe un 18.9% de probabilidad de rechazar la Ho equivocadamente, por lo cual vamos a aceptar la Ho (Figura 19). El "ploteo" de esta correlación se puede ver en la Figura 19.1.

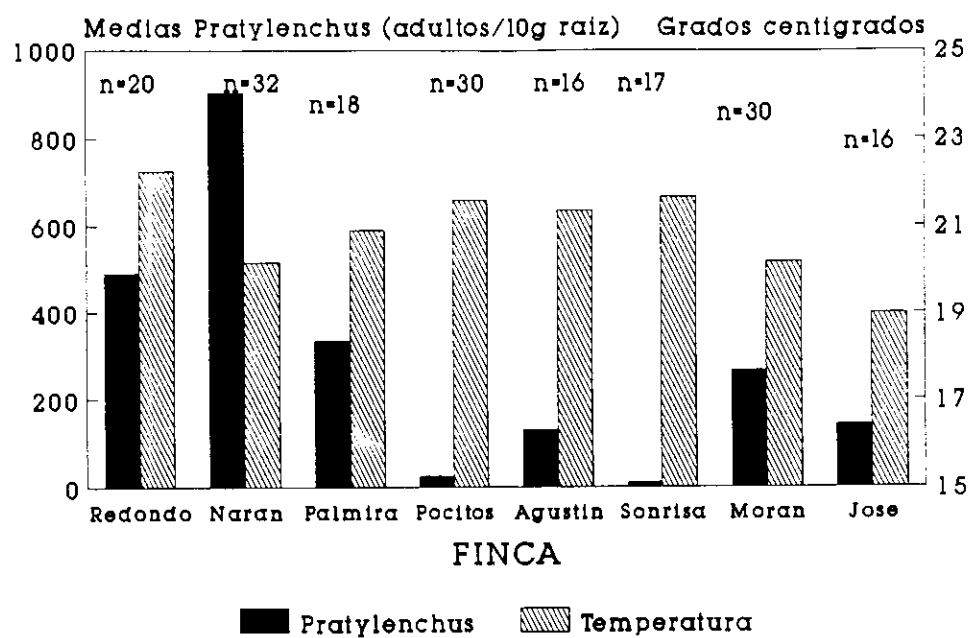


Fig. 19. Medias (adultos/10 g de raíz) del número de *Pratylenchus* vrs. temperatura (°C), comparando fincas afectadas y no afectadas por "Mal de Viñas".

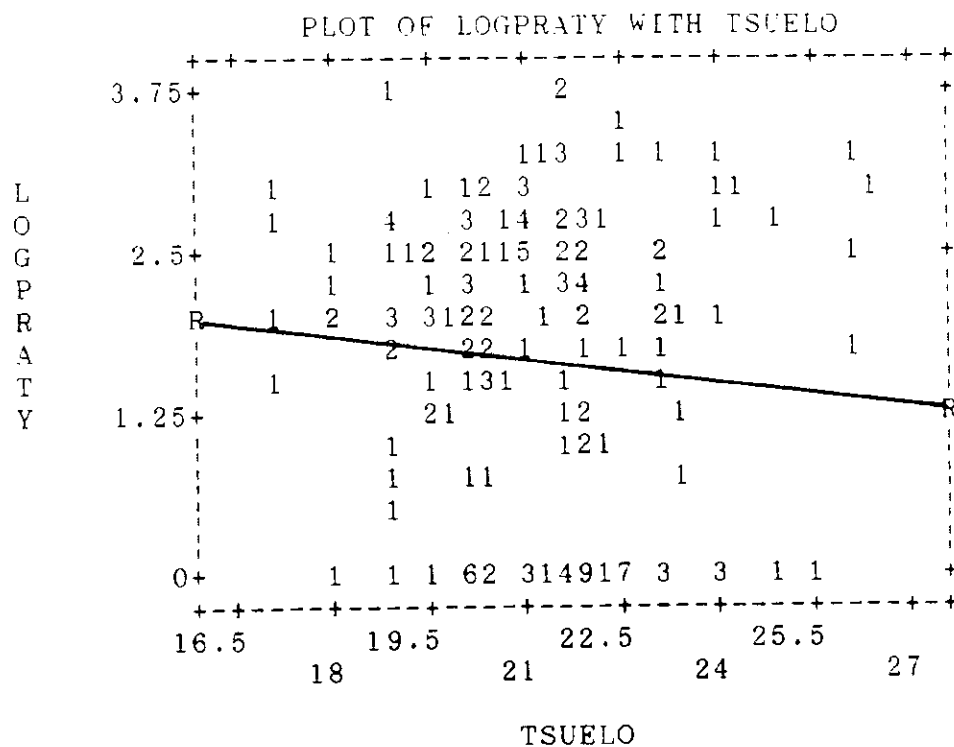


Fig. 19.1. Ploteo de la correlación entre niveles de Pratylenchus y temperatura (°C) del suelo.

$$(Y = -0.0626X + 3.0372, r^2 = 0.0096, P = 0.1892).$$

A continuación se presenta en forma resumida los resultados de los análisis estadísticos aplicados a las hipótesis estudiadas (ver págs. 16-17).

Cuadro No. 21 (1<sup>era</sup> Parte: Pruebas de t)

Hipótesis	t	P	Significancia
a. Nemátodos parasíticos $X_{0-15} = X_{15-30}$	1.59	0.115	No altamente significativa
b. Nemátodos parasíticos $X_{\text{basal}} = X_{\text{goteo}}$	-0.48	0.633	No significativa
c. Nemátodos parasíticos finca $X_{\text{no afec}} = X_{\text{afec}}$	-0.46	0.649	No significativa
d. Nemátodos parasíticos planta $X_{\text{sana}} = X_{\text{enferma}}$	-1.26	0.210	No significativa
d1. Idem (d) para fincas no afectadas	-0.82	0.420	No significativa
d2. Idem (d) para fincas afectadas	-0.92	0.359	No altamente significativa
e. <u>Pratylenchus</u> por finca $X_{\text{no afec}} = X_{\text{afec}}$	-2.84	0.005	Altamente significativa
f. <u>Pratylenchus</u> por planta $X_{\text{sana}} = X_{\text{enferma}}$	-1.42	0.157	No altamente significativa
f1. Idem (f) para fincas no afectadas	-0.76	0.449	No significativa
f2. Idem (f) para fincas afectadas	-1.19	0.236	No significativa
% sombra $X_{\text{afec}} = X_{\text{no-afec}}$	2.46	0.016	Signficativa
% humedad del suelo $X_{\text{afec}} = X_{\text{no-afec}}$	-0.16	0.869	No significativa
T (°C) del suelo $X_{\text{afec}} = X_{\text{no-afec}}$	-2.45	0.016	Significativa

Cuadro No. 21 (2<sup>da</sup> Parte: correlaciones)

Hipótesis	r <sup>2</sup>	P	Significancia
g. Niveles <u>Pratylenchus</u> asociados a % sombra	0.0028	0.4894	No significativo
g1. (g) época lluviosa, fincas no afectadas	0.0007	0.8734	No significativo
g2. (g) época lluviosa, fincas afectadas	0.0046	0.6484	No significativo
g3. (g) época seca, fincas no afectadas	0.8938	0.0546	Significativo
g4. (g) época seca, fincas afectadas	0.2574	0.0224	Significativo
h. Niveles <u>Pratylenchus</u> correlacionan con % de humedad del suelo	0.0006	0.7497	No significativo
i. Niveles <u>Pratylenchus</u> correlacionan con T (°C) del suelo	0.0096	0.1892	No significativo

A continuación se presenta una serie de Figuras de la variación mensual de poblaciones de Pratylenchus en cada finca en particular. Primero aparecen las fincas no afectadas, que son: La Sonrisa, Morán, San Agustín Las Minas y San José Las Flores. Luego, las fincas afectadas: Los Pocitos, El Naranjito, Cerro Redondo y Palmira. Se presentan los datos en forma de curvas; estas no representan modelos matemáticos, sino series de puntos que corresponde a los datos muestrales en cada período a lo largo del año.

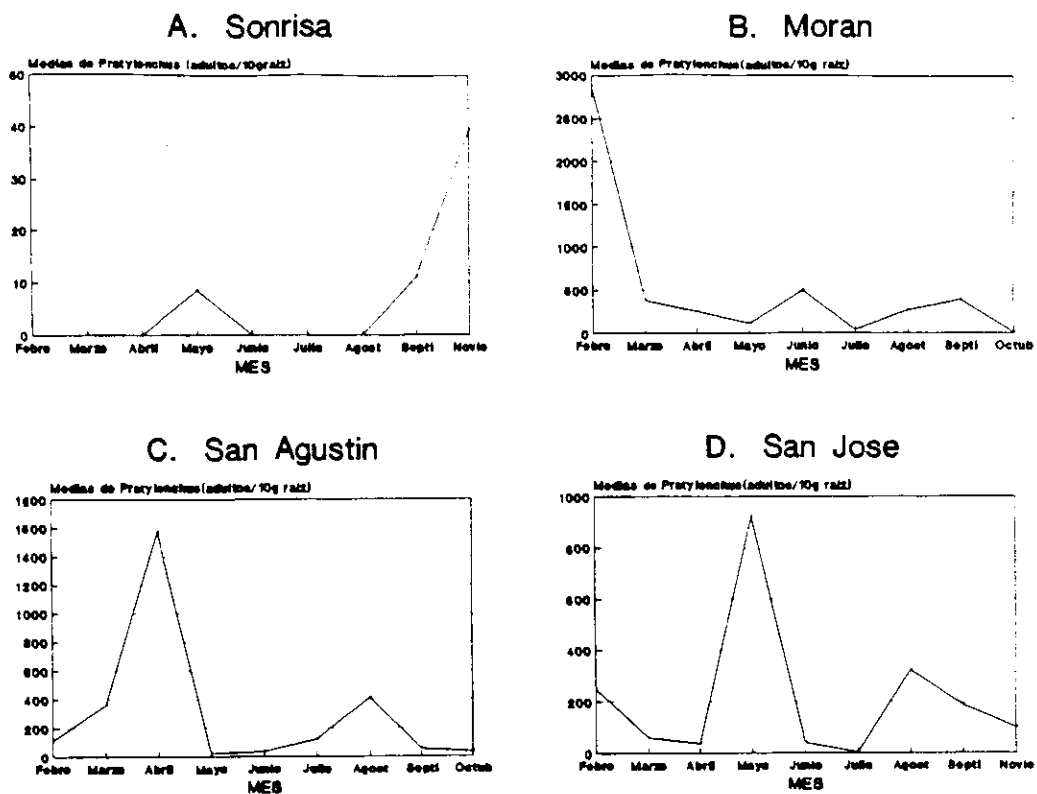


Fig. 20. Variación mensual de las poblaciones de Pratylenchus en las fincas no afectadas por "mal de Viñas".

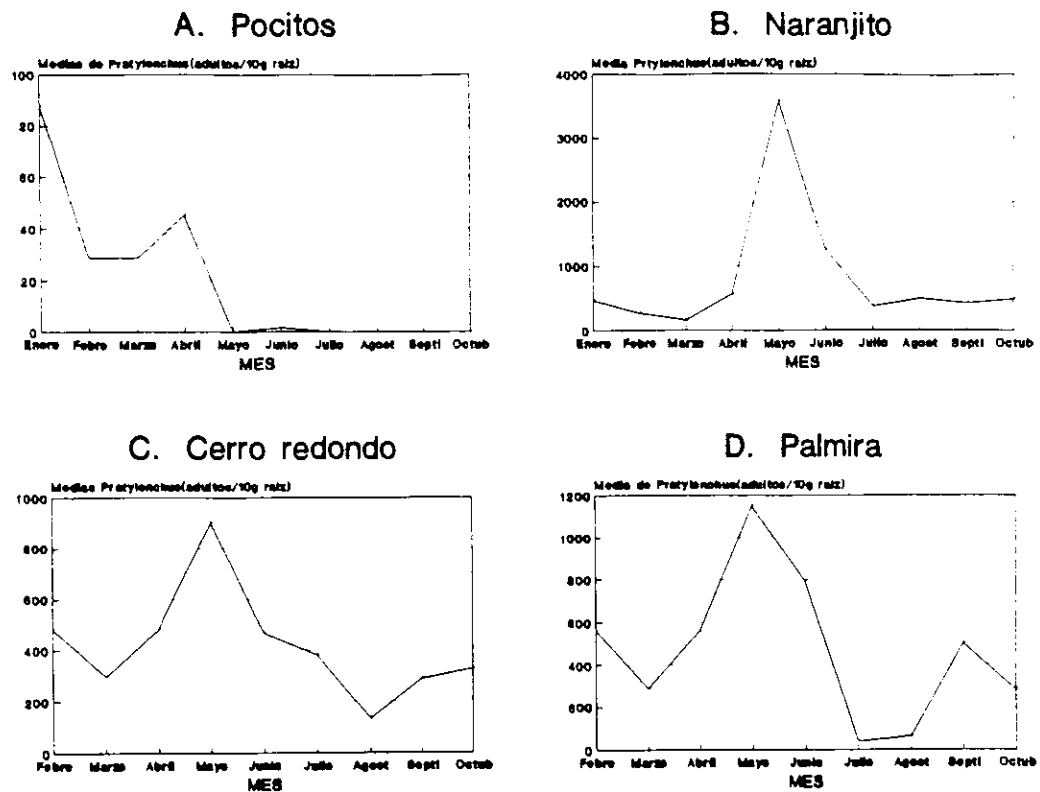


Fig. 21. Variación mensual de las poblaciones de Pratylenchus en las fincas afectadas por "mal de Viñas".

## VI. DISCUSION

Como primer punto hay que considerar que para realizar el presente estudio se agruparon las fincas en afectadas y no afectadas, según se explica en la sección de métodos. Sin embargo, cada finca posee características propias, ecológicas, físicas y de manejo que la hacen única. Agruparlas bajo estos títulos es un poco arbitrario. Sin embargo, los criterios para agruparlas en fincas afectadas y no afectadas son claros: las fincas no afectadas nunca han presentado mortandad masiva de cafetos y en las fincas afectadas sí existe este problema. Decidir cuál es el factor predominante que causa la aparición del Mal de Viñas, quizá sea diferente para cada finca en particular. De todos modos, se trata de determinar la influencia de Pratylenchus sobre el "Mal de Viñas", ya sea solo o en combinación con otros factores.

Observando los resultados, se ve que no existe diferencia en la densidad de nemátodos parasíticos entre el área superficial (0-15 cm) y el área profunda (15-30 cm), como lo muestra la Figura 1, aunque tienden a ser más numerosos cerca de la superficie. La diferencia de nemátodos entre el área de goteo y el área basal tampoco es significativa (Figura 2). Esto nos sugiere que los nemátodos están distribuidos con uniformidad alrededor del sistema radicular de la planta y quizás con mayor preferencia entre 0-15 cm de profundidad. Los Pratylenchus quizá salen y entran por cualquier lugar del sistema radicular. Esto coincide con la literatura (Agrios, 1988), al observarse que existe una mayor

concentración de nemátodos en la región radial de la planta, especialmente entre 0-15 cm de profundidad, por lo cual se considera que el muestreo fue satisfactorio para los fines que se perseguían. Se sugiere para futuros estudios de este tipo, realizar un muestreo de suelo alrededor de la planta entre 0-15 cm de profundidad.

Antes de analizar Pratylenchus en particular, se realizaron muestreos sobre las poblaciones de nemátodos que se encontraban en el suelo alrededor de la planta, con el fin de observar si existía alguna otra especie común para todas las fincas y en número significativo que pudiera tener asociación con Mal de Viñas. Tomando en cuenta estos nemátodos parasíticos encontrados en las muestras de suelo se obtuvo, comparando todas las fincas del estudio, que no hay una diferencia significativa en el número de parasíticos entre plantas sanas y plantas enfermas, ni entre fincas afectadas y no afectadas por Mal de Viñas en las muestras de suelo (Figuras 3 y 4). Se separó la información por fincas sanas (Figura 5) y fincas afectadas (Figura 6) pero no se obtuvo diferencia significativa. La tendencia es de mayores densidades de nemátodos en plantas con índices 4-6, lo cual concuerda con lo que reporta la literatura, ya que las plantas con algún daño o sujetas a un estrés están más susceptibles a los ataques de nemátodos (Powell, 1971). Parece ser que los nemátodos parasíticos totales que se encuentran en el suelo no son factor importante para el desarrollo del "Mal de Viñas", ya que se encuentran por igual en fincas afectadas y no afectadas. No por eso deben dejarse de lado, ya que en las fincas

afectadas las plantas que se encuentren debilitadas por cualquier otro factor se debilitarán aún más por un ataque de nemátodos. Estudiando el caso de Pratylenchus en particular, éste no presenta una diferencia altamente significativa en la densidad entre plantas sanas y enfermas (Figura 9). Sin embargo, la diferencia en los niveles de Pratylenchus entre las plantas sanas y plantas enfermas es más acentuado en las fincas afectadas (Gráfica 11).

Si se observa la densidad de Pratylenchus por índice, o sea, según se van desarrollando los síntomas de Mal de Viñas (Figura 8), se ve que en las fincas afectadas siempre hay un mayor número de nemátodos y que aumentan al progresar el decaimiento de la planta. Esto nos sugiere que efectivamente juegan un papel importante en el desarrollo de los síntomas que llevan a la muerte de la planta. Al observar los resultados de la densidad de Pratylenchus en fincas sanas y fincas enfermas, se ve que la diferencia es altamente significativa, o sea que hay más Pratylenchus en la fincas afectadas que en las fincas sanas (Figura 7).

De todo lo anterior se puede concluir que estos nemátodos sí tienen una influencia sobre el desarrollo del "Mal de Viñas", ya que los síntomas que produce un ataque de estos nemátodos es muy similar al que se observa para "Mal de Viñas" (Agrios, 1988). Claro está que existen otros factores que también producen síntomas similares. El efecto producido por la lesión de un nemátodo es similar a la de cualquier factor que prive a la planta de un sistema radicular apropiado (Powell, 1971). Pero al ver que es significativa la diferencia entre niveles de Pratylenchus en las

fincas sanas y afectadas, es posible pensar en una participación directa sobre el desarrollo del Mal de Viñas, quizá no como agente totalmente responsable pero como un factor de peso. Determinar si son causa o consecuencia podría ser objeto de estudios posteriores. Su control efectivo podría ayudar a contrarrestar los síntomas. No debe olvidarse que cuando se tratan enfermedades de etiología compleja, los daños fisiológicos producidos por los nemátodos al penetrar el tejido son importantes en la resistencia de la planta a ataques de otros organismos (Powell, 1971). Además, las plantas parasitadas por los nemátodos, especialmente los endoparasíticos, pierden vigor y se reduce su capacidad para soportar sequías o condiciones adversas (Christie, 1979).

Observando los resultados de la correlación entre la sombra y el número de Pratylenchus, se ve que la cantidad de sombra es significativamente mayor en las fincas sanas que en las fincas afectadas (Figura 12). La sombra, entonces, parece ser un factor muy importante para evitar el desarrollo de la enfermedad. Si esto se une a los resultados anteriores sobre la densidad de Pratylenchus, se puede pensar que al someter la planta al estrés de irradiación producido al quitarle la sombra, podría estar propiciando un ataque más severo de nemátodos.

Se trató de correlacionar la sombra con la densidad de Pratylenchus, ya que ambos por separado mostraron una asociación con la enfermedad. Los resultados del análisis estadístico indicaron que no existe una correlación estadísticamente significativa. Sin embargo, al observar la Figura 13, se ven

ciertas tendencias que considero importantes. Por ejemplo, Naranjito, que es una finca sumamente afectada de Mal de Viñas, es la que mayor densidad de Pratylenchus tiene y además es la que menos sombra posee. En el otro extremo tenemos a La Sonrisa, que es una finca no afectada por el "Mal de Viñas" que presenta la menor cantidad de Pratylenchus y la mayor cantidad de sombra. Quizá estos sean los dos extremos, pero creo que muestran información importante de tomarse en cuenta para el control de la enfermedad.

Se separó la información sobre el porcentaje de sombra para verano y para invierno, y se obtuvo que en invierno (Figura 14) la sombra no se relaciona con la densidad de Pratylenchus, ni en fincas afectadas, ni en fincas no afectadas. En el verano (Figura 15) se obtuvo un resultado significativo: en las fincas sanas, a mayor sombra hay mayor densidad de Pratylenchus y en las fincas afectadas a mayor sombra hay menor densidad de Pratylenchus. Esto nos da un indicio que en las fincas afectadas la sombra en verano protege a las plantas, evitándoles estrés hídrico y ayudando así a evitar ataques de estos nemátodos, ya que se mantiene la turgencia de las raíces y éstas están más sanas (Wallace, 1983). Para las fincas sanas, la cantidad de Pratylenchus es mayor donde hay más sombra, pero ya vimos que en estas plantas la cantidad de Pratylenchus nunca llega a los niveles que hay en las fincas afectadas. Respecto de la humedad del suelo, no existe una diferencia significativa entre las fincas afectadas y no afectadas (Figura 17). Se sabe que los nemátodos necesitan de humedad para

su desarrollo y para trasladarse de un lugar a otro (Agrios, 1988). Sin embargo al debilitarse las plantas por la falta de humedad en el suelo, éstas no desarrollan un buen sistema radicular y la planta se debilita. Esto facilita la entrada de nemátodos a la planta (Christie, 1979).

Observando los resultados de la temperatura, parece lógico pensar que ésta va a aumentar en las fincas enfermas como consecuencia de la exposición al sol que sufre la tierra por menor cobertura de sombra. Aunque el aumento es de menos de un grado en las fincas afectadas por Mal de Viñas, este aumento es altamente significativo. Se pensó que este factor podría también explicar el aumento de los Pratylenchus en estas fincas, ya que se sabe que la temperatura es un factor crítico que controla los niveles de población de nemátodos (Johnson y Motsinger, 1990), y la resistencia de las plantas al ataque de los nemátodos generalmente se reduce al aumentar las temperaturas en el suelo (Onweaga et. al. 1990). Sin embargo, los resultados de la correlación entre la temperatura del suelo y la densidad de Pratylenchus no muestran una asociación significativa. Es posible que la diferencia en temperatura registrada (más alta en fincas afectadas por el Mal de Viñas) sea aún demasiado pequeña para producir un efecto biológico.

Los resultados de la variación estacional no muestran un patrón determinado o alguna asociación entre las fincas. Parece que cada finca tiene un patrón particular de desarrollo durante el año. Esto es importante de tener en cuenta para poder atacar el problema cuando éste realmente lo amerite. En La Sonrisa nunca se

presentaron niveles que necesiten de algún control. Los Pratylenchus en Guatemala para el cultivo de café, se consideran en nivel crítico cuando tenemos un promedio de 5,000 nemátodos por 100 gramos de raíz (Hernández, 1988). En la finca El Naranjito, por otro lado, tenemos niveles elevados todo el año y muy especialmente parece haber un repunte cuando se inician la lluvias. Los Pocitos, aunque es una finca afectada, nunca presentó niveles altos de este nemátodo. En Morán sólo se encontró un nivel fuera de lo normal a principios de año, pero parece seguir un patrón estable a través del año en niveles que no llegan a ser críticos. Cerro Redondo y Palmira muestran patrones muy semejantes con variaciones al empezar la época de lluvias. San José Las Flores también muestra un repunte en la época de lluvias, pero los niveles que mantiene durante el año tampoco son preocupantes. San Agustín Las Minas tiene niveles más elevados que San José Las Flores al comienzo de la época de lluvia, pero el resto del año tampoco son muy altos sus niveles.

En general, puede decirse que la densidad de P. coffeae y la temperatura del suelo son mayores en las fincas afectadas y la cobertura de sombra es menor en estas fincas. Aunque no parece haber una correlación clara entre la densidad de P. coffeae y estos factores, se sugiere mayor investigación del conjunto y de cada uno de ellos por separado para determinar el papel que juegan en el desarrollo del Mal de Viñas.

El hecho que las densidades de P. coffeae son mayores en fincas afectadas por "Mal de Viñas", sugiere que este nemátodo es

un factor agravante en el desarrollo de la enfermedad. Se recomienda montar experimentos controlados para determinar qué niveles de Pratylenchus son capaces de producir síntomas similares a los del "Mal de Viñas". En estos experimentos podrían incorporarse otros factores bióticos y abióticos para probar si una planta de café, bajo distintos tipos de estrés, es más susceptible al ataque de nemátodos y si esta interacción es importante en el caso de "Mal de Viñas", como lo sugieren los resultados de este estudio.

## VII. LITERATURA CITADA

- Agrios, G. 1988. Fitopatología. Limusa, México D.F.
- Banco de Guatemala, 1993. Informe semanal balanza cambiaria. Banco de Guatemala, Departamento de Estadísticas Económicas Sección de Estadísticas cambiarias.
- Barker, K.R. y C.L. Campbell. 1981. Sampling nematode populations. p. 451-473 In: B.M. Zuckerman, R. Rhode, eds. Plant Parasitic Nematodes. Academic Press, New York.
- Canell, M.G.R. 1985. Physiology of the coffee crop. p. 109-134 In: M.N. Clifford and K. C. Wilson, eds. Coffee botany, biochemistry and production of beans and beverage. Croom Helm, London.
- Castaño, J.J. 1955. Muerte descendente en cafetos de toda edad en varias regiones del Cauca. Revista Cafetalera Colombiana 4245-4253.
- Christie, J. 1979. Nemátodos de los vegetales, su ecología y control. Limusa, Mexico D.F.
- Dollet, M. 1984. Plant diseases caused by flagellate protozoa (Phytomonas). Annual Review of Phytopathology 22:115-132.
- Ferris, H. 1983. Nematode damage functions: the problems of experimental and sampling error. Journal of Nematology 16:1-9.
- Fish and Wildlife Service. 1981. Estimating wildlife habitat. Biological Services Program. FWS/OBS 81/47. U.S. Department of Interior.

- Flores, M.A. 1989. Factores limitantes al cultivo del cafeto y su influencia sobre el diagnóstico del "Mal de Viñas". Primer Seminario-Taller sobre "Mal de Viñas". ANACAFE. Guatemala
- García, A. 1986. "Mal de Viñas" Diagnóstico-Proyecto de investigación. Asociación Nacional del Café. Subgerencia de Asuntos Agrícolas. Departamento de Investigaciones en café, Guatemala.
- García, A. 1989. "Mal de Viñas", Informe preliminar. Memoria Técnica . p 165-176. ANACAFE, Guatemala.
- García, A. y O. Jiménez. 1989. Estudio de suelos en fincas afectadas por el "Mal de Viñas". "Mal de Viñas", Informe preliminar. p.169-176. ANACAFE, Guatemala.
- Georgis, R. y G. Poinar. 1983. Effect of soil texture on the distribution and infectivity of Neoplectana glaseri (Nematoda: Steinernematidae). Journal of Nematology 15:329-332.
- Glazer, I. y D. Orion. 1983. Studies of anhydrobiosis of Pratylenchus thornei. Journal of Nematology 15:333-338.
- Govindarajan, T.S. y S. Subramanian. 1968. Fusarium wilt of coffee in India. Indian Coffee 32: 270-271.
- Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales. 1992. Ingreso de divisas por exportaciones. Guatemala.
- Hernández, O. 1988. Nemátodos fitoparasíticos asociados al cultivo de cafeto. Memoria Curso sobre manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en Broca del Fruto (Hypothenemus hampei). p. 81-91. PROMECAFE-ANACAFE, Guatemala.

- Hutzell, P. y L. Krusberg. 1990. Temperature and life cycle of Heterodera zaeae. Journal of Nematology 22:414-417.
- Johnson, A.W. y R.E. Mottsinger. 1990. Effect of planting date, small grain crop destruction, fallow and soil temperature on the management of Meloidogyne incognita. Journal of Nematology 22:348-355.
- Kung, S., R. Gaugler y H. Kaya. 1990. Influence of soil, pH and oxigen on persistence of Steirnerinema spp. Journal of Nematology 22:440-445.
- Le Pelley, R.H. 1968. Pests of coffee. Longmans, Green and Co. Ltd., Londres.
- Mendez, A. 1989. Informe, comentarios y sugerencias de la visita efectuada en la zona cafetalera de centro-sur oriente de Guatemala, afectada por la enfermedad "Mal de Viñas" y zona cafetalera suroccidental con problemas de clorosis similares al "Mal de Viñas". Proyecto "Mal de Viñas" ANACAFE-UVG-USAC-PROMECAFE-CATIE.
- Onwega, C.O., I.J. Thomason y P.A. Roberts. 1990. Effect of temperature on expression of resistance to Meloidogyne spp. in common bean (Phaseolus vulgaris). Journal of Nematology 22:446-451.
- Powell, N.T. 1971. Interactions of plant parasitic nematodes with other disease causing agents. p.119-135 In: B.M. Zuckerman, W.F. May y R.A. Rhode, eds. Plant Parasitic Nematodes. Academic Press, New York.

- Proyecto "Mal de Viñas". 1990. Informes semestrales. Centro de estudios agrícolas. Instituto de Investigaciones, Universidad de Valle de Guatemala.
- Quattro Pro. 1989. Borland International Inc. 1800 Green Hill Road P.O. Box 6600, Scotts Valley, CA 95066-001.
- Quirós, A. 1989. La exportación de productos no-tradicionales: un enfoque práctico. Tesis Universidad Francisco Marroquín.
- Riveiro, R. D. 1988. Caracterización, distribución, incidencia y severidad de "Mal de Viñas" o "Fiebre Amarilla del Cafeto" (Coffea arabica L.) en la zona cafetalera centro-sur oriente. Tesis Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Sayre, R. 1971. Biotic influences in soil environment. p 235-255 en Zuckerman, B.M., W.F. May y R.A. Rhode, eds. Plant Parasitic Nematodes. Academic Press, New York.
- Simmons, Ch., J.M. Tárano y J.H. Pinto. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Intituto Agropecuario Nacional. Servicio Cooperativo Inter-Americano de Agricultura. Ministerio de Agricultura. Editorial del Ministerio de Educación Pública "José de Pineda Ibarra", Guatemala.
- SPSS, 1990. SPSS/PC+ for the IBM PC/XT/AT and PS/2, Version 4, Chicago, Illinois.
- Sylvain, P. 1959. Algunos trastornos fisiológicos del cafeto. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba.
- Thorne, G. 1961. Principles of Nematology. Mc.Graw-Hill, New York.
- Valencia, G. 1978. El Paloteo del Cafeto. CENICAFE, Colombia.

- Vermeulen, H. 1963. A wilt of Coffea liberica in Surinam and its association with a flagellate Phytomonas leptovasorum. Journal of Protozoology 10:216-222.
- Vigliierchio, D. 1985. Quantitative methods in nematology. p. 91-113 In: Marbán, N. y I. Thomason, eds. Nematología Avanzada. Colegio de Post-Graduados, México D.F.
- Wallace, H.R. 1971. Abiotic influences in soil environment. p. 256-279 In: B.M. Zuckerman, W.F. May y R.A. Rhode, eds. Plant Parasitic Nematodes. Academic Press, New York.
- Wallace, H.R. 1978. The diagnosis of plant diseases of complex ethiology. Annual Review of Phytopathology 16:379-402.
- Wallace, H.R. 1983. Interactions between nematodes and other factors on plants. Journal of Nematology 15:221-226.
- Whitehead, A.G. 1960. Os nemátodos parasitas do Coffea canephora e a "Morte súbita" dos cafeeiros em Angola. Revista do Café Português 7:5-16.
- Whitehead. A. G. 1966. Nematodea. p. 407-422 In: R.H. Le Pelley. Pests of Coffee. Longmans, Green and Co., Londres.
- Willson, K.C. 1985. Mineral nutrition and fertiliser needs In: M.N. Clifford and K.C. Willson. Coffee botany, biochemistry and production of beans and beverage. Croom Helm, London.



## VIII. APENDICES

### A. DESCRIPCION DE LOS INDICES DE DEFOLIACION, CLOROSIS Y MARCHITEZ

Se ha establecido la medida de defoliación, decoloración y marchitez como factores útiles en la evaluación de las plantas, utilizando una escala de índices (Riveiro, 1988). Aunque la defoliación, la marchitez y la decoloración no son específicas de Mal de Viñas, pueden darnos una idea del patrón de desarrollo de la enfermedad en las plantas donde realmente se presente y son a la fecha parámetros cuantificables que describen el estado de la planta.

#### INDICE

#### DESCRIPCION

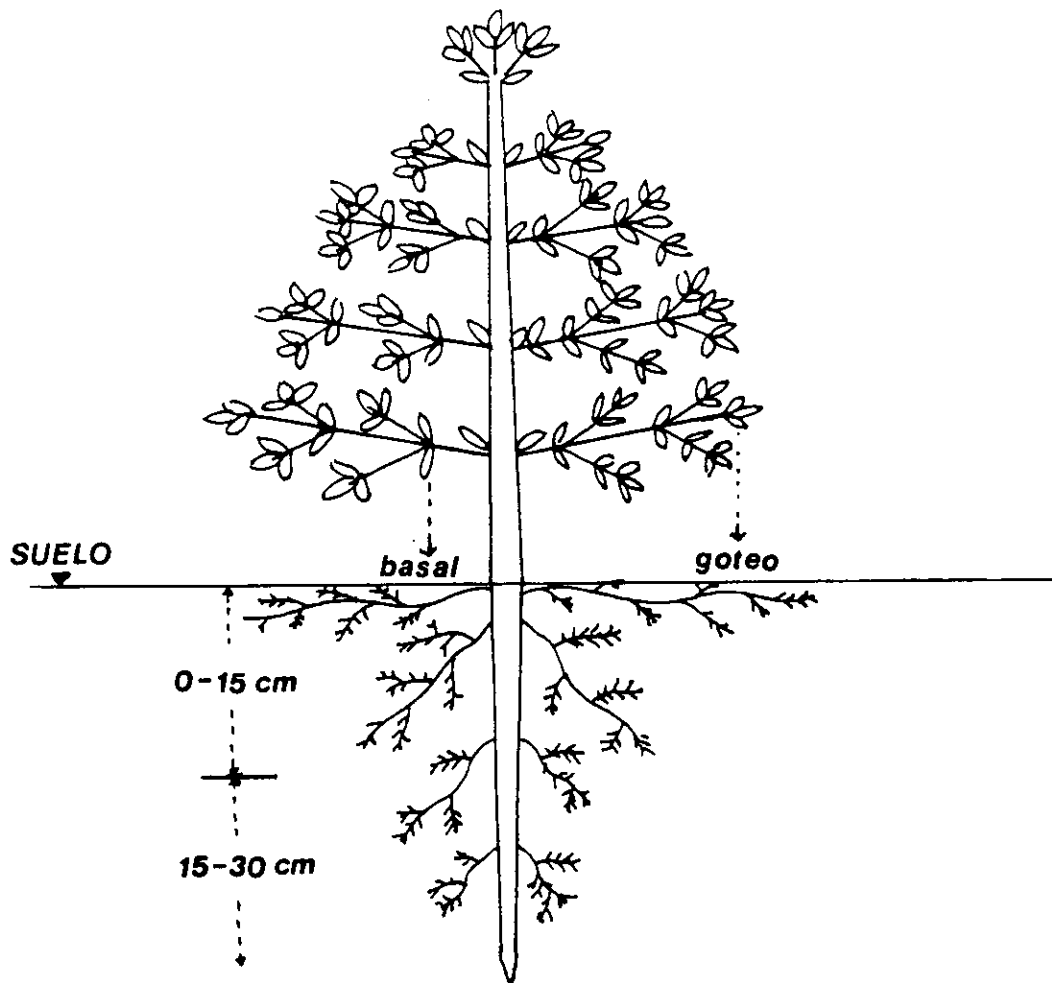
- 
- |   |                                                                                                                                                                       |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | Planta aparentemente sana. Follaje completo con dos hojas en cada nodo, sin trastornos de coloración, tamaño o forma, sin marchitez y sin flacidez.                   |
| 2 | La planta muestra una mínima pérdida de hojas, la cual no llega a 1/3 del follaje total de la planta. La flacidez, marchitez y trastornos de coloración son posibles. |

## INDICE

## DESCRIPCION

- 
- 4 Evidente defoliación en por lo menos 1/3 de la planta, marchitez y/o cambios en coloración presentes en por lo menos 2/3 de la planta.
- 6 Evidente defoliación en por lo menos 2/3 de la planta, marchitez y decoloración generalizada, muchas veces las bandolas muestran enegrecimiento apical.
- 7 Defoliación casi total, mayor a 2/3 de la planta, pocas hojas apicales, muchas bandolas totalmente defoliadas y muertas, pero el tallo principal de la planta aún vivo (verde al raspar).
- 8 La planta está muerta. Se recomienda hacer un pequeño raspado en la base del tallo principal, para asegurarse de la ausencia total de tejido vivo.

## B. ESQUEMA DE TOMA DE MUESTRAS DEL SUELO PARA CONTEO DE NEMATODOS





D. HOJA DE REGISTRO PARA MUESTREO DE NEMATODOS

**CONTEO DE NEMATODOS**  
(Por cada 50 cc de suelo o 10 g de raíz)

FINCA: \_\_\_\_\_  
 FECHA MUESTREO: \_\_\_\_\_  
 pH DE SUELO: \_\_\_\_\_

FECHA ANALISIS: \_\_\_\_\_  
 MUESTRA: SUELO o RAIZ \_\_\_\_\_  
 VARIEDAD: \_\_\_\_\_  
 PRECIPITACION: \_\_\_\_\_

MUESTRA	TOTAL	PARASI- TICOS	NO PARA- SITICOS	PARASITICOS		GENEROS			
				ADULTOS	LARVAS	P R A T	P A R A	C R I C	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

**CLAVE:**

(PRAT) ylenchus  
 (PARA) ylenchus  
 (CRIC) onemoides