



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LA PUDRICIÓN TEXANA
Phymatotrichopsis omnivora (Duggar) Hennebert. EN NOGAL
PECANERO *Carya illinoensis* Koch, EN LA COMARCA LAGUNERA

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO

DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

PRESENTA:

JOSÉ FRANCISCO BASALDÚA SUÁREZ

Chapingo, Estado de México Junio 2002

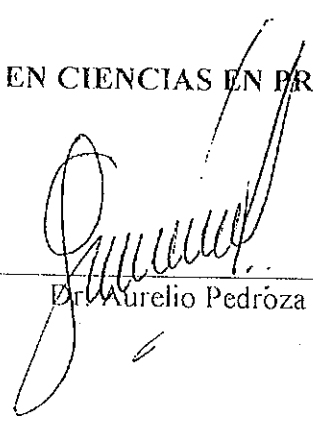


DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LA PUDRICIÓN TEXANA
Phymatotrichopsis omnivora (Duggar) Hennebert. EN NOGAL PECANERO *Carya*
illinoensis Koch. EN LA COMARCA LAGUNERA

Tesis realizada por José Francisco Basaldúa Suárez bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:

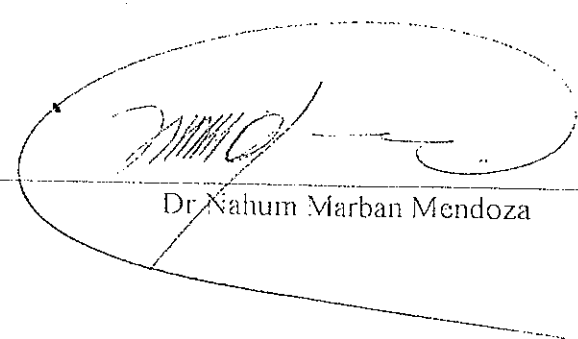


Dr. Aurelio Pedróza Sandoval

ASESOR: José A. Samaniego Gaxiola.

Dr. José Alfredo Samaniego Gaxiola

ASESOR:

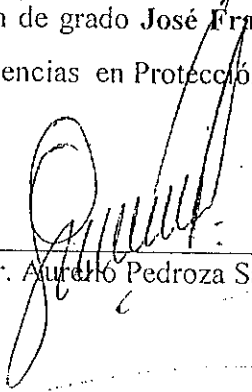


Dr. Nahum Marban Mendoza

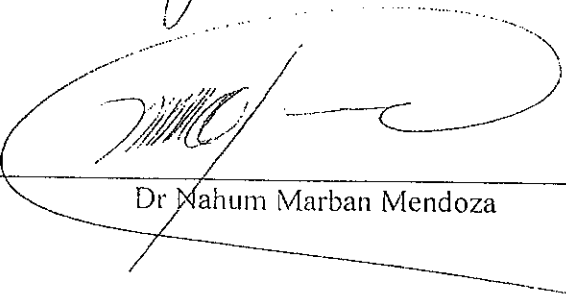
DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LA PUDRICIÓN TEXANA
Phymatotrichopsis omnivora (Duggar) Hennebert. EN NOGAL PECANERO *Carya*
illinoensis Koch. EN LA COMARCA LAGUNERA

El jurado que revisó el examen de grado José Francisco Basaldúa Suárez autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

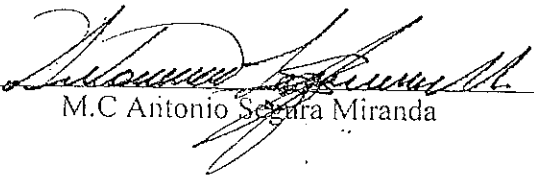
PRESIDENTE: _____


Dr. Aurelio Pedroza Sandoval

ASESOR: _____


Dr. Nahum Marban Mendoza

ASESOR: _____


M.C. Antonio Segura Miranda

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo que a través del Departamento de Parasitología Agrícola me permitió obtener el grado de Maestro en Ciencias

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo en el transcurso de los estudios de posgrado

A los profesores de posgrado en Protección Vegetal por la orientación en la fitosanidad

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Forestales y Pecuarias campo experimental La Laguna, por la oportunidad de trabajar con ellos en la presente tesis

Al comité asesor por la confianza, orientación y tiempo que me brindaron

A las personas que a través de mi vida me han brindado su amistad, espero mostrarles mi agradecimiento y respeto no en este documento si no a lo largo del tiempo que podamos compartir

Fco. Basaldúa S.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor del presente trabajo, originario del estado de Querétano curso sus estudios de Técnico Agropecuario en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 115, en Colon Qro.. Posteriormente ingresa a la Universidad Autónoma Chapingo cursando la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas Agrícolas de Zonas Áridas, en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) en Bermejillo Durango. El desempeño laboral lo realizo para la Fundación Queretana para el Desarrollo Rural del año 1999 al 2000, en este ultimo año ingresa al Posgrado de Protección Vegetal en el departamento de Parastología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo

CONTENIDO

INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	ix
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del cultivo de nogal	4
2.2 Clasificación taxonómica	5
2.3 Principales características botánicas del nogal	5
2.3.5 Periodo vegetativo	8
2.4 Pudrición texana <i>Phymatotrichopsis omnivora</i>	9
2.4.1 Importancia de la enfermedad	9
2.4.2 Síntomas	9
2.4.3 Ecología de hongo	10
2.4.4 Fisiología relacionada con <i>Phymatotrichopsis omnivora</i>	13
2.4.5 Control	15

3.5 Importancia de la epidemiología en la agricultura	15
2.6 Importancia de la medición de las enfermedades radicales	17
2.7 Análisis temporal de las epidemias	18
2.7.1 Modelos de progreso de la enfermedad	21
2.7.1.1 Modelo exponencial	21
2.7.1.2 Modelo monomolecular	22
2.7.1.3 Modelo logístico	23
2.7.1.4 Modelo Gompertz	25
2.7.2 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad	26
2.8 Análisis espacial de las epidemias	27
2.8.1 Gradientes de dispersión del patógeno o de la enfermedad	27
3.8.2 Patrones Espaciales	29
2.8.3 Distribución de Frecuencias	31
2.8.4 Índices de dispersión	31
3.9 Los sistemas de información geográfica como herramienta en el análisis epidémico	34
2.9.1 Beneficios de los Sistemas de Información Geográfica	35
2.9.2 Los Sistemas de Información Geográficas y otros sistemas de información	37
III MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1 Ubicación del área de estudio	39

3.2 Evaluación en campo	41
3.3 Parámetros y variables de estudio	41
3.4 Análisis temporal	42
3.5 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad	45
3.6 Análisis espacial	46
3.7 Análisis con sistemas de información geográfica (SIG)	47
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 Análisis temporal	48
4.1.1 Incidencia	48
4.1.2 Severidad	51
4.1.3 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad	52
4.2 Análisis espacial	53
4.3 Geomapas del comportamiento temporal y espacial de <i>P. omnivora</i> en la	53
huerta “El Hormiguero” Comarca Lagunera	
V CONCLUSIONES	62
VI LITERATURA CITADA	64
VII ANEXO	72

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Parámetros obtenidos con el modelo logístico en el avance de Pudrición texana (incidencia) de 1999 a 2001.	50
Cuadro 2.- Agregación de <i>Phymatotrichopsis omnivora</i> en nogal pecanero de 1999 a 2001 relación varianza/media (S^2/ M) en ocho parcelas de la huerta “El Hormiguero” en Matamoros Coahuila.	54
Cuadro 3.- Agregación de <i>Phymatotrichopsis omnivora</i> en nogal pecanero de 1999 a 2001 Índice de Morisita en ocho parcelas de la huerta “El Hormiguero” en Matamoros Coahuila	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Participación de los principales estados productores de nogal en México en 1994	4
Figura 2.- Comportamiento del avance de la enfermedad en el modelo exponencial	22
Figura 3.- Comportamiento del avance de la enfermedad en el modelo Monomolecular.	23
Figura 4.- Comportamiento del avance de la enfermedad en el modelo logístico	24
Figura 5.- Comportamiento del avance de la enfermedad en el modelo Gompertz	25
Figura 6.- Diferentes patrones de distribución; en el inciso a) se puede observar un patrón de distribución regular, aleatorio y un agregado, pero en los casos como el inciso b) donde la distribución es confusa es necesario el utilizar un análisis mas profundo para definir el patrón de distribución en campo.	30
Figura 7.- Ubicación de la Comarca Lagunera en México (a) y huerta “El Hormiguero” en la región (b)	40
Figura 8.- Incidencia (%) de Pudrición texana en ocho parcelas de cultivo de la huerta “El Hormiguero” de 1999 a 2001 Matamoros Coahuila.	49

Figura 9 - Comparación de medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad, (Tukey $\alpha = 0.05$) en ocho parcelas de nogal dañado por Pudrición texana, en Matamoros Coahuila. 52

Figura 10 .- Proceso de toda la información con los diferentes programas de computo. 57

Figura 11.- Situación de la Pudrición texana, en ocho parcelas de la huerta “El Hormiguero” Matamoros Coahuila, para el año 1999. 58

Figura 12.- Situación de la Pudrición texana, en ocho parcelas de la huerta “El Hormiguero” Matamoros Coahuila, para el año 2000. 59

Figura 13.- Situación de la Pudrición texana, en ocho parcelas de la huerta “El Hormiguero” Matamoros Coahuila, para el año 2001. 60

Figura 14.- Cambios registrados de la Pudrición texana, en ocho parcelas de la huerta “El Hormiguero” Matamoros Coahuila, de 1999 a 2001. 61

RESUMEN

Durante 1999 a 2001 se analizó espacial y temporalmente a la Pudrición texana *Phymatotrichopsis omnivora* atacando a nogal pecanero en la Comarca Lagunera, con el objetivo de observar el comportamiento epidemiológico y analizarlo con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para observar los cambios de la enfermedad. El trabajo se desarrolló en ocho parcelas, la edad de las plantas vario de 10, 12, y 30 años de plantación. Se registró la incidencia y severidad para todo el periodo según la escala de Bloss *et al.* En el análisis epidemiológico se utilizaron los modelos mas comunes, además se hizo el análisis de área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCDE) para analizar la enfermedad temporalmente, para la dinámica espacial se utilizaron índices de agregación. El análisis SIG se realizó con los programas Autocad, Arcview, Arcad®. Encontrando que la incidencia de Pudrición texana tuvo registros > a 50 % en el caso de dos parcelas, para los tres años, estas mismas parcelas registran tasas relativas de avance de la enfermedad (incidencia) negativas (-0.121, - 0.070) éstas son las que cuentan con mayor edad, a mayor edad de árbol se registró menor aumento en la incidencia a través del tiempo. En el ABCDE se encontró que severidades elevadas se registran en parcelas con árboles de menor edad >10 % a diferencia de otras parcelas donde los índices promedios ABCDE son < a 5 %. En el análisis espacial se encontró, que la enfermedad se encuentra en patrones muy agregados > a 2.0 y que a través del tiempo éste agregamiento es mayor. El análisis con SIG permitió obtener información

rápida y precisa acerca de la situación de la Pudrición texana en cada una de las plantas y en todos los periodos analizados.

Palabras clave; Epidemiología, Sistemas de Información Geográfica.

ABSTRACT

From 1999 to 2001, Texan root rot *Phymatotrichopsis omnivora* was analyzed in pecan at "Comarca Lagunera". The purpose this research was to observe the epidemiological dynamics and analyzed using Geographical Information Systems (GIS) the changes in the disease dynamics. This research was development in eight experimental plots. The age of plant were 10, 12 and 30 years old. The incidence and intensity degree for all period was registred. Epidemiological models were utilized and area under the disease progress curve (AUDPC) was done for the temporal analysis of the disease. For the spatial analysis used aggregation index. The analysis with GIS was done with Autocad, Arview and Arcad®. Results showed that the incidence of disease were > 50% in two experimental plots during three years, these experimental plots recorded relative rates in which the disease decreased (-0.121, -0.070) these experimental plots are the oldest of all. Results show that the oldest trees had the most incidence. with analysis AUDPC we found that in experimental plots with the younger trees the severity was > 10 %, in contrast others experimental plots the severity were < 5%. The spatial analysis with GIS give us information fast and real of the actual situation of the root rot in whole plants and during the period analyzed

Keywords: Epidemiology, Geographical Information Systems

I INTRODUCCIÓN

La producción de nuez es prácticamente una actividad de la región norte del país concentrándose en Chihuahua, Sonora, Nuevo León, Coahuila y Durango los cuales contribuyen con el 95 % de áreas sembradas y el 90 % de la producción (Anónimo, 1999). El combate de plagas representa el 15 % del costo del cultivo y se realiza básicamente con plaguicidas lo que ha ocasionado aumento en costos, resistencia a insecticidas, resurgencia de plagas, destrucción de insectos benéficos y contaminación ambiental (Salas, 1997). Debido a la importancia que el cultivo de nogal representa, es necesario el tomar en cuenta los aspectos fitosanitarios principales para evitar pérdidas por estos problemas.

Una de las principales enfermedades de nogal es la Pudrición texana, causada por el hongo *Phymatotrichopsis omnivora* (Duggar) Hennebert. Éste hongo tiene un amplio rango de hospedantes que se extiende a mas de 2000 plantas silvestres y cultivadas, entre las que destacan el algodón, alfalfa, durazno, nogal, mango, vid, yuca y soya. La distribución de la enfermedad está limitada por la temperatura y el pH del suelo, ya que no sobrevive en temperaturas bajo cero ni se desarrolla en suelos francamente ácidos. Geográficamente se halla confinada al suroeste de los Estados Unidos (Hasta Oklahoma) y México (Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Aguascalientes, Guanajuato, México, y Morelos (Bell, 1989., Anónimo, 1985).

La Pudrición texana es una enfermedad que destruye las raíces de la planta, de manera que los árboles de los nogales enfermos tienen menor crecimiento, reducen

rendimiento, pueden morir o transmitir la enfermedad a árboles contiguos sanos. El porcentaje de nogales afectados en la Región Lagunera se estima en 10 %, equivalente a unos 30 000 árboles (Agrios 1998., Anónimo, 1985., Samaniego *et al.* 1998). El análisis de la enfermedad a través del tiempo y el espacio así como los factores que inducen a su variación es escaso. Se ha observado por ejemplo, que el tiempo en que la enfermedad puede alcanzar su mayor grado de severidad es variable; en algunas ocasiones la muerte se puede presentar hasta en dos años y en algunos otros se llegan a recuperar los árboles después de un tratamiento en cinco o seis años o pueden morirse en este tiempo. Este comportamiento atípico de la enfermedad repercute en la dificultad de diseñar una estrategia estandarizada para el mejor control de la enfermedad a nivel regional.

Por lo anteriormente expuesto, es que se diseñó el presente estudio con los siguientes:

1.1 Objetivos:

1. Realizar el análisis temporal y espacial del comportamiento de la enfermedad causada por *Phymatotrichopsis omnivora* en nogal pecanero.
2. En base al análisis epidemiológico de la pudrición texana y con apoyo de Sistemas de Información Geográfica realizar recomendaciones como base para estrategias de manejo a nivel regional

Estos objetivos se basan en las siguientes:

1.2 Hipótesis:

1. La dinámica temporal y espacial de la Pudrición texana en nogal pecanero puede ser explicada de acuerdo a los modelos epidemiológicos principales y con técnicas para determinar la agregación espacial de la enfermedad.
2. Los Sistemas de Información Geográfica pueden ser una herramienta útil para el manejo de la información de la pudrición texana a través del tiempo y el espacio.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de nogal

Los nogales pertenecen a la familia Juglandaceae, en ésta se incluye al nogal pecanero *Carya illinoensis*, Koch (Brinson, 1976) originario de América del norte en la franja de Coahuila y Chihuahua en México; Así como el sureste de los Estados Unidos destacando los estados de Loussiana, Alabama, Texas, Missisipi y el principal estado productor, Georgia. Estados Unidos se ubica como el primer país productor del mundo con el 80% del total, seguido por México con el 15% mientras que el restante 5 % se distribuye entre Australia e Israel (Anónimo, 1995).

La actividad productiva de la nuez en México es en 19 estados del país, sin embargo la franja noreste, que incluye a las entidades de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León y Durango, contribuyen con cerca del 95 % (Figura 1) de la superficie sembrada y cosechada, lo que señala el carácter regional de este cultivo.

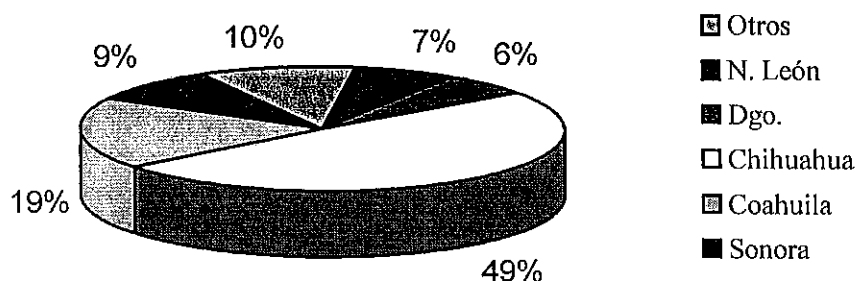


Figura 1.- Participación de los principales estados productores de nogal en México en 1994 (Anónimo, 1995)

2.2 Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
División	Embriófitas
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Juglandales
Familia	Juglandaceae
Genero	<i>Carya</i>
Especie	<i>illinoensis</i> Koch.

(Brinson, 1976)

2.3 Principales características botánicas del nogal

2.3.1 Raíces

El nogal es una planta dicotiledónea, de raíz pivotante muy desarrollada donde el primer órgano que aparece cuando ésta se pone a germinar es la radícula del embrión (Anónimo, 1975). El crecimiento forma la raíz principal la cual alcanza comúnmente de 15 a 20 cm de largo antes de que otro crecimiento del embrión llegue a ser visible, y una planta de nogal de un año de edad, proveniente de semilla, tendrá una raíz principal de 0.90 a 1.20 m de longitud, mientras que en la parte aérea del tallo tendrá solo de 20 a 30 cm. La profundidad final que alcanza la raíz principal está determinada por la edad del árbol, pero también por las condiciones físicas y la posible presencia de materiales

tóxicos en el suelo. El proceso normal de crecimiento, tanto la radícula como posteriormente la porción terminal en crecimiento de la raíz principal dan lugar a la formación de ramificaciones radicales laterales, que nacen del tejido del periciclo, estas ramificaciones tienden a crecer hacia fuera en una dirección generalmente horizontal, pueden inclinarse ligeramente hacia abajo por algún tiempo, pero luego vuelven a dirigirse hacia arriba. Las raíces laterales de primer orden son las que nacen de la radícula o de la raíz principal, y éstas a su vez dan nacimiento a las raíces laterales de segundo orden este proceso continua una y otra vez en sus ciclos de crecimiento anual, hasta que finalmente ocupan un área mucho mayor que la que cubre la extensión de las ramas del árbol (Brinson, 1976).

2.3.2 Tallo

El tallo es un tronco corto y robusto en relación con la altura del que parten gruesas ramas de crecimiento, algunas veces simpódico y otras veces policotómico, que forma una copa amplia y redonda, la corteza es gruesa y agrietada vertical y desordenadamente, coloreada de gris oscuro en las ramas y en los troncos gruesos (Anónimo, 1975). Al final del primer periodo de crecimiento puede alcanzar de 20 a 30 cm de altura, con una yema terminal y varios grupos de yemas laterales en los nudos, separados por entrenudos. Si el crecimiento de este tallo original sigue siendo dominante durante toda la vida del árbol, tiende a formar en líder central con las ramas que de él nacen, forma el esqueleto del árbol. Otros hábitos de ramificación dan lugar a todos los modelos de formas, desde el de líder central hasta el crecimiento extendido (Brinson, 1976).

2.3.3 Hoja

El nogal es una árbol decíduo; sus hojas forman una zona de abscisión natural al final de cada período de crecimiento y se desprenden. Los tallos inicialmente formados en la germinación de la semilla tienen solo hojas simples, pero mas tarde todas las hojas son compuestas, consistiendo en un eje central y de 11 a 15 o mas foliolos (Brinson, 1976). Las hojas son alternas e imparimpinadas, ovales y pecioladas con bordes semiaserrados con una longitud de 10 a 17 cm, pubescentes cuando son jóvenes y glabras en la madurez excepto en las nervaduras (Anónimo , 1975).

2.3.4 Flor y Fruto

Es una planta monóica donde existen diferencias de una y otra flor del mismo pie; primero pueden madurar las flores masculinas, que están situadas en la parte media de las ramas florales y después las flores femeninas situadas en las terminales de las mismas, o bien a la inversa. (Anónimo, 1976). Las flores son unisexuales, apétaladas; las masculinas son de color verdoso, con inflorescencia en amento colgante de seis a ocho cm de longitud, axilares que nacen de la madera de un año de edad; los estambres son indefinidos de cuatro a seis, en cada flor, las flores femeninas se presentan en inflorescencia de espiga en el ápice de cada rama floral, pistiladas con un involucre de cuatro brácteas y estigma bifido, y se originan en el crecimiento anual (Anónimo, 1976).

Los frutos están agrupados de uno a cuatro sobre un pedúnculo corto uno constituye una drupa dehiscente (Brinson, 1976). La cubierta carnosa (ruezno) o sea el

epicarpio y mesocarpio al principio se seca y se abre en cuatro valvas para dar salida al endocarpio leñoso que encierra a la semilla o almendra, reducida aun embrión con dos cotiledones, que son la parte comestible de la nuez (Anónimo, 1976).

2.3.5 Periodo vegetativo

El nogal es un árbol de hojas caedizas, que empieza a brotar a principios de primavera y suspende su actividad a fines de otoño, por lo que lo perjudican las heladas tardías en primavera y las tempranas en otoño; aun antes de que se presente la primera helada del otoño, el árbol comienza a suspender su actividad, y cuando la helada se presenta, el árbol se encuentra inactivo.

El árbol del nogal, para su óptima producción, requiere un periodo de descanso en el invierno; para esto necesita bajas temperaturas de 5 a 10 ° C, por un periodo de 45 a 60 días dependiendo de las variedades.

Con excepción de algunas variedades de cosecha temprana, el nogal necesitan un periodo vegetativo superior de seis meses, que fluctuará de acuerdo con la variedad y región que se trate de 180 a 240 días, periodos vegetativos superiores a 240 días no son muy convenientes (Brinson, 1976).

2.4 Pudrición texana *Phymatotrichopsis omnivora*

2.4.1 Importancia de la enfermedad

La pudrición texana producida por *P. omnivora* cuenta con más de 2 000 plantas hospedantes principalmente dicotiledoneas. Geográficamente se encuentra confinada al suroeste de los Estados Unidos y México (Romero, 1993). En los estados donde se han hecho mayor cantidad de reportes sobre la presencia de pudrición texana es en el norte del país, en zonas áridas principalmente en estados como Tamaulipas, Nuevo León, Durango, Baja California,, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato, Guerrero Michoacán, Hidalgo (Herrera, 1981). La enfermedad es considerada como una amenaza para los cultivos anuales y para el establecimiento y mantenimiento de frutales, debido a que las pérdidas causadas por este patógeno son considerables (Perches, 1969). Algunos autores (Herrera 1981., Perches y López 1970., Valle, 1976) reportan que en 1980 el 96 % de los huertos de nogal se encontraban afectados en mayor ó menos grado por la enfermedad y que los huertos de nogal más afectados eran los que tenían una edad de cinco a trece años. En la Comarca Lagunera (Coahuila y Durango) se estima que la afectación llega a ser del 10 % de árboles (Samaniego y Herrera, 1998).

2.4.2 Síntomas

La pudrición texana al principio consiste en un amarillamiento y bronceado de las hojas, que después se marchitan, se secan y quedan adheridas a las plantas, la corteza y el cambium se empardecen y propician el desarrollo de una pudrición café y firme en la

raíz y en la parte inferior del tallo, la superficie de las raíces podridas comúnmente se cubre parcialmente con filamentos paralelos, gruesos y de color café del micelio del hongo (Agrios, 1998). *Phymatotrichopsis* se distingue de otro hongos por las características siguientes: cordones miceliales o rizomorfos de color café, compuestos por hifas fuertemente entrelazadas y cubiertos por ramas cruciformes con terminales aciculares; esclerocios de color café oscuro y forma irregular.

2.4.3 Ecología de hongo

El inóculo primario son los esclerocios y los rizomorfos que sobreviven en las raíces de plantas perennes (Percy, 1983, Samaniego et al. 2001). En suelos donde el pH es de 5 o más ácido el hongo prácticamente no se encuentra (Medina 1984, Galvan 1986). La temperatura mayor de 40 ° C induce la muerte de los esclerocios, y masas de esporas, lo mismo ocurre cuando el suelo alcanza temperaturas cercanas a los 0°C (Medina 1984). Para el caso de las humedades extremas cercanas a -40 bares o inundación inducen que el hongo muera (Samaniego, 1994).

P. omnivora crece en el suelo con micelio de aspecto filamentosos compuesto por hifas entrecruzadas por filamentos finos y pequeños, los cuales rodean y se ponen en contacto con las raíces, los filamentos sirven como conductores, para translocar nutrientes de la raíz del hospedante, los propágulos de sobrevivencia del hongo son llamados esclerocios que son unidades multicelulares (Lyda, 1894). Los esclerocios son variables en forma y tamaño, generalmente tienen la forma de los espacios libres del suelo ya que se forman en estos lugares de éste, generalmente hay mas libertad para la

formación de esclerocios en suelos con textura gruesa que en aquellos con textura fina; los esclerocios pueden llegar a tener el tamaño de pequeñas semillas de alfalfa (Lyda, 1984).

Cuando las condiciones ambientales son favorables los esclerocios germinan dando origen a nuevo micelio filamentoso, estos contienen gran cantidad de reservas (glucosa) contenidos en ellos (aproximadamente el 38 % en base a peso seco) esta fuente de energía le permite al hongo crecer en el suelo hasta alcanzar raíces susceptibles (Agrios, 1998). Ocasionalmente el hongo tiene crecimientos en la superficie del suelo como una pequeña plancha o cama micelial con esporas, las cuales son llamadas esporas en círculo o ruedo; la función de éstas en el ciclo de vida del hongo no es muy conocido (Lyda 1984).

Rodgers (citado por Lyda en 1984) menciona que la distribución de esclerocios entre los 30 y 90 cm se concentra del 70 al 90 % de esclerocios totales. Este estudio fue realizado en un lugar donde no hay prácticamente disturbios por prácticas de los agricultores. *P. omnivora* es muy tolerante a la presencia alta de CO₂, por ejemplo muchos de los hongos son inhibidos en niveles de 1 a 2 % de CO₂ recordando que en la atmósfera se encuentra normalmente 0.03 % de este gas y el hongo sobrevive en condiciones donde el aire contiene 5% de CO₂ (Lyda 1984).

En el año de 1974 se propuso que el contenido de sodio de suelos arcillosos afectan el crecimiento y sobrevivencia de *P. omnivora* (Ergle, 1947) y se demostró en

laboratorio que diferentes niveles de sodio si tienen influencia de la formación de esclerocios

En un estudio realizado en la Comarca Lagunera sobre la influencia de las características del suelo y manejo de las huertas con la dinámica de la enfermedad se encontró que en huertas con siete o mas riegos hay una tendencia a disminuir la enfermedad en contraste con áreas de menos riegos. (Samaniego *et al.* 2001) En algunos trabajos mencionan que un optimo de siete riegos inducen el mejor desarrollo y producción del cultivo de nogal, ya que menor cantidad de riegos pueden inducen tensión al cultivo, lo que puede causar menor capacidad de respuesta al hongo, por estrés en raíces y por lo tanto menor crecimiento de raíces en nogales (Koch *et al.* 1987., Stein *et al.* 1997).

Samaniego *et al.* (2001) agrega que los riegos aplicados al nogal podrían ser favorables para el hongo *Phymatotrichopsis* o afectar la capacidad que tiene para atacar raíces del nogal al inducir baja tensión de CO₂ y temporalmente formar un ambiente anaerobio. Riegos frecuentes podrían inducir un cese temporal del crecimiento de las raíces por efecto de bajas tensiones de oxigeno lo que favorecería de manera una disminución del hongo; la inhibición del crecimiento de raíces de nogal por efectos de inundación (Lyda y Burnett, 1971).

El magnesio en el suelo se asocia con áreas o sitios con baja incidencia de Pudrición texana en algodón y nogal (Lyda 1978., Streets y Bloss 1973). Y se plantea que este elemento beneficia y permite tolerar al hongo (Bell, 1989).

En cuanto a las concentraciones de carbonatos se ha asociado a baja incidencia de *P. texana* (Smith and Hallmark, 1987) Samaniego *et al* (2001). En la Comarca Lagunera no encontraron esta relación pues en todos los lugares que se estudiaron se tienen valores altos de carbonatos solubles y la presencia de la enfermedad no disminuyo.

2.4.4 Fisiología relacionada con *Phymatotrichopsis omnivora*

Los cordones miceliales del hongo entran en contacto con las raíces de plantas susceptibles por contacto de raíces enfermas con sanas, las envuelven de las márgenes del cordón micelial se desarrollan filamentos, los cuales penetran la epidermis de la raíz (Stress y Bloss 1973). Una vez en contacto con la raíz la penetración el avance del hongo en el tejido cortical y parenquimatoso hasta alcanzar el sistema vascular puede estar favorecido por una serie de enzimas hidrolíticas como la poligalacturonasa (PG), liasa de pectato (LP), celulasa, (Bernfeld 1955., French 1969). En cultivo in vitro el hongo produce por lo menos dos enzimas pectinasas cuyos pH óptimos son 5 y 7.5 (Black, 1969).

En la relación hospedante-patógeno se ha detectado la presencia de la enzima (PG) en la zona inoculada después de cinco días de la inoculación 24.01 unidades arbitrarias (U.A) mas que el testigo mientras que la máxima actividad de la LP se encontró 15 días después de la inoculación justamente con el inicio de la aparición de síntomas lo cual indica que estas enzimas pueden favorecer la penetración y destrucción del tejido cortical (Castrejón, 1983).

La marchitez de plantas de algodón inoculadas con *P. omnivora* fueron reversibles hasta cierto limite, lo que indicaría que este síntoma es debido a un fenómeno físico (obstrucción del xilema) más que un efecto químico (liberación de toxinas) en estudios histopatológicos se ha visto que al inicio de síntomas se encuentran 23.11 % de vasos tapados a diferencia de un 86.6 % de taponamiento al momento de la muerte de la planta (Castrejón, 1983).

La enzima amilasa se ve afectada tanto la α y β amilasa (Bernfeld, 1955). En el caso de nogal se ha visto que las células infectadas por el hongo el almidón desaparece rápidamente lo cual indican favorecer la disponibilidad de azúcares simples como la maltosa y glucosa que el hongo aprovecharía como fuente de energía.

Phymatotrichopsis omnivora libera etileno en condiciones in vitro (Hill y Lyda, 1976) lo cual actúa como fitorregulador, que por lo tanto este altera considerablemente el metabolismo de la planta (Abeles 1973., Hill y Lyda, 1976) por otra parte, las plantas sometidas sequía liberan etileno (Abeles, 1973) y tomando en cuenta el tipo de síntomas de las plantas enfermas podría inferirse que la liberación del gas sea una respuesta de la planta marchita (Abeles, 1973).

A nivel de hoja se ha encontrado cambios en la permeabilidad de la membrana celular esto en plantas de algodón inoculado con *P. omnivora* 20 días después de la inoculación (Castrejón, 1983). La transpiración se vio afectada incrementándose considerablemente, además de resistencia al flujo de la agua en xilema y disminución de los potenciales del agua y esto se ha hecho mas notable en la aparición de síntomas en la planta (Olsen *et al.* 1981, Castrejon, 1983).

Se han logrado aislar esclerocios de *P. omnivora* al final del ciclo parasítico y que el CO₂ juega un papel importante ya que al inicio de su formación se ha observado una elevación del CO₂ en el medio e inmediatamente después una declinación de CO₂ (Lyda y Burnett 1971).

En un estudio se utilizó medio de cultivo enriquecido con carbón activado, el cual libera CO₂ e inoculado con *P. omnivora* éste, después de 30 días de incubación formó 5.023 g. de esclerocios 900 ml⁻¹ de suelo (Castrejón, 1984).

2.4.5 Control

Uno de los tratamientos que inicialmente se usó para el control de la pudrición texana fue sulfato o fosfato de amonio solo o este último combinado con azufre, que permite la recuperación de árboles con ataque fuerte por el hongo (Smith y Hallmar, 1987). La poda de árboles con síntomas fuertes o severos permite un balance de la parte aérea del árbol y su sistema radical, además ayuda al árbol a recuperar sus ramas productoras, la aplicación de fungicidas sistémicos también es una práctica que se realiza por ejemplo el producto comercial Tilt (Anónimo 1985., Valle 1976).

3.5 Importancia de la epidemiología en la agricultura

La inminente inserción al mercado del libre comercio inicialmente con Estados Unidos y Canadá y posiblemente después con el resto de los países de América,

ampliaran la oferta de productos alimenticios en un contexto donde la calidad de los mismos será determinante en su capacidad competitivamente. México requiere fundamentos su técnica productiva en correspondencia a los países con los cuales compite y que, como es el dominio general, son países de alta tecnología. En estos países por ejemplo, la simulación y predicción de enfermedades basadas en sistemas computarizados son herramientas comunes en la investigación y manejo para el control eficiente de los problemas fitosanitarios. Por lo cual México debe avanzar más en este sentido (Pedroza, 1998).

La epidemiología ciencia que estudia las poblaciones de patógenos en las plantas hospedantes y el resultado bajo la influencia del ambiente y la interferencia humana, las epidemias son complejas envolviendo a numerosas factores como se da en los sistemas ecológicos (Kranz, 1990).

Desde el punto de vista epidémico, el patógeno es la causa primaria de las enfermedades pero ésta dependerá de la existencia de un hospedante susceptible y ambos componentes pueden existir, pero si no hay condiciones del medio favorables, la enfermedad no se desarrolla. Significa que el ambiente es el detonante de la epidemia, a través de mecanismos de inducción en la patogenicidad del patógeno y predisposición a la enfermedad en el hospedante (Pedroza, 1998).

En una primera fase los experimentos de epidemiología son conducidos en el campo, cada una de las variables necesarias del experimento son medidas y posteriormente realizar el análisis. Existen variables medibles como patógeno,

hospedante ambiente y la interferencia humana, además la importancia y relevancia en la interacción de factores externos debe ser tomada en cuenta y medida en experimentos de campo y laboratorio como es el caso de experimentos ecológicos y metereológicos (Hau y Kranz 1990).

Para los estudios de epidemiología (enfermedades de las plantas) en las poblaciones o comunidades y se requieren el uso de matemáticas y modelación para analizar, describir, caracterizar y finalmente dirigir los resultados de la investigación a la protección de cultivos (Kranz, 1990).

Un modelo es una abstracción del mundo real, una simple aproximación a la realidad (o parte de esta) pero por si mismo no es una media o una réplica, un modelo raramente abarca todos los aspectos por completo (Kranz, 1990).

2.6 Importancia de la medición de las enfermedades radicales

Las enfermedades de las raíces son económicamente importantes en muchas partes del mundo, muchas de ellas pasan inadvertidas si no se conocen por completo confundiéndose con otro tipo de estrés en las plantas. El estudio epidemiológico de las enfermedades de la raíz es lento en una etapa temprana de desarrollo comparado con enfermedades foliares (Campbell, 1990).

Los modelos de epidemias de enfermedades radicales dependen del cuidado y apreciación del inóculo inicial. Numerosas técnicas han sido desarrolladas para este

propósito, algunas involucran directamente al conteo y tamaño de propágulos extraídos de el suelo, por tamizado flotación o centrifugación diferencial; otros dependen del conteo de colonias. En muchos de estos métodos se debe poner cuidado al realizar el muestreo, por que en las enfermedades radicales comúnmente ocurre que el inóculo en patrones espaciales agregados (Campbell and Noe 1985).

El progreso de la epidemia de enfermedades de raíces puede monitorearse como el incremento de la severidad en cualquier síntoma de brotes o raíces como es el caso de *Verticillium* o *Fusarium*, donde los síntomas en la plántula pueden ser usados para medir la incidencia de la enfermedad; sin embargo para la medición de la severidad es necesario el evaluarlo planta por planta, y para cada enfermedad se tendrá una escala diferente.

2.7 Análisis temporal de las epidemias

La intensidad de la enfermedad (incidencia y/o severidad) se cuantifica a través del tiempo y los resultados pueden ser graficados en una curva del progreso de la enfermedad, la cual en lo general tiende a adoptar una forma de S. La curva del progreso de la enfermedad puede ser para cualquier patógeno en cualquier población de hospedantes y es la resultante de la integración de todos los efectos del hospedante, patógeno y ambiente. La escala de tiempo puede ser relativamente corta (algunas semanas) o larga (varias años) y puede ser medida en días del año, días después de la siembra o tiempo fisiológico(grados-días); los principales elementos de la curva que son comúnmente usados como parámetros epidemiológicos, son; la cantidad de enfermedad

inicial; tasa de incremento de la severidad,, cantidad máxima de enfermedad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

Un análisis temporal puede ser en cualquiera de los siguientes enfoques:

- Lograr la apreciación visual de la curva
- Observar cambios de la enfermedad debido a la variación de algún factor específico (componente climático, hospedante, manejo etc.)
- Comparar parámetros epidemiológicos (Y_0 , Y_{max} , r , etc.)

Análisis matemáticos comunes

El análisis de varianza (ANOVA).

Es uno de los procedimientos que son frecuentemente usados para analizar datos de enfermedades de plantas, el objetivo es hacer inferencia acerca de parámetros de poblaciones en experimentos, el ANOVA puede tener dos propósitos; hipótesis de prueba y estimación (Hau and Kranz 1990).

Análisis de regresión lineal

Modelación

En el análisis temporal la modelación es fundamental. Los datos de la intensidad de la enfermedad colectados en el tiempo, deberán ser analizados con el modelo que mejor describa el fenómeno, los modelos pueden ser cuantitativos o cualitativos. En estos últimos se ubican los modelos matemáticos y específicamente los estadísticos, los

cuales pueden ser lineales o no lineales (Pedroza, 1998). Los modelos lineales están descritos por la ecuación $Y = b_0 + b_1 X + e$

Donde Y y X son las variables dependiente e independientemente respectivamente

b_0 y b_1 , son constantes (b_0 = intercepto y b_1 pendiente) estimados de los datos colectados en campo y es una constante usada para el error. En este método pueden estimarse con exactitud b_0 y b_1 de b_0 y b_1 respectivamente y puede escribirse la formula de la siguiente manera;

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X$$

Donde $\hat{Y}$ es el valor predicho del valor Y de un X dado. Geométricamente b_0 es el intercepto y b_1 la pendiente de la línea de regresión, donde el coeficiente de determinación es usado para medir la bondad o el buen ajuste.

La línea recta es la forma mas simple de los modelos con dos parámetros de hecho es posible la construcción mas complicada de modelos lineales que pueden tener P variables y pueden escribirse como;

$Y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_p X_p$ la diferencia es la cantidad de variables independientes (Hau and Kranz 1990).

En los modelos no lineales se conservan mas o menos los mismos principios, solo que el incremento de la enfermedad pierde el carácter de rectilíneo y adopta la forma curvilínea. Los modelos se expresan en forma curvilínea. Los modelos se expresan en términos exponenciales, de manera que $Y = b_0 + b_1 x + b_2 X^2 + b_3 X^3 \dots b_n X^n$ puede ser expresada como $Y = b_0 e^{bx}$ La mayoría de de los modelos epidemiológicos son de tipo exponencial, basados en la ecuación general:

$Dy/dt = (Y_t - Y_{t-1})/(t - (t-1))$, donde dy/dt es la tasa de incremento, Y es la intensidad de la enfermedad y t es el tiempo (Pedroza 1998).

2.7.1 Modelos de progreso de la enfermedad

El proceso dinámico es definido por la tasa o cambio en el tiempo, si Y representa la incidencia o severidad de la enfermedad, la epidemia puede definirse en términos de dY/dt el cambio en Y con el infinitesimal cambio en el tiempo (t). (Madden y Campbell, 1990).

Supuestos en la modelación de epidemias

La modelación de epidemias parte de los siguientes supuestos: a) la tasa del incremento de la enfermedad (dy/dt) depende únicamente de la cantidad de la enfermedad (Y); b) dy/dt depende únicamente de la cantidad de tejido sano disponible ($1-y$) y ; c) (dy/dt) depende de la cantidad de enfermedad (y) y el tejido disponible por infectar ($1-y$), donde $Y_{max} = 1-100\%$ (Pedroza, 1998).

2.7.1.1 Modelo exponencial

Este modelo es considerado generalmente llamado exponencial pero también llamado logarítmico por Van der plank en 1963 y se ha usado para predecir el crecimiento de la población humana la ecuación es ; $Dy/dt = ry$

Donde r es la tasa relativa de incremento de la enfermedad, según el modelo exponencial. Este modelo parte del supuesto de que el incremento de la enfermedad no tiene límite la ecuación integrada es $Y = Y_0 e^{rt}$ en lo cual Y_0 es una constante de la

integración que también representa el nivel inicial de la enfermedad, si se asume que la enfermedad se encuentra en un $t=0$ y la ecuación linearizada es $\ln(Y_t) = \ln(Y_0) + rt$. (Madden y Campbell 1990).

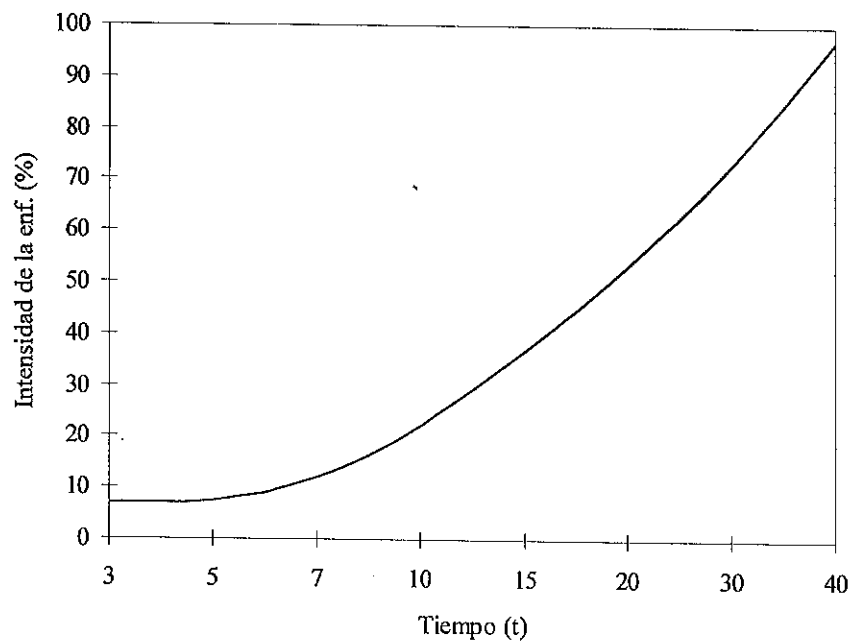


Figura 2.- Comportamiento del avance de la enfermedad en el modelo exponencial.

2.7.1.2 Modelo monomolecular

Una alternativa al modelo exponencial es el monomolecular que tomo su nombre por al representación de las reacciones químicas monomoleculares o de primer orden este modelo ha sido usado para describir fenómenos incluyendo la expansión

celular y la respuesta de los cultivos a los nutrientes. La ecuación puede ser descrita como;

$$dy/dt = r(K-Y)$$

En lo cual k es un parámetro representando el nivel máximo de enfermedad ($=Y_{max}$) y que es igual a 1 (100%). en este modelo la tasa de incremento de la enfermedad depende de la cantidad de tejido sano disponible ($1-Y$) ecuación integrada: $Y = K(1 - be^{-rt})$, donde $b = (K - Y_0)$. Linearizando la ecuación : $Y_t = 1 - be^{-rt}$

$$1 - Y_t = be^{-rt}$$

$$\ln(K/(K-Y)) = -\ln(B) + rt$$

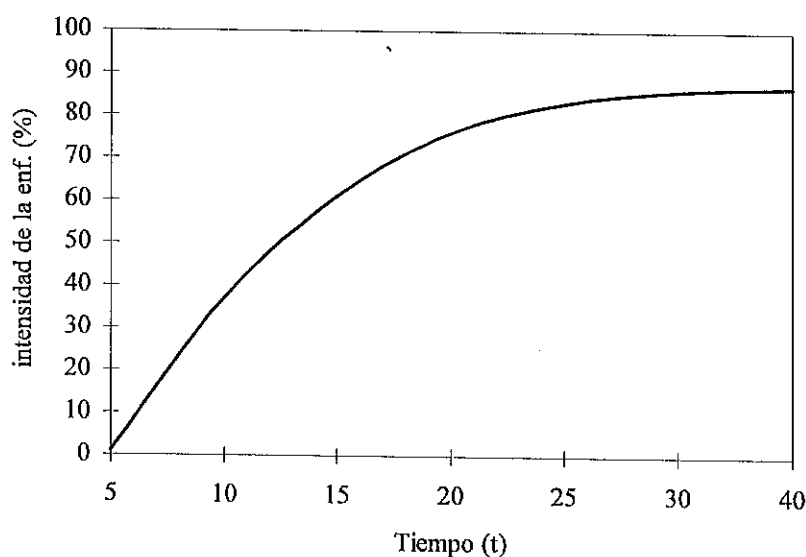


Figura 3.- Comportamiento del avance de la enfermedad en el modelo Monomolecular.

2.7.1.3 Modelo logístico

El modelo logístico es uno de los mas importantes modelos para describir el progreso de las epidemias de plantas, propuesto originalmente por Verhulst en 1838 para describir el crecimiento de la población humana, a veces llamado autocatalítico debido

al tipo de reacción química que describe esta reacción. La ecuación diferencial puede ser descrita como;

$$dy/dt = rY (K-Y)/K$$

= $ry(1-Y/K)$. En este modelo la tasa de incremento de la enfermedad (dy/dt), depende de la cantidad de enfermedad (y) y la cantidad de tejido sano por infectar ($K-Y$). El punto de inflexión de la curva ocurre cuando la enfermedad alcanza un 50 % de intensidad ($Y=0.5$) y es cuando r decrece. La ecuación integrada es; $Y= K/(1+\exp(-(B-rt)))$.

Linearizando la ecuación queda:

$$\ln(Y/(K-Y)) = \ln(Y_0/(K-Y_0)) + rt$$

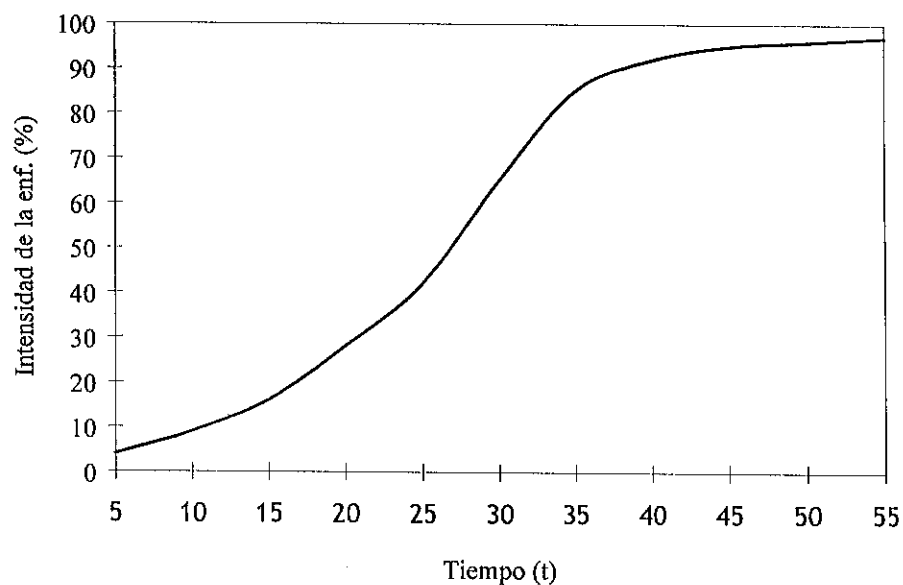


Figura 4.- Comportamiento del avance de la enfermedad en el modelo logístico

2.7.1.4 Modelo Gompertz

Este modelo fue propuesto por el Gompertz en el año de 1825 para describir el crecimiento de poblaciones de animales este modelo ha sido usado menos que el modelo logístico al ecuación diferencial es :

$dy/dt = rY(\ln(K)-\ln(Y))$ en este modelo la tasa de incremento tiene como limite la cantidad de la enfermedad (Y). El punto de inflexión de la curva es cuando la enfermedad alcanza un 37 % de intensidad ($Y= 0.379$, dando origen a una curva simétrica

ecuación integrada $Y= K \exp (Be^{-t})$

linearizando la ecuación

$-\ln (-\ln (Y/K)) = -\ln (B) + rt$ (Madden y Campbell 1990).

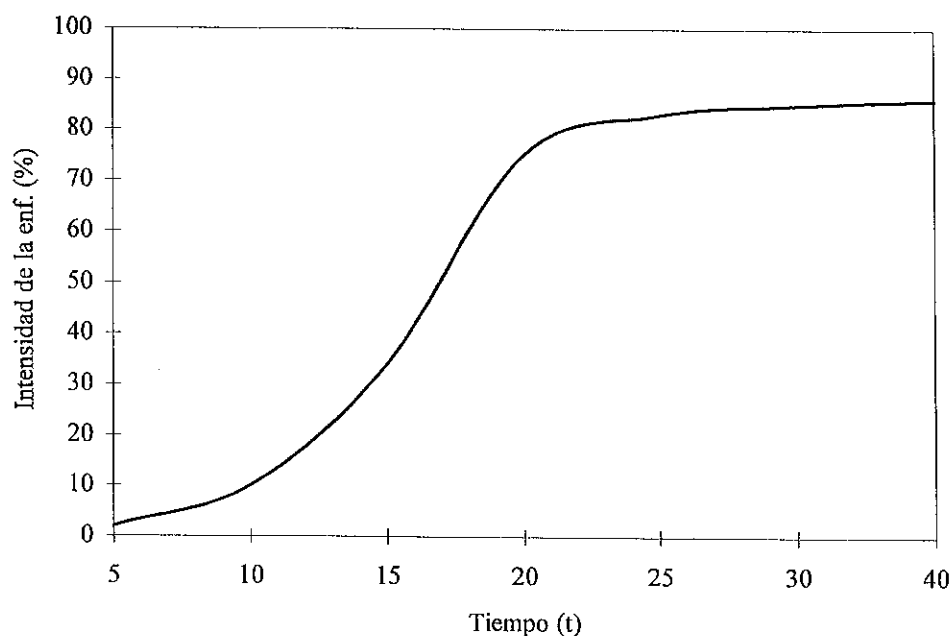


Figura 5.- Comportamiento del avance de la enfermedad en el modelo Gompertz

Los principales criterios de ajuste de modelos son ;

Graficar datos de severidad contra tiempo y ver el comportamiento para visualmente aproximarse al modelo que mejor explique el fenómeno.

El coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de variación (CV) son los mejores indicadores del ajuste del modelo, se dice que R^2 mayores de 0.80 son buenos en trabajos de epidemiología (Pedroza, 1998., Madden y Campbell, 1990)

2.7.2 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad

En el análisis epidémico para la toma de decisiones en el manejo integrado de enfermedades es útil la técnica del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCDE), la cual es recomendada en ausencia del ajuste de las epidemias a algún modelo epidemiológico. Esta variable parte de la ecuación general $ABCDE = S \left((Y_i + (Y_{i+1})/2) (t_{i+1} - t_i) \right)$, donde Y_i es la intensidad de la enfermedad (%) y t_i es el período de evaluación en días, por lo que las unidades serán % -días. La ecuación significa una integración de los rectángulos formados por el punto medio de la intensidad de la enfermedad alcanzada entre dos tiempos de evaluación. Por la naturaleza de la ecuación, ésta considera la interacción patógeno hospedante y la variación de la epidemia en el tiempo, además de estabilizar enormemente la varianza por ser valores globales de la epidemia, reduciendo el coeficiente de variación e incrementando la confiabilidad del análisis epidémico. La comparación de epidemias basado en el área bajo la curva, es una técnica epidemiológica de gran actualidad por las bondades que ofrece (Pedroza, 1999)

2.8 Análisis espacial de las epidemias

Un simple pero importante principio de la biología es que los organismos no se encuentran en igual número en todas las localidades, la heterogeneidad espacial es el resultado del ambiente, la heterogeneidad genética y el crecimiento en la reproducción poblacional (Taylor, 1984).

El análisis espacial de las enfermedades, puede visualizarse en dos enfoques: a) Intensidad de desplazamiento del patógeno de la enfermedad a partir del foco de infección, cuantificándose con los llamados gradientes de dispersión y; b) Patrones de agregación que el patógeno o la enfermedad mantienen en una área determinada.

2.8.1 Gradientes de dispersión del patógeno o de la enfermedad.

Hablar de gradientes de dispersión del patógeno es diferente que gradientes de la enfermedad. Son conceptos muy relacionados pero pueden ser un tanto independientes. Un gradiente de dispersión del patógeno puede darse en ausencia de hospedantes, por lo menos hasta cierto límite; es un fenómeno dinámico. El gradiente de la enfermedad implica la presencia de hospedantes susceptibles. En los gradientes de la enfermedad, pueden estar involucrados aspectos climáticos, tipos de suelo, entre otros factores.

En el estudio de los gradientes de dispersión, la fuente inoculo es un componente básico, se identifican tres tipos de fuentes de inoculo. a) punto fuente. Es cuando una planta infectada representa la fuente de inoculo inicial en una población de plantas

sanas; b) líneas fuente. Es donde las plantas de un surcos en línea, representa la fuente de inoculo inicial y; área fuente. Diversas plantas infectadas en un campo, representan la fuente de inoculo inicial en el área. En la dispersión de inoculo, existen gradientes primarios y gradientes secundarios. Los primarios, resultan del movimiento de inoculo de una fuente simple y los segundos resultan de inoculo proveniente de lesiones en plantas que fueron infectadas con inoculo proveniente de un gradiente de dispersión primario.

Principios de Gregory.

Todo gradiente de dispersión se rige por los siguientes principales básicos:

1. Un gradiente de dispersión implica una fuente local de inoculo.
2. Un gradiente de dispersión requiere una población de plantas susceptibles.
3. Un gradiente primario tiene una mayor caída que un gradiente secundario
4. Una contaminación generalizada “ levanta “ el gradiente primario.

Gradientes de dispersión.

A). Ley de la potencia.

$dy/ds = (-b) (y/s)$, donde y es la intensidad de la enfermedad y S es la distancia de foco de infección al punto donde se muestro la enfermedad.

Ecuación integrada: $y = a (S)^{-b}$

Ecuación linearizada: $\ln Y = \ln (a) - b \ln (S)$.

La ecuación es dimensional y asume que la cantidad de inoculo depositado o la cantidad de enfermedad producida, es inversamente proporcional a la distancia de la fuente de inoculo.

b). Modelo exponencial.

$$dy/dt = -b_e(Y)$$

Ecuación creada integrada: $Y = ae^{-bs}$

Ecuación linerizada: $\ln y = \ln a - b_e s$.

La ecuación tiene dimensiones en cm, m o km.

Una de las aplicaciones finales de los gradientes de dispersión, es la elaboración de mapas con uso de líneas isopatogenas que identifiquen la intensidad de dispersión de una enfermedad en el tiempo. El conocimiento de la dinámica de dispersión de la roya (*P. graminis fsp tritici*) entre México –EU-Canadá; el movimiento de *Endothia parasitica* en EU, son importantes ejemplos de la transcendencia de los gradientes de dispersión en estudios epidemiológicos (Pedroza, 1998)

3.8.2 Patrones Espaciales.

Los patrones especiales permiten identificar el estado de agregamiento del inóculo o de la enfermedad en un área determinada. Desde el punto de vista epidemiológico, los objetivos de este tipo de estudios pueden variar:

1. Identificar la desviación de aleatoriedad.
2. Cuantificar la desviación.
3. Cuantificar efectos ambientales o de manejo.
4. Interpretar el conocimiento de los organismos.

Existen tres tipos de básicos de arreglos especiales: patrón regular o uniforme, que indica una baja dispersión $S^2 < \mu$; patrón aleatorio, que indica una dispersión aleatoria, por lo que $S^2 = \mu$ y; patrón agregado que indica una agregación de individuos o patrón contagioso, donde $S^2 > \mu$.

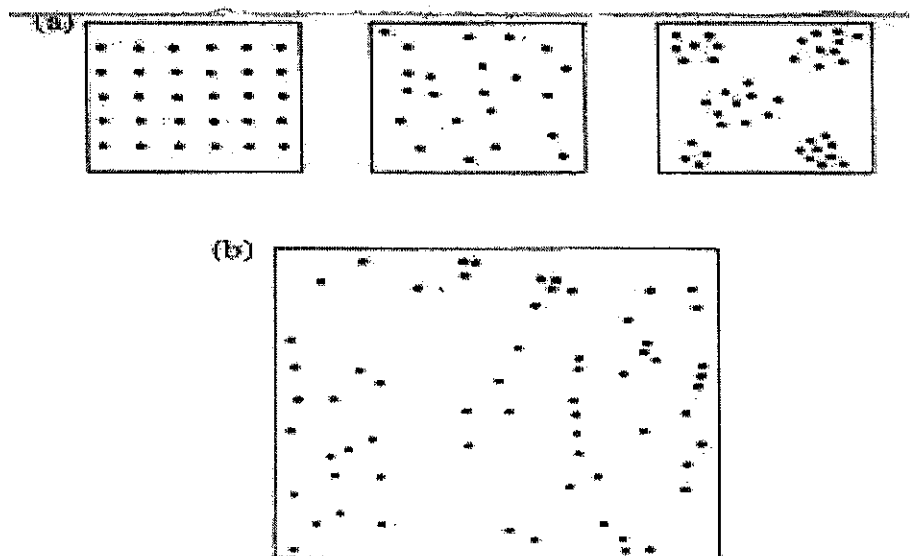


Figura 6.- Diferentes patrones de distribución; en el inciso a) se puede observar un patrón de distribución regular, aleatorio y un agregado, pero en los casos como el inciso b) donde la distribución es confusa es necesario el utilizar un análisis mas profundo para definir el patrón de distribución en campo.

Metodologías:

Los estudios espaciales de agregación de patógenos o enfermedades pueden efectuarse por conteo con cuadrantes o parcelas por mediciones en distancias. La elección de uno u otro método dependerá de la decisión del investigador. Los datos capturados de cuadrantes o parcelas, se pueden usar en cuatro enfoques dentro del análisis de patrones espaciales:

Mapeo.

El mapeo es un método ampliamente aplicado en epidemiología por lo sencillo, rápido y económico. Proporciona una rápida visualización de los patrones, muestra un conglomerado y verdaderos picos dimensionales que hacen una representación detallada de los valores del muestreo en rejilla. Los mapas en contorno suavizan los datos y los convierten en patrones agregados discernibles, pero pueden ocasionar pérdida de detalles significativos.

2.8.3 Distribución de Frecuencias.

Es un muestreo por conteo de la frecuencia de datos y ha sido usado para identificar si los patrones son o no aleatorios. Por la forma de la curva, una distribución Poisson indica por ejemplo, un patrón aleatorio. Hay otras distribuciones discretas como la binomial negativa que indican aleatoriedad. Lo anterior se basa en que los datos del muestreo pueden ser adaptados a varias distribuciones, aun cuando esto no es usual, ya que no existe una forma totalmente apropiada para determinar cual distribución es la mejor.

2.8.4 Índices de dispersión.

Madden (1989) menciona que cuando en el mapeo no se tiene una clara idea de el patrón de distribución como se da la sección b) de la figura 2 es necesario el hacer uso de índices de dispersión.

Pedroza (1998) describe los principales índices y los describe de la siguiente manera:

Los índices de dispersión proporcionan una medida de agregación o agrupación espacial de una población. Aun cuando existen diferentes métodos disponibles, la mayoría de ellos están estrictamente relacionados. Los índices de dispersión, especialmente los inherentes a patrones aleatorios, dependen del grado de variación del tamaño del cuadrante, número de muestras (n), total de individuos en la muestra (Σx) y la densidad de la media (μ) o por cuadrante. S^2 y μ , son parámetros usados. Cuando $S^2 = \mu$ corresponde a un patrón aleatorio, $S^2 > \mu$ a un patrón agregado y; $S^2 < \mu$ a un patrón regular.

Principales índices de dispersión

1. Relación Varianza: Media (V/M)

Se asume la aleatoriedad, V/M significa probar la hipótesis nula de aleatoriedad como una variable Varianza. Si hay pocas razones para postular patrones aleatorios, la proporción V/M no debería ser registrada como una prueba estadística, sino como una estadística descriptiva de muestreo de un patrón poblacional. Adicionalmente, la proporción V/M sola, puede no ser suficiente y tal proporción depende del tamaño del cuadrante, ya que la detección de no aleatoriedad a través del muestreo en cuadrantes, depende siempre del tamaño de la unidad de muestreo la decisión es; $V/M = 1$ es un patrón aleatorio; $V/M > 1$ es un patrón agregado y; $V/M < 1$ es un patrón regular. Este criterio es usado de manera equivalente en los demás índices de dispersión.

2. Ley ponderada de Taylor

$$S^2 = ax^{-b}$$

$$\text{Ecuación linealizada: } \ln S^2 = \ln a + b \ln X$$

La constante a depende principalmente del tamaño de la unidad de muestreo; b es un índice de dispersión, generalmente controlado por una especie. Cuando $b=1$ corresponde a un patrón aleatorio, b mayor a un patrón agregado y; b menor 1 a un patrón regular. Cuando la escala de medición es porcentual o equivalente, puede recurrirse a alguna transformación de valores, como el arcoseno raíz cuadrado, para ayudar a estabilizar la varianza. En esta ecuación, b es aparentemente independiente de n , X y de Sumatorias. Puesto que el tamaño del cuadrante afecta a S^2/media , también afecta a a y b .

3. Índice de Morisita.

$$I = n \sum (X_i - 1) / \sum X_i (\sum X_i - 1) = n (\sum X_i^2 - \sum x_i) / ((\sum X_i)^2 - \sum X_i)$$

Es una ecuación derivada de la teoría de la diversidad ecológica y es independiente de X media y del tamaño del cuadrante, pero dependiente de n en ambos extremos de su rango. Es un buen índice cuando cada una de las muestras tienen la misma n . Otras técnicas como el índice de Lloyd que es similar al índice de Morisita también es usado como índice de dispersión, además de realizar una autocorrelación espacial o análisis de correlación.

3.9 Los sistemas de información geográfica como herramienta en el análisis epidémico

El campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) está fuertemente caracterizado por una gran diversidad de aplicaciones. Son sistemas integradores que agrupan ideas desarrolladas en muchas áreas incluyendo los tópicos de agricultura, botánica, computación, economía, matemáticas, fotogrametría, zoología y, por supuesto, geografía, por mencionar sólo algunos. La información que se maneja en un SIG, es derivada a partir de la interpretación de datos, que son representaciones de eventos a través de símbolos. El valor de la información depende de diversas cosas, incluyendo su temporalidad, el contexto en el cual ésta es aplicada y el costo de adquisición, almacenamiento, manipulación y presentación. La información es ahora un activo valuable, un bien que puede ser vendido y comprado a alto valor. La información y su comunicación, es una de las claves del desarrollo de procesos y características de las sociedades contemporáneas (Anónimo 4).

Estrictamente hablando, los SIG incluyen tanto a los sistemas manuales como a los basados en computadoras. En la práctica, sin embargo, los sistemas de información están basados en equipos de cómputo. También se argumenta que los SIG comprenden tres componentes clave: tecnología SIG (hardware y software), una base de datos SIG (datos geográficos y relacionados) e infraestructura SIG (grupo, elementos de facilitación y soporte). Dentro de un SIG, la realidad está representada como una serie de rasgos geográficos definidos de acuerdo a dos elementos de los datos. El elemento geográfico, también denominado de localización; usado para proveer de una referencia al elemento

atributo, también denominados estadísticos o no locacionales. Por ejemplo, los límites administrativos, las redes hidrológicas y los puntos elevados de las montañas son rasgos geográficos usados para proporcionar una referencia para los conteos censales, flujos de agua o sitios elevados, respectivamente. Dentro de un SIG, el elemento geográfico tiene mayor relevancia que el elemento atributo y éste es uno de los rasgos claves que diferencian a los SIG de otros sistemas de información (Anónimo 2., Anónimo 4., Merrit *et al.* 1999)

Los términos espacial y geográfico se usan de manera indistinta para describir elementos geográficos. Si bien no hay una definición universal para un sistema digital de manipulación de datos geográficos, SIG es el término comúnmente aceptado.

2.9.1 Beneficios de los Sistemas de Información Geográfica

Hay sin duda, una proliferación masiva de información respecto del medioambiente cultural y natural en los últimos años. Los SIG comprenden cuatro elementos básicos que operan dentro de un contexto institucional (Anónimo 5):

- **Hardware.** Puede ser casi cualquier tipo de plataforma de cómputo, desde una PC hasta una estación de trabajo, minicomputadores y mainframe. Además, considerando la estandarización de equipos de entradas, de almacenamiento y de salida, se requieren periféricos especializados como barredores, digitalizadores, lectores de cintas (para entradas), graficadores (para salidas).

- Software. Hoy día muchos software son presentados como SIG. Los principales tienen varios cientos de comandos y una amplia variedad de funcionalidad. Si bien existen variaciones en cuanto a la organización y capacidades, existen tres diseños básicos. Estos son los diseños de archivos de procesamiento, híbridos y extendidos.

En el diseño de archivos de procesamiento, cada grupo de datos y su función se almacenan como un archivo separado y se vinculan durante las operaciones analíticas; ejemplos de estos son IDRISI y MAP. Esta es la aproximación adoptada en los sistemas de procesamiento de mapas.

Dentro del diseño híbrido, los atributos se almacenan en un SMBD relacional y se hace uso de un paquete de comunicación para los datos geográficos. ARC/INFO y Deltamap/Genamap son ejemplos de estos. Cuando los atributos se almacenan en un SMBD relacional se les puede denominar geo-relacionales. En el tercer tipo de diseño, la extensión de los SMBD, tanto los datos geográficos como sus atributos se almacenan dentro de un SMBD el cual se expande para proporcionar las funciones analíticas geográficas requeridas.

Datos: Dentro del tercer elemento importante de un SIG están los datos. En muchos aspectos los datos son la fuente crucial. La adquisición de datos geográficos es muy costosa, así como también su almacenamiento y manipulación puesto que generalmente se requieren de grandes volúmenes para la solución de problemas

geográficos. Si bien las estimaciones varían, es frecuente que el costo de colección de datos exceda al costo del hardware y software por un factor de dos o más.

Liveware. El liveware es el más significativo elemento es el personal, responsable del diseño, implementación y uso de los SIG. La carencia de personal capacitado, es frecuentemente, la razón de la no funcionalidad de los sistemas diseñados. Comparados con los mapas, los SIG tienen la ventaja inherente de que el almacenamiento de datos y su representación son estructuras separadas, por lo que los datos pueden presentarse en diferentes formas.

El campo de los SIG implica muchas disciplinas, usos, tipos de datos y usuarios finales: disciplinas: ciencias de la computación, cartografía, fotogrametría, levantamiento, percepción remota, geografía, hidrografía, estadística, desarrollo organizacional, planeación (Anónimo 2, Anónimo 3, Merrit *et al.* 1999).

2.9.2 Los Sistemas de Información Geográficas y otros sistemas de información

Las relaciones entre los SIG y los sistemas de diseño asistido por computadora, cartografía automatizada, manejo de bases de datos y percepción remota son importantes para delinear una definición de SIG. Puesto que, en ocasiones se sugiere que los SIG son un subgrupo o un supergrupo de estos sistemas.

Los sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) se desarrollaron para el diseño y dibujo de modelos a desarrollar en ingeniería, por ej. el dibujo del diseño de

nuevos aviones. Están basados en gráficos y usan símbolos como primitivos, para representar rasgos en un proceso de diseño interactivo. Los sistemas CAD presentan sólo vínculos rudimentarios con las bases de datos, las cuales pueden contener listados o números de referencia. Hacen uso sólo de relaciones topológicas simples y tratan con cantidades relativamente pequeñas de datos. Usualmente no permiten que el usuario asigne simbología automáticamente, con base en criterios definidos por el mismo y tienen capacidades analíticas limitadas. Sin embargo, hoy día, algunos sistemas CAD han incursionado eficientemente en su aplicación cartográfica tanto en el manejo de datos georreferenciados directamente, como en un vínculo eficiente de con otros sistemas a través de convertirse en los “dibujadores expertos” y su exportación transparente de estos dibujos georeferenciados (Anónimo 4).

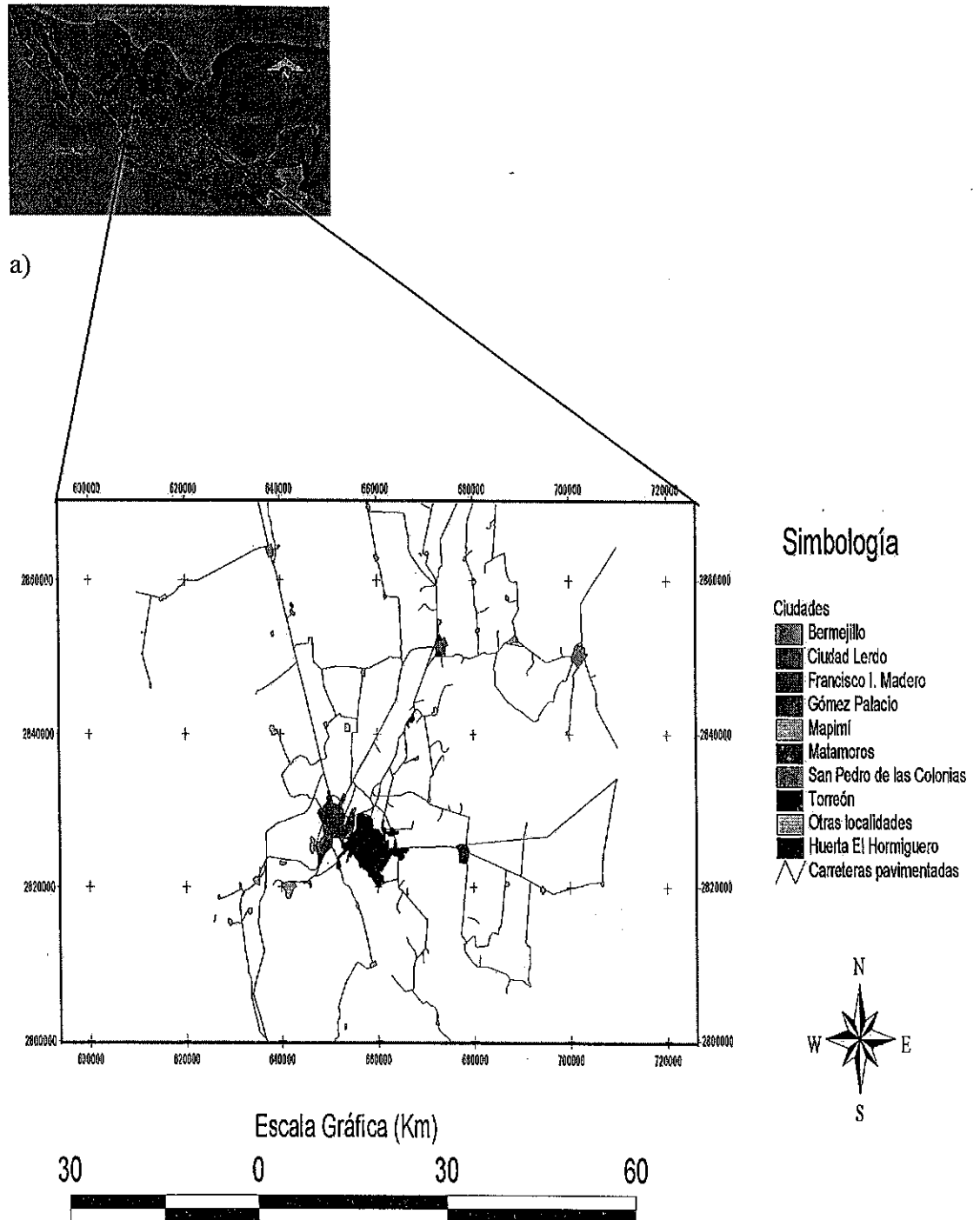
Los sistemas de cartografía automatizada se enfocan en la recuperación, clasificación y simbolización automatizada de datos. Hace énfasis en el despliegue más que en la recuperación y análisis. La cartografía automatizada hace uso de estructuras simples de datos, que carecen de información topológica. Pueden estar unidos a un sistema manejador de bases de datos, pero sólo se implementan normalmente operaciones simples de recuperación. Usualmente tienen mucha capacidad para el diseño de mapas y para la producción de salidas de gran calidad en formato vectorial. Sistemas manejadores de bases de datos (SMBD) son sistemas de programas altamente desarrollados para el almacenamiento y recuperación de atributos no-gráficos. Tienen capacidad limitada para el despliegue y recuperación de gráficos. Sólo tienen funciones simples de análisis. Tienen capacidades muy limitadas para estructurar operaciones analíticas espaciales (Anónimo 3., Anónimo 4).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

La Comarca Lagunera es una región cuyas coordenadas geográficas se encuentran entre los paralelos 24° 59 ' y 26 ° 53' latitud norte y entre los meridianos 101° 42' y 104 ° 85' longitud oeste, contando con una superficie de 48, 215.1 Km², abarcando la parte sureste del estado de Coahuila y el noreste del estado de Durango.(Figura 7 a) (Hernández, 1997).

El trabajo se desarrolló en la huerta "El Hormiguero" del municipio de Matamoros Coahuila en una extensión de 90 Ha dividida en ocho parcelas con un aproximado de 9380 árboles, dentro de la Comarca Lagunera (Coahuila) Este lugar se caracteriza por contar con un clima seco del tipo BW(h')W(e'), tiene una precipitación media anual de 251.6 mm la cual ocurre principalmente en los meses de verano y menos del 5 % de la lluvia se tiene en la época de invierno la temperatura media anual es de 18.6 °C con una oscilación térmica mensual mayor de 14 °C (Figura 7 b)(García, 1988)



b)

Figura 7.- Ubicación de la Comarca Lagunera en México (a) y huerta “El hormiguero” en la región (b)

3.2 Evaluación en campo

El presente trabajo se realizó con el apoyo del INIFAP campo experimental “La Laguna” para el registro de la incidencia y severidad de todos los árboles durante los años 1999, 2000 y 2001.

3.3 Parámetros y variables de estudio

Incidencia y severidad.- Para realizar la evaluación de estos parámetros se hizo un recuento de los nogales que presentan síntomas de Pudrición texana, verificando la presencia del hongo *Phymatotrichopsis omnivora* y las lesiones típicas en las raíces (en al menos el 30% de árboles de la huerta) posterior a esto se asignó valores de acuerdo a la escala propuesta por Bloss *et al.* (1972) donde 0 corresponde a árboles sanos 1,2, 3, 4, 5 a 10, 25, 50, 75, 90 % de severidad respectivamente, y 6 en el caso de árboles muertos, estos se realizo en las ocho parcelas de la huerta “El hormiguero”, en las parcelas donde se mosto árboles con síntomas severos fueron podados antes y durante los años que se evaluó la enfermedad, y solo fueron considerados como completamente sanos (severidad 0) si recuperan por completo su follaje. edad de árboles en parcelas siete y ocho es de 30, parcelas uno, dos, tres, y cuatro 10 y las parcelas cinco y seis 12 años de plantación)

3.4 Análisis temporal

Una vez que se obtuvo la base de datos de incidencia y severidad en los tres años de la huerta, se procedió analizar la enfermedad de acuerdo a la metodología propuesta por Madden y Campbell, (1990.), Pedroza (1999), para poder seleccionar el modelo epidemiológico que explique la enfermedad (incidencia y severidad) con mayor confiabilidad. Además de realizar un análisis de varianza para ver la variabilidad de la enfermedad.

La metodología propuesta por estos autores parte de los siguientes supuestos en la modelación de epidemias:

a) la tasa del incremento de la enfermedad (dy/dt) depende únicamente de la cantidad de la enfermedad (Y); b) dy/dt depende únicamente de la cantidad de tejido sano disponible ($1-y$) y ; c) (dy/dt) depende de la cantidad de enfermedad (y) y el tejido disponible por infectar ($1-y$), donde $Y_{max} = 1-100\%$ (Pedroza, 1998).

Modelo exponencial

Este modelo es considerado generalmente llamado exponencial pero también llamado logarítmico por Van der plank en 1963 y se ha usado para predecir el crecimiento de la población humana la ecuación es ; $Dy/dt = ry$

Donde r es la tasa relativa de incremento de la enfermedad, según el modelo exponencial. Este modelo parte del supuesto de que el incremento de la enfermedad no tiene límite la ecuación integrada es $Y = Y_0 e^{rt}$ en lo cual Y_0 es una constante de la integración que también representa el nivel inicial de la enfermedad, si se asume que la

enfermedad se encuentra en un $t=0$ y la ecuación linearizada es $\ln(Y_t) = \ln(Y_0) + rt$. (Madden y Campbell 1990).

Modelo monomolecular

Una alternativa al modelo exponencial es el monomolecular que tomo su nombre por al representación de las reacciones químicas monomoleculares o de primer orden este modelo ha sido usado para describir fenómenos incluyendo la expansión celular y la respuesta de los cultivos a los nutrientes. La ecuación puede ser descrita como;

$$dy/dt = r(K - Y)$$

En lo cual k es un parámetro representando el nivel máximo de enfermedad ($=Y_{max}$) y que es igual a 1 (100%). en este modelo la tasa de incremento de la enfermedad depende de la cantidad de tejido sano disponible $(1 - Y)$ ecuación integrada: $Y = K(1 - be^{-rt})$, donde $b = (K - Y_0)$. Linearizando la ecuación : $Y_t = 1 - be^{-rt}$

$$1 - Y_t = be^{-rt}$$

$$\ln(K/(K - Y)) = -\ln(B) + rt$$

Modelo logístico

El modelo logístico es uno de los mas importantes modelos para describir el progreso de las epidemias de plantas, propuesto originalmente por Verhulst en 1838 para describir el crecimiento de la población humana, a veces llamado autocatalítico debido

al tipo de reacción química que describe esta reacción. La ecuación diferencial puede ser descrita como;

$$dy/dt = rY (K-Y)/K$$

= $ry(1-Y/K)$. En este modelo la tasa de incremento de la enfermedad (dy/dt), depende de la cantidad de enfermedad (y) y la cantidad de tejido sano por infectar ($K-Y$). El punto de inflexión de la curva ocurre cuando la enfermedad alcanza un 50 % de intensidad ($Y=0.5$) y es cuando r decrece. La ecuación integrada es; $Y = K/(1+\exp(-(B-rt)))$.

Linearizando la ecuación queda:

$$\ln(Y/(K-Y)) = \ln(Y_0/(K-Y_0)) + rt$$

Modelo Gompertz

Este modelo fue propuesto por el Gompertz en el año de 1825 para describir el crecimiento de poblaciones de animales este modelo ha sido usado menos que el modelo logístico al ecuación diferencial es :

$dy/dt = rY(\ln(K)-\ln(Y))$ en este modelo la tasa de incremento tiene como limite la cantidad de la enfermedad (Y). El punto de inflexión de la curva es cuando la enfermedad alcanza un 37 % de intensidad ($Y = 0.379$, dando origen a una curva simétrica

ecuación integrada $Y = K \exp(-Be^{-t})$

linearizando la ecuación

$$-\ln(-\ln(Y/K)) = -\ln(B) + rt$$

(Madden y Campbell 1990).

Para seleccionar el ajuste de los modelos se usaron los siguientes criterios;

- Graficar datos de severidad contra tiempo y ver el comportamiento para visualmente aproximarse al modelo que mejor explique el fenómeno.
- El coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de variación (CV) son los mejores indicadores del ajuste del modelo, se dice que R^2 mayores de 0.80 son buenos en trabajos de epidemiología (Pedroza, 1998., Madden y Campbell, 1990). El análisis se realizó en el sistema Estadístico SAS (v 6.12)

3.5 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad

En el análisis epidémico para la toma de decisiones en el manejo integrado de enfermedades es útil la técnica del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCDE), la cual es recomendada en ausencia del ajuste de las epidemias a algún modelo epidemiológico. Esta variable parte de la ecuación general $ABCDE = S((Y_i + (Y_{i+1})/2)(t_{i+1} - t_i))$, donde Y_i es la intensidad de la enfermedad (%) y t_i es el período de evaluación en días, por lo que las unidades serán % -días. La ecuación significa una integración de los rectángulos formados por el punto medio de la intensidad de la enfermedad alcanzada entre dos tiempos de evaluación. Por la naturaleza de la ecuación, ésta considera la interacción patógeno hospedante y la variación de la epidemia en el tiempo, además de estabilizar enormemente la varianza por ser valores globales de la epidemia, reduciendo el coeficiente de variación e incrementando la confiabilidad del análisis epidémico. La comparación de epidemias basado en el área bajo la curva, es una técnica epidemiológica de gran actualidad por las bondades que ofrece (Pedroza, 1999)

3.6 Análisis espacial

Se utilizaron índices de agregación como relación Varianza/Media y el Índice de Morisita para ver el estado de agregamiento en las ocho tablas de la huerta en los tres años de muestreo. Donde estos índices se basan en

Relación Varianza: Media (V/M)

Se asume la aleatoriedad, V/M significa probar la hipótesis nula de aleatoriedad como una variable Varianza. Si hay pocas razones para postular patrones aleatorios, la proporción V/M no debería ser registrada como una prueba estadística, sino como una estadística descriptiva de muestreo de un patrón poblacional. Adicionalmente, la proporción V/M sola, puede no ser suficiente y tal proporción depende del tamaño del cuadrante, ya que la detección de no aleatoriedad a través del muestreo en cuadrantes, depende siempre del tamaño de la unidad de muestreo la decisión es; $V/M = 1$ es un patrón aleatorio; $V/M > 1$ es un patrón agregado y ; $V/M < 1$ es un patrón regular. Este criterio es usado de manera equivalente en los demás índices de dispersión.

Índice de Morisita.

$$I = n \sum (X_i - 1) / \sum X_i (\sum X_i - 1) = n (\sum X_i^2 - \sum x_i) / ((\sum X_i)^2 - \sum X_i)$$

Es una ecuación derivada de la teoría de la diversidad ecológica y es independiente de la media y del tamaño del cuadrante, pero dependiente de n en ambos extremos de su rango. Es un buen índice cuando cada una de las muestras tienen la

misma n. Otras técnicas como el índice de Lloyd que es similar al índice de Morisita también es usado como índice de dispersión, además de realizar una autocorrelación espacial o análisis de correlación.

3.7 Análisis con sistemas de información geográfica (SIG)

Análisis con sistemas de información geográfica (SIG). Una vez tenida la aproximación de la ubicación geográfica del sitio (huerta); y la orientación de las parcelas, se generó en el programa Autocad® (Versión 2002) una capa de líneas, donde a cada intersección correspondió un nogal (parcelas 1 a 6 8*14 y 14*14 en el resto). Posteriormente, implementando la capa de líneas descrita, se cargó al Autocad® el programa ArcCad®; donde se generó con ellas (las líneas) un tema de polígonos, usando los comandos DEFTHM (definir tema) y addfeat (agregar atributos). Una vez generado el tema de polígonos, se utilizó el comando NODEPOINT el cual crea un tema de puntos, uno en cada uno de los nodos de los polígonos, que fueron los mismos sitios de intersección de las líneas. A estos puntos, automáticamente el sistema les asignó una nomenclatura y genera una tabla de atributos para ellos. A la tabla de atributos de los puntos se le agregaron los atributos de cada uno de los puntos. Luego, en el programa ArcView®, (Versión 3.2) se generaron las vistas desplegando esos puntos y sus atributos, según el interés de temática de cada uno de los años de trabajo.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis temporal

4.1.1 Incidencia

La mayor cantidad de árboles enfermos (incidencia) se registraron en las parcelas siete y ocho en los tres años de muestreo (1999 a 2001), en 1999 se tuvo 70.6 y 60% respectivamente para éstas parcelas, notándose que estas parcelas cuentan con menor numero de árboles, en el año 2001 se tiene una disminución de incidencia de Pudrición texana, encontrándose 65.3 y 65.6% para éstas mismas. Por el contrario la menor incidencia se registro en la parcela tres con un 22.4, 19.5, 28.15% para los años 1999, 2000 y 2001 respectivamente (Figura 8). Como en las parcelas donde se presentaron síntomas severos de la enfermedad se podaron antes y durante todo el periodo todos los árboles muy afectados y solo fueron considerados como completamente sanos si recuperaban el follaje en un 100%. En consecuencia los nogales de las parcelas siete y ocho manifestaron un decremento en la incidencia durante el 2000 o 2001, al recuperarse algunos nogales que estaban enfermos en 1999.

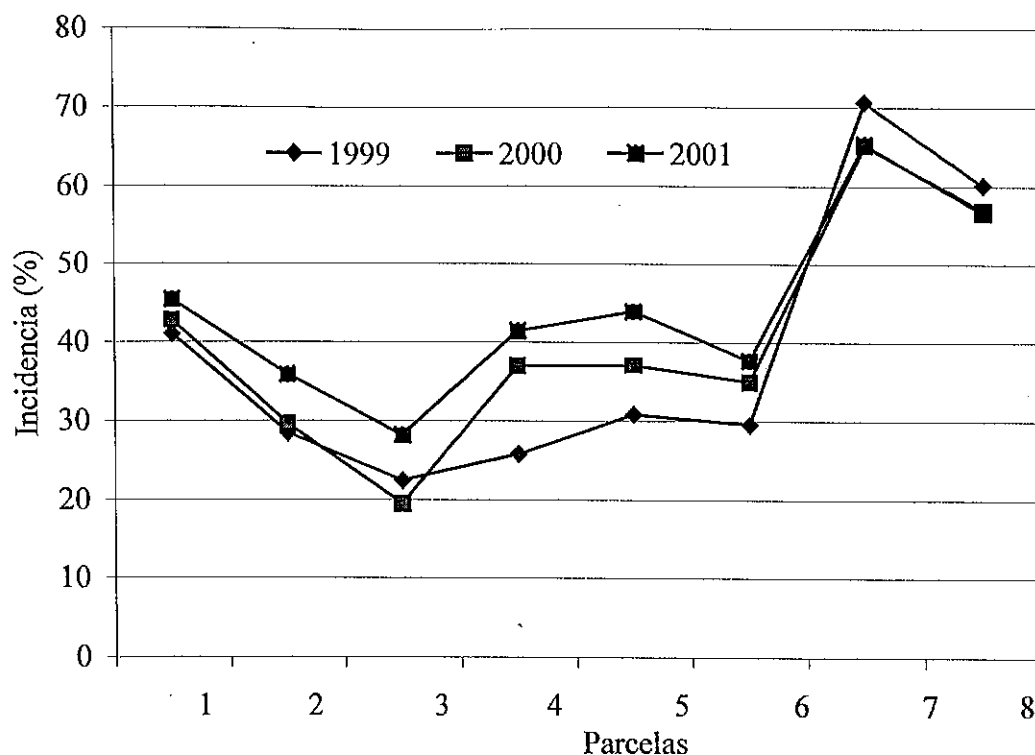


Figura 8.- Incidencia (%) de Pudrición texana en ocho parcelas de cultivo de la huerta “El Hormiguero” de 1999 a 2001 Matamoros Coahuila.

En el análisis de progreso de la enfermedad (incidencia) según unos de los modelos epidemiológicos mas importantes (Logístico, Gompertz, Monomolecular, Exponencial) se encontraron los siguientes parámetros en el modelo logístico que fue el que presento mayor ajuste (Cuadro 1). Este modelo ha sido muy utilizado para explicar muchas de las epidemias de plantas, Madden y Campbell (1990) mencionan que la cantidad de la enfermedad dependen de la cantidad de tejido sano por infectar y la cantidad de inóculo, para este caso como la pudrición texana se encuentra en condiciones naturales por la gran cantidad de hospedantes y las características del suelo; La cantidad de inóculo puede ser muy elevada, los esclerocios estructuras de sobrevivencia del hongo sirven como inóculo hacia plantas sanas (Bell, 1989., Percy,

1983., Samaniego *et al.* 2001) y puede estar infectando a plantas durante muchos ciclos en el caso de plantas anuales y en el caso de nogal por ser perenne puede haber contagio de raíces sanas con raíces contiguas enfermas.

Cuadro 1.- Parámetros obtenidos con el modelo logístico en el avance de pudrición texana (incidencia) de 1999 a 2001.

Tabla	R ²	r	CME
1	0.9888	0.089	0.00017
2	0.8690	0.168	0.00850
3	0.3942	0.152	0.07130
4	0.9309	0.354	0.01850
5	0.9999	0.281	0.00001
6	0.9607	0.179	0.00260
7	0.7172	-0.121	0.01150
8	0.8142	-0.070	0.00220

R²=Coeficiente de determinación, r = pendiente, CME= cuadrado medio del error

Los coeficientes de correlación en la parcela tres es muy baja por lo que no es confiable el analizar con el modelo logístico el avance del progreso de la enfermedad (incidencia) con este modelo, en el resto de las parcelas se tiene confiabilidad aceptable (mayores de 80 %) . Es muy posible que esta parcela cuente con características edáficas, particulares que influyen para que la enfermedad tenga un comportamiento atípico al resto de las parcelas, ya que algunas características del suelo pueden influir sobre la incidencia y severidad de Pudrición texana (Galvan, 1986., Matocha and Hoper. 1995., Samaniego *et al.* 2001)

La tasa de incremento de la enfermedad (r) mas baja se encontró en la parcela uno (0.089) a diferencia de la parcela cuatro, donde se tuvo una tasa de 0.35, que es la tasa de incremento mayor. En las parcelas siete y ocho se presentaron tasas negativas de -0.121 y -0.070 respectivamente, indicando que del año 1999 a 2001 la incidencia de la enfermedad disminuyo, aunque en términos generales estas dos parcelas tienen los mas altos niveles de incidencia de Pudrición texana la tendencia es a la baja.

4.1.2 Severidad

En el análisis de varianza de árboles enfermos (severidad) teniendo como fuentes de variación; parcelas, año de medición de la enfermedad, edad de árboles, y como variable respuesta el porcentaje de daño por pudrición texana expresado como índice de severidad de acuerdo a la escala propuesta por Bloss *et al.* 1972. Se obtuvo un coeficiente de variación fue de 54 % con una R^2 menor a 0.30 y con el análisis de progreso de la enfermedad para el caso de severidad con los modelos epidemiológicos no se tiene buen ajuste para ningún de los modelos por lo que no es posible explicar el fenómeno de la enfermedad con ninguno de estos modelos. En trabajos relacionados con epidemiología se recomienda que al menos se tengan coeficientes de correlación de 80 % (Madden y Campbell, 1990., Pedroza 1999) por lo que con este análisis de varianza donde el coeficiente de determinación es muy bajo ($R^2 \leq 0.30$) y un coeficiente de variación de 54 % se puede ver que no existe una correlación entre las variables medidas como son parcela, año de medición, edad de la planta, y fue necesario una análisis de área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

4.1.3 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad

La comparación de área bajo la curva de progreso de la enfermedad, que permite estabilizar la varianza de los valores porcentuales de la intensidad de la enfermedad dentro de los tratamientos (parcelas con diferente edad de árboles). Para este caso se obtuvo un coeficiente de variación de 22.2 % a diferencia del registrado con la prueba para el análisis temporal con los principales modelos epidemiológicos que fue de 54.55. y se puede observar diferencias en los tratamientos en la comparación de medias (Figura 9).

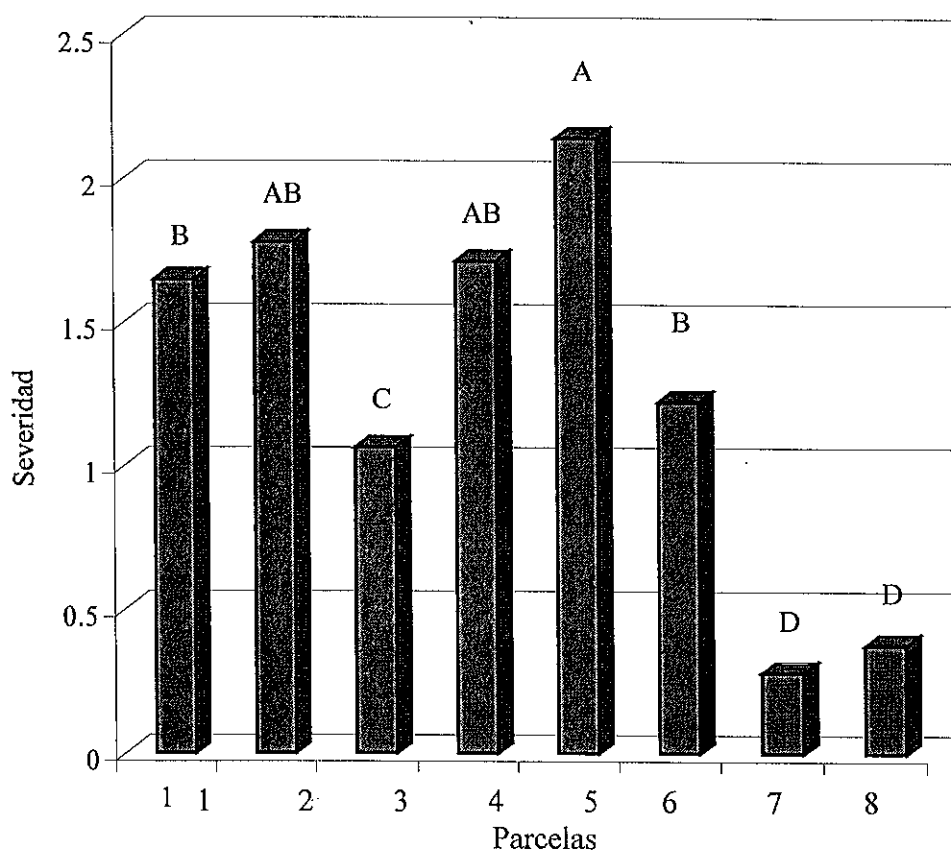


Figura 9 - Comparación de medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad, (Tukey $\alpha = 0.05$) en ocho parcelas de nogal dañado por Pudrición texana, en Matamoros Coahuila.

Los índices de severidad mas bajos se encontraron en las parcelas siete y ocho, las cuales tienen una edad de árboles de 30 años, menores a 0.5 en ambos casos correspondiendo a menos de 10 % de daño por pudrición texana según la escala de severidad usada. Lo cual indica que árboles de mayor edad, registran severidades menores. Este hecho también ha sido registrado anteriormente en nogal (Herrera y López, 1987) donde se encontró que nogales jóvenes adquieren la enfermedad con mayor incidencia y severidad; Este esto puede ser debido a que estos árboles cuentan con sistemas radicales mas amplios (abundantes) capaces de ser menos dañados por pudrición texana. Los valores mas altos registrados para el índice de severidad se encuentran en las parcelas cinco, cuatro y dos donde se tienen valores de cercanos a un índice de 2 correspondiendo a valores de alrededor de 25 % de daño por pudrición texana, las cuales tienen 12 años de edad en el primer caso y 10 en la segunda y tercera parcela.

4.2 Análisis espacial

Como la evaluación a simple vista no permitió identificar el tipo de agregación de la enfermedad se utilizaron los índices de agregación con lo cual el objetivo de evaluar espacialmente la Pudrición texana en nogal pecanero es cuantificar e interpretar biológicamente tendencias de agregación que se pueden ver en el espacio, además de verlo a través del tiempo. Se obtuvo las medias y varianzas de cada una de las parcelas utilizando el SAS® (Versión 6.12), para calcular los índices de Relación Varianza/Media y el índice de Morisita

Cuadro 2.- Agregación de *Phymatotrichopsis omnivora* en nogal pecanero de 1999 a 2001 relación varianza/media (S^2/M) en ocho parcelas de la huerta “El hormiguero” en Matamoros Coahuila.

Parcela/Año	1999	2000	2001
1	2.6002	4.005	4.2981
2	2.3335	3.655	3.8234
3	2.8773	3.8431	3.4814
4	2.5282	3.6057	4.3805
5	3.1881	4.2271	4.3143
6	3.2731	3.8347	4.0532
7	2.7841	2.9249	3.3656
8	3.1814	3.4471	3.3165

En el cuadro 2 se puede ver que en todas las parcelas existe un aumento en el índice de agregación a través de los años (1999 a 2001), y en los tres años se registran índices superiores a 2.30, en la parcela uno es donde se observa un mayor cambio de agregación a través del tiempo ya que pasa de un 2.60 a 4.29 del año 1999 al 2001. Para el caso de la parcela que mantiene mas estable el índice de agregación es la ocho que en los tres años es muy estable en este índice. La agregación de las enfermedad puede estar influida por la cantidad de inoculo en el suelo, aunque en el caso de la Pudrición texana este es muy elevado, y presente todo el año debido a los hospedantes y la durabilidad del cultivo. En algodón ha sido probada la relación entre inoculo y severidad de la enfermedad, encontrando que menos de cinco esclerocios pueden matar al 80% de plantas y que 125 o 15625 pueden causar el 100% de muerte (Lyda and Burnett, 1970) lo que indica que no es proporcional la cantidad de inoculo a la severidad causada, para el caso de *P. omnivora* no existen estudios de grupos patogénicos del hongo.

Los valores altos en los índices de agregación con el índice de Morisita son mucho mas elevados que los registrados en la relación varianza/media, ya que los valores mas altos de el índice anterior no sobrepasan a valores de 5 y en este caso los mas altos son hasta de 22.16 (Cuadro 3), sin embargo en ambos casos los índices demuestran que la enfermedad se encuentra en forma muy agregada.

Cuadro 3.- Agregación de *Phymatotrichopsis omnivora* en nogal pecanero de 1999 a 2001 Índice de Morisita en ocho parcelas de la huerta “El hormiguero” en Matamoros Coahuila.

Tabla/Año	1999	2000	2001
1	6.09	5.41	6.24
2	4.47	4.84	4.94
3	6.82	8.29	9.12
4	9.05	4.26	9.36
5	5.87	4.40	7.04
6	4.39	3.54	4.16
7	4.28	6.85	7.37
8	15.90	22.16	21.77

Algo contrastante entre el índice de relación media/varianza y el índice de Morisita es que en el primero muestra estabilidad en el índice de agregación para la parcela ocho, no ocurriendo así para el segundo donde es ésta parcela (ocho) la que presenta mayor cambio del primer año de muestreo al tercer año.

4.3 Geomapas del comportamiento temporal y espacial de *P. omnivora* en la huerta “El hormiguero” Comarca Lagunera.

Los registros de el estado fitosanitario al igual que muchos otros pueden generar información de gran importancia para poder tomar medidas preventivas o de control, en este caso se puede tener una clara perspectiva de la situación de la Pudrición texana en la huerta el hormiguero, en cuanto a incidencia y severidad, esta técnicas han sido utilizadas con éxito, para estudiar patógenos como *Phytophthora infestans* en Sinaloa, diferenciando tipos de compatibilidad en el especio y en el tiempo (Jaime-García *et al.* 2001) y *Bremia lactucae* atacando lechuga en la costa de California (Wu *et al.* 2000).

Debido a la cantidad de superficie con la que cuenta esta huerta se hace necesario el contar con estas herramientas que permitan visualizar de forma rápida y clara la situación de la enfermedad.

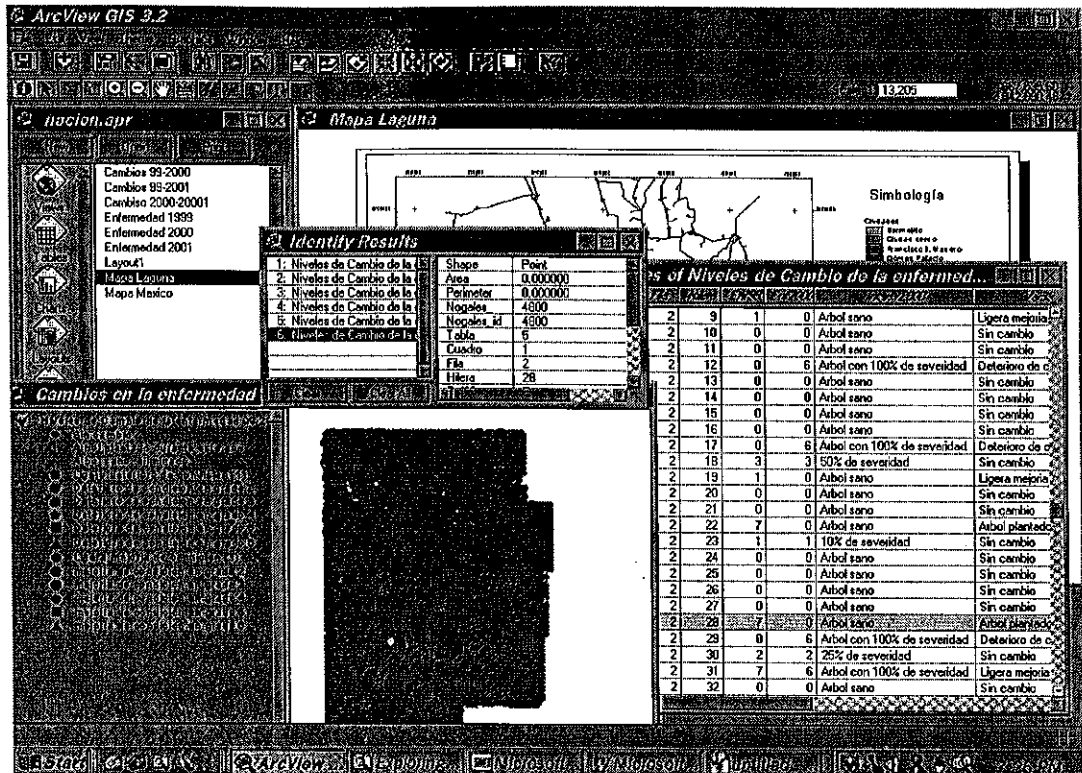


Figura 10 .- Proceso de toda la información con los diferentes programas de computo.

Utilizando varios programas de computo entre ellos varios Sistemas de Información Geográfica se puede tener una base de datos accesible con toda la información, desde la ubicación de las parcelas y la situación sanitaria de cada uno de los árboles en cada uno de los periodos muestreados.

A continuación se presentan cada uno de los geomapas obtenidos por medio de sistemas de información geográfica, para toda la huerta el hormiguero y en los años 1999, 2000 y 2001 además de los cambios registrados en este periodo.

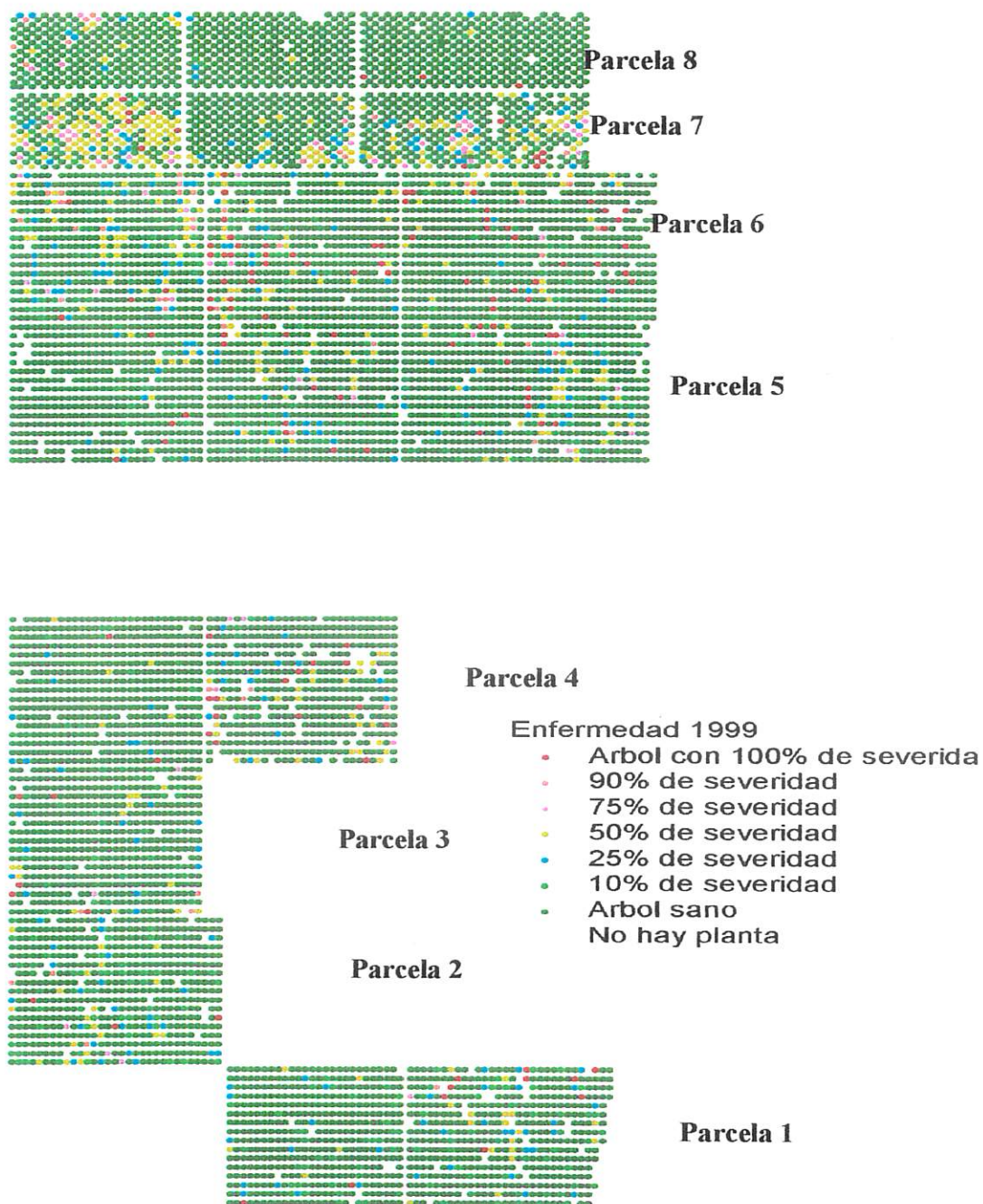


Figura 11.- Situación de la Pudrición texana, en ocho parcelas de la huerta “El hormiguero” Matamoros Coahuila, para el año 1999.

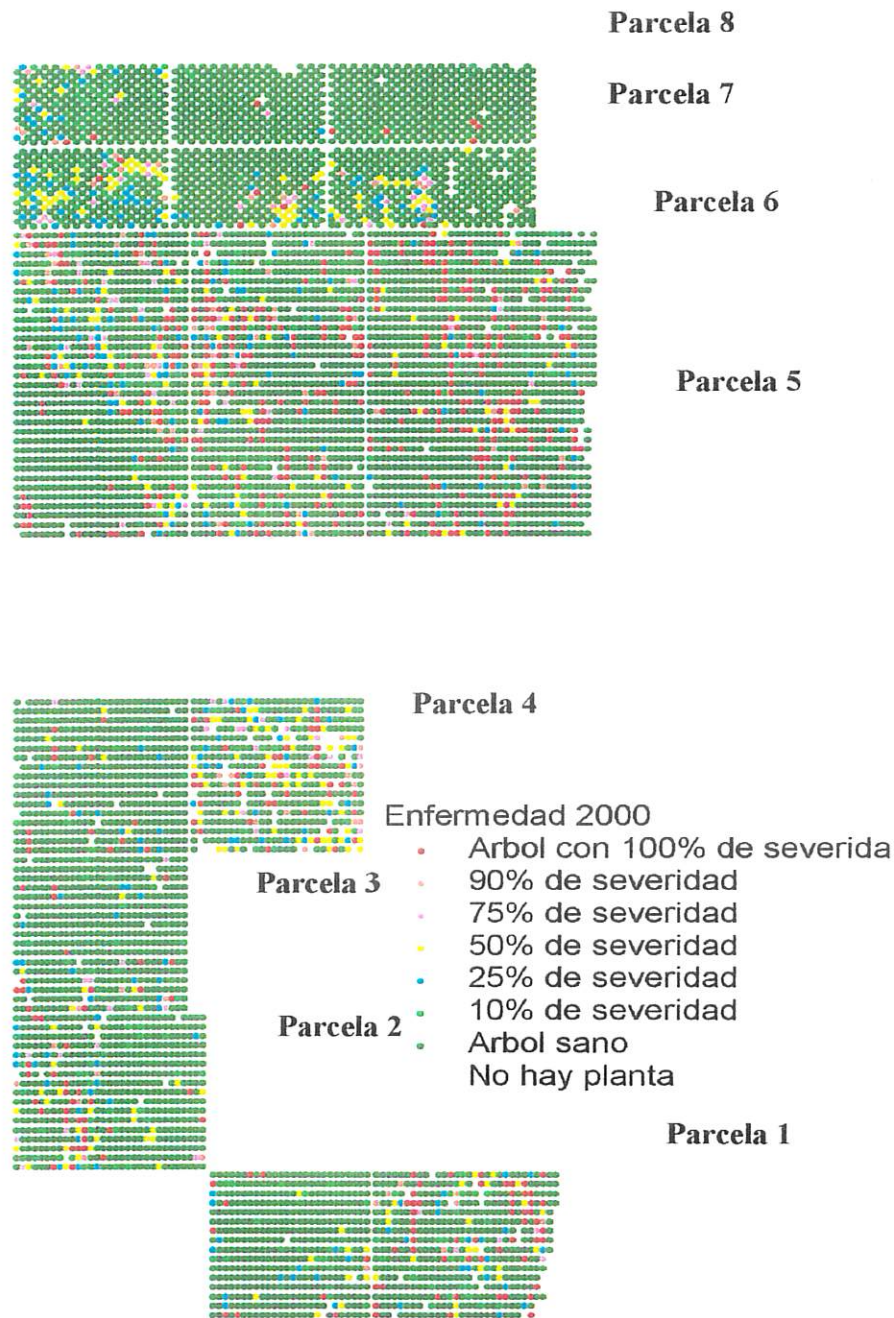


Figura 12.- Situación de la Pudrición texana, en ocho parcelas de la huerta “El hormiguero” Matamoros Coahuila, para el año 2000.



Figura 13.- Situación de la Pudrición texana, en ocho parcelas de la huerta “El hormiguero” Matamoros Coahuila, para el año 2001.

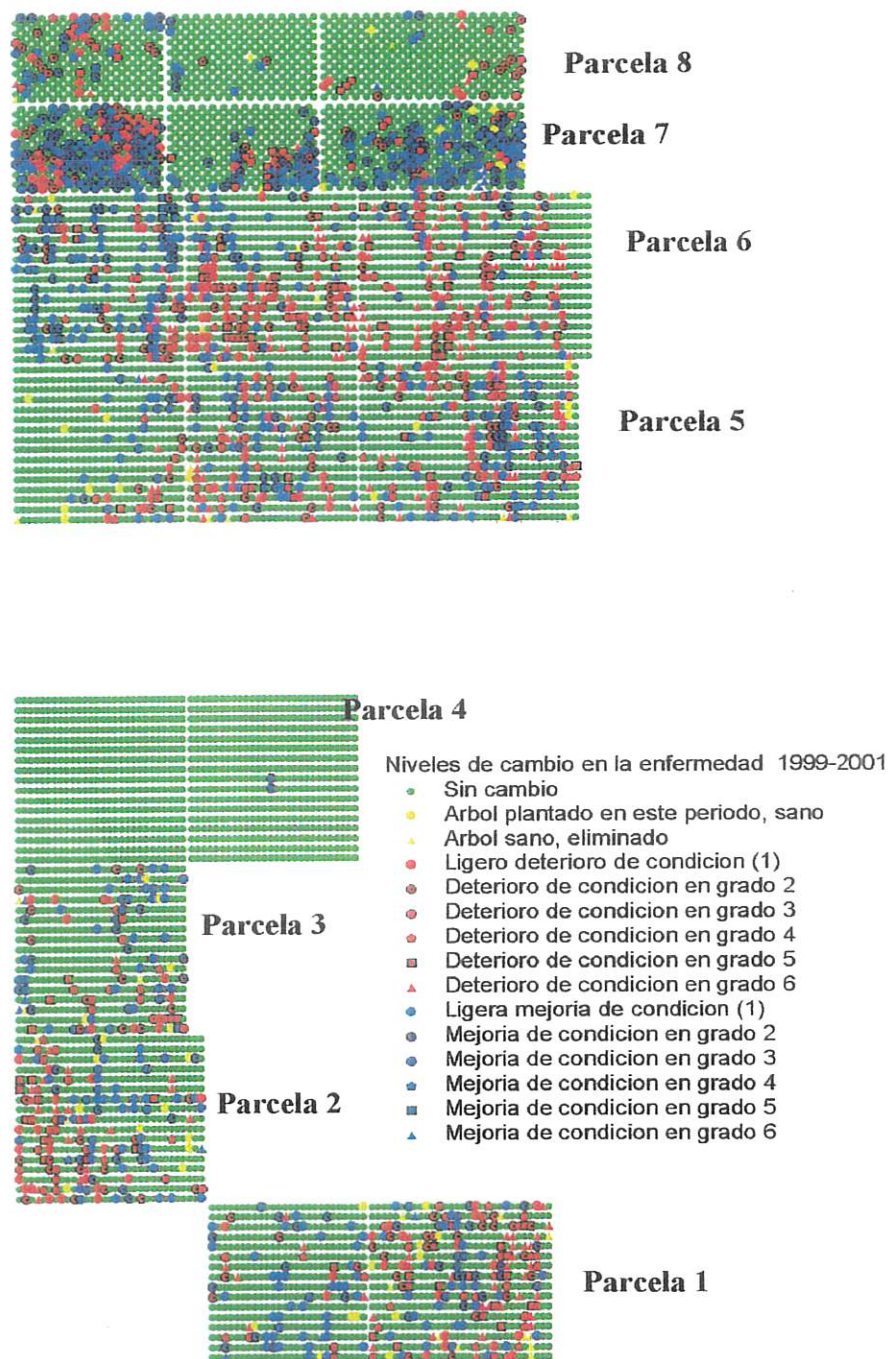


Figura 14.- Cambios registrados de la Pudrición texana, en ocho parcelas de la huerta “El hormiguero” Matamoros Coahuila, de 1999 a 2001.

V CONCLUSIONES

La incidencia de Pudrición texana tuvo registros mayores a 50 % en el caso de las parcelas siete y ocho para los tres años de muestreo, observando que estas mismas parcelas registran tasas relativas de la enfermedad (incidencia) negativas las cuales - 0.121, - 0.070 estas parcelas son las que cuentan con mayor edad de árboles (30 años) y se pudo observar que a mayor edad de árbol se registra menor aumento en la incidencia a través del tiempo.

El ajuste de los modelos epidemiológicos para el comportamiento temporal de la enfermedad en el caso de la severidad (Coeficiente de variación de 54 % y $R^2 < 0.30$), no fue aceptable por lo que se optó por el análisis de área bajo la curva del progreso de la enfermedad, donde se encontró que severidades elevadas se registran en parcelas con árboles de menor edad (10 y 12 años) a diferencia de parcelas como la siete y ocho donde los índices promedios de área bajo la curva son menores de 0.50, a diferencia de las demás parcelas (1, 2, 3, 4, 5, 6) tienen índices de severidad mayores de 1.0.

El análisis espacial se encontró en ambos índices, relación media/varianza e índice de Morisita que la enfermedad se encuentra en patrones muy agregados (todos > 2.0) y que a través del tiempo éste agregamiento es mayor, lo cual nos indica que existen características especiales en el espacio para que la enfermedad pueda establecerse, que muy probablemente sea la proximidad de las raíces infectadas con las sanas de árboles contiguos.

El análisis con Sistemas de información geográfica permite el obtener información rápida y precisa acerca de la situación de la Pudrición texana en cada una de las plantas y en todos los periodos analizados, además de poder observar los cambios en cada uno de ellos.

VI LITERATURA CITADA

- Abeles F., B. 1973. Physiology and Biochemistry of Ethylene production
Ethylene in plant biology academic Press New York 302 p.
- Agrios G., N. 1998. Fitopatología. Editorial LIMUSA México. 429 p.
- Anónimo 1999. Revista Claridades Agropecuarias N° 28 pp. 3-12
- Anónimo. 1975. El nogal su historia y plantación., Folleto de divulgación.,
Centro regional de desarrollo frutícola "Presidente Manuel Ávila
Camacho".Torreón Coahuila. 76p.
- Anónimo. 1975b. Introducción al cultivo del nogal pecanero Folleto N° 18.
CONAFRUT-SAG. México. 26p.
- Anónimo. 1985. Guía técnica del nogalero. CAELALA-CIAN-INIFAP-SARH.
Matamoros Coahuila. 36pp.
- B. Hau and J. Kanz 1990., Mathematic and Statistics for analysis in
epidemiology en; Epidemics of plant diseases. Kranz J. (ed.)Berlin Germany. 35-
39 pp.
- Bell A., A. 1989. Role of nutrition in diseases of cotton. pp. 167-204. In soil
borne pathogens: management of diseases with macro and microelements. The
American Phytopathological Society St. Paul. Minnesota pp. 243.
- Bernfeld P. 1955. Amylases alpha and beta. Méthods in enzymology Vol. I
Colowick, S.P. and N.O Kaplan edits Academic Press, New york pp. 149-158.

- Black H., S. 1969. Production of pectinolytic enzymes in vitro by the fungus *Phymatotrichum omnivorum* Bios. 40:153-157.
- Bloss E., E. and R. B. Streets. 1972. Early detection and treatment of *Phymatotrichum* rot in fruit trees. Progressive Agriculture in Arizona. 24: 8-9.
- Brinson R., P. 1976. El cultivo del nogal pecanero. CONAFRUT-SAG. México. 56pp.
- Castrejón S., A. 1983. Mecanismos de marchitamiento del algodónero (*Gosypium hirsutum* L. Var. Coker 310) causado por el hongo *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar. Tesis Doctor en Ciencias. Colegio de Posgraduados Centro de fitopatología. Méx.75-78 pp.
- Castrejon S., A. 1984. Influencia de sustratos y dosis de carbón mineral sobre la formación de esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum* en medio de cultivo. Resúmenes XI Cong. Nal. de Fitopatología. Soc. Méx. De Fitopatología San Luis Potosí. Méx. . 117.p
- Ergle D., R. 1947. The glycogen of *Phymatotrichum* Sclerotia J. Amer. Chem. Soc. 69:2061-2062.
- French. D. 1969. Beta-Amylase. The encimes. Bayer, P.D. *et al* Edits. 2d. Edition Academic Press, New york London pp. 345-368.
- Galvan L., R. 1986. Factores físico y químicos del suelo que limitan el desarrollo de pudrición texana y el crecimiento radical en el cultivo del nogal. CIAN Informes de investigación. Fruticultura. Matamoros Coahuila. 1:67 – 84. pp.

- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen., Cuarta edición México 324 p.
- Goff W.,D. C. E. Drye and R. W. Miller. 1987. Ecology and epidemiology of pecan downy spot. *Phytopathology* 77 (3): 491-496.
- Herrera P., T. 1981. Incidencia de pudrición texana en nogal. Avances de investigación Agrícola en zonas de riego y temporal. Matamoros, Coah. CIAN-INIA-SARH. Matamoros Coah.
- Herrera P.,T. 1994. Enfermedades del nogal en: Memorias XI11 Conferencias internacionales en el cultivo del nogal. AALDPNN. P.75-86.
- Herrera, P. T., y López Montoya, I. 1984. Incidencia y distribución de pudrición texana del nogal pecanero en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Pag. 80-95. Campo Agrícola Exp. de La Laguna Matamoros, Coah. INIFAP-SARH.
- Hill. T., F. and S.D. Lyda. 1976. Gas exchanges by *Phymatotrichum omnivorum* in closed axenic system. *Mycopathologia* 59:143-147.
- Jaime-Garcia, R.R., Trinidad-Correa, R., Felix-Gastelum, T.V., Orum, C.C. Wasmann, and Nelson, M.R.. 2001. Temporal and Spatial Patterns of Genetic Structure of *Phytophthora infestans* from Tomato and Potato in the Del Fuerte Valley. *Phytopathology* 90:1188-1195.
- Johnson D., J. Texas agricultural extension service B-1318 Texas A&M.

- Koch D., O. M. J. Jeger, T.J., Gerik y C. M Kenerley. 1987. Effects of plant density on progress of *Phymatotrichum* root rot in cotton. *Phytopathology* 77:1657-1662.
- Kranz J. 1990. Epidemics, their mathematical análisis and modeling; an introduction In: Epidemics of plant diseases. Kranz J. (ed.) Berlin Germany. 85-89 pp.
- Lyda D., S. 1984. Ecology of *Phymatotrichum omnivorum*; En Memorias 1er Simposio internacional sobre pudrición texana. Escuela de Agricultura y Ganadería. Universidad Autónoma de Sonora, Sonora México.
- Lyda S. and E. Burnett 1971. Changes in carbon dioxide levels during sclerotial formation by *Phymatotrichum* . *Phytopathology* 61:858-861
- Lyda, D.S., and Burnett, E. 1970. Sclerotia inoculum density of *Phymatotrichopsisomnivora* and development of *Phymatotrichopsis* root rot in cotton. *Phytopahology* 60: 729-731.
- Lyda, S. A. 1978., Ecology of *Phymatotrichum omnivorum* Ann. Rev. of *Phytopathology* 16:193-309.
- Matocha, J.E., and Hopper, F.L. 1995. Influence of soil properties and chemical treatments of *Phymatotrichopsis omnivora* in cotton. p. 224-229. En: (eds.). Ritcher, D.A., and Armour, J. Proceedings belt wide cotton conferences. San Antonio Texas.

- Mc Glohon N., E. 1975. Pecan leaf diseases. Reprinted from pecan south. March No 36.
- Medina M., E. y P. J. Aguilar. 1985. Características del suelo asociadas a pudrición texana en huertas nogaleras del norte de Coahuila. CIAN Informes de investigación en fruticultura 1:506-520.
- Medina, M.E. 1984. Estudio del suelo asociado con mortandad de árboles de manzano (*Malus spp.*) en la región de Nuevas Casas Grandes, Chih. UAAAN. Saltillo, Coah. Tesis de Maestría. Medina, M.E., y Aguilar, P.J. 1985. Características del suelo asociadas con pudrición texana (*Ph. omnivora*) en huertas nogaleras del norte de Coahuila. CIAN. Informes de Investigación Fruticultura 1: 506-520.
- Merrit R., N. T.V. Orum. R. Jaime G. 1999. Applications of geografic information systems and geostatis in plant disease epidemiology and management. Plant disease Vol . 83 N° 4 308-319 pp.
- Olsen M.,W. *et al.* 1981. Water relations in cotton plants infected with *Phymatotrichum omnivorum*. Phytopathology 71:1006.
- Pedroza S., A. 1998. Métodos Estadísticos aplicados a la fitopatología. II foro nacional de estadística. I Congreso nacional de estadística. I Meeting of the international biometric society guatemala Group. Universidad de San Carlos. Guatemala. 104 p.

- Pedroza S., A. 1999. Fitopatología Cuantitativa: un enfoque estadístico en el análisis epidémico. X congreso de la asociación latinoamericana de fitopatología y XXVI congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco. México 69 p.
- Percy R., G. 1983. Potential range of *Phymatotrichum omnivorum* as determined by edaphic factors. Plant disease 67: 981-983.
- Perches E., S. y G. López A. 1970. Tratamientos químicos, fumigantes y acidificantes al suelo para el control de Pudrición texana de la vid. Informa anual de labores CAELALA-CIANE-INIA-SAG. Matamoros Coah. México.
- Romero C., S. 1993. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco Edo. México. 125 pp.
- Salas F., A. 1997. El cultivo del nogal en: Manejo integrado de plagas del nogal, L. A. Rodríguez. y S. H. Tarango (Editores) Delicias Chihuahua México. 234 p.
- Samaniego G., J. A. Terrera P., A. Pedroza S. y J. Santamaría C. 2001 Relación entre Condiciones de Suelo y Manejo de Huertas de Nogal Pecanero *Carya illinoensis* Koch con la Dinámica de la Pudrición Texana, causada por *Phymatotrichum omnivorum* Duggar. Revista Mexicana de Fitopatología Vol. 19-1
- Samaniego J., A. 1994. Viabilidad de los esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar en suelos inundados y complementados con glucosa. Revista mexicana de fitopatología . 12: 125-133.

- Samaniego J., A. Y Herrera P. T. 1998. Comportamiento y diagnostico de la pudrición texana en nogal pecanero con el incremento de la pudrición texana y pérdidas en el cultivo. VI Simposium Internacional Nogalero, Torreón , Coahuila México.
- Samaniego J., M. Ulloa y T. Herrera, 1988. Micobiota del suelo en huertas de nogal atacadas por *Phymatotrichopsis omnivora*. Revista Mexicana de Micología 4: 43-57.
- Samaniego, J.A., Herrera, P.T., y Santamaría C. 1998. Influencia de las condiciones de suelo y manejo de las huertas de nogal pecanero con el incremento de la pudrición texana y pérdidas en el cultivo. VI Simposium Internacional Nogalero. ITESM campus Laguna. Torreón, Coahuila, México. p. 56-62.
- Stapper M F. S. D. Lyda y W. R. Jordan, 1984. Temperature water potential interactions on growth and sclerotial germination of *Phymatotrichum omnivorum*. Phytopathology 74:509-513.
- Streets R., B. and H. E. Bloss 1973. *Phymatotrichum* Root rot . Monograph N° 8 . The American Phytopathological soc. 38 pags. Ilus.
- Valle G., P. 1976. Evaluación de fumigantes y mejoradores orgánicos del suelo en sitios de replante para prevenir reinfección por pudrición texana en nogal. Matamoros Coahuila, México. CAELALA. Informe de investigación en fruticultura 1976.

- Valle G., P. 1976., Eficiencia del Benomyl y tiofanato metilico inyectados al suelo para el control de Pudrición texana en nogal. Informe anual de labores CAE. Matamoros, Coahuila. CIANE-INIA-SARH. México.

Consultas de internet:

Anónimo 1.- <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/resources.html>

Anónimo 2 .- <http://www.dartmouth.edu/~dbkarnes/jenks/jenks.html>

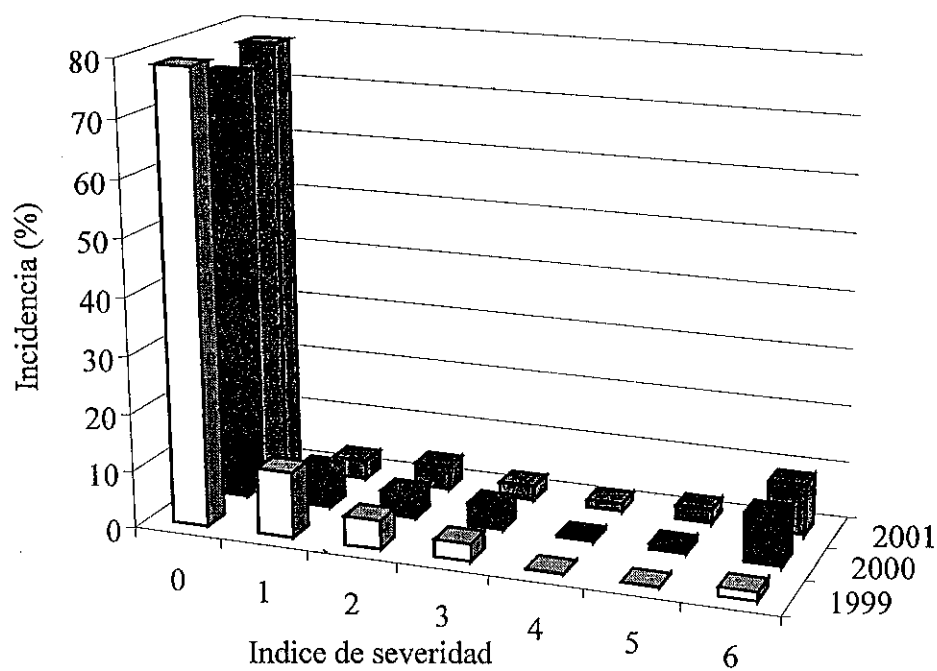
Anónimo 3.- <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/contents.html>

Anónimo 4.- <http://www.usgs.gov/research/gis/title.html>

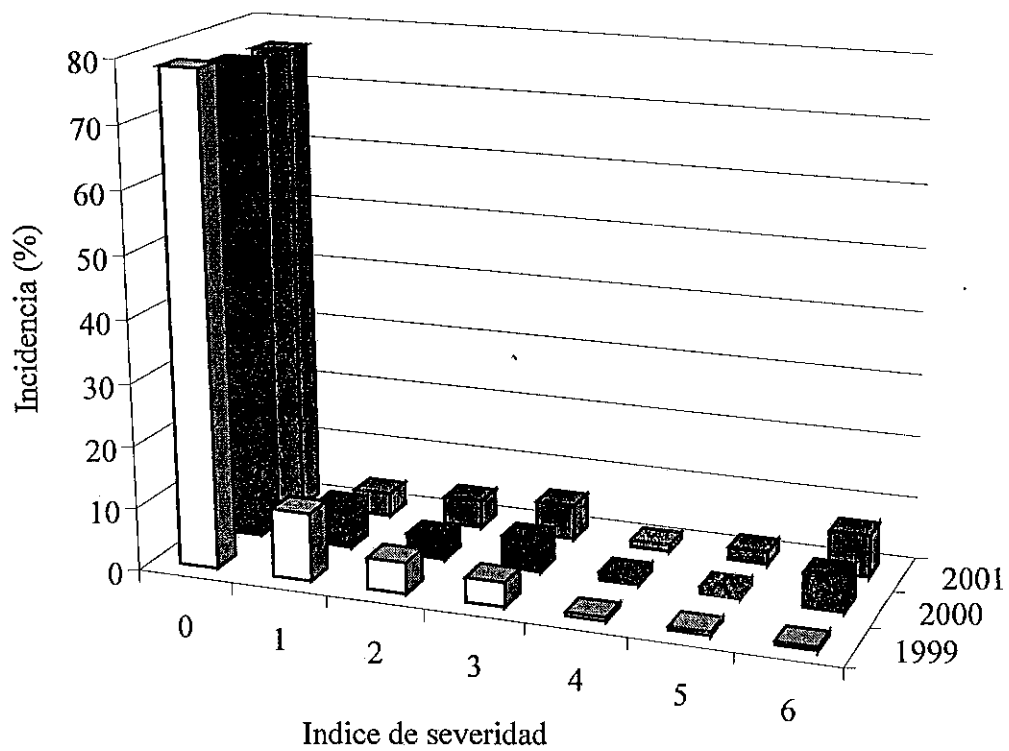
Anónimo 5.- <http://www.lib.berkeley.edu/UCBGIS/GISUSERS.HTML>

VII ANEXO

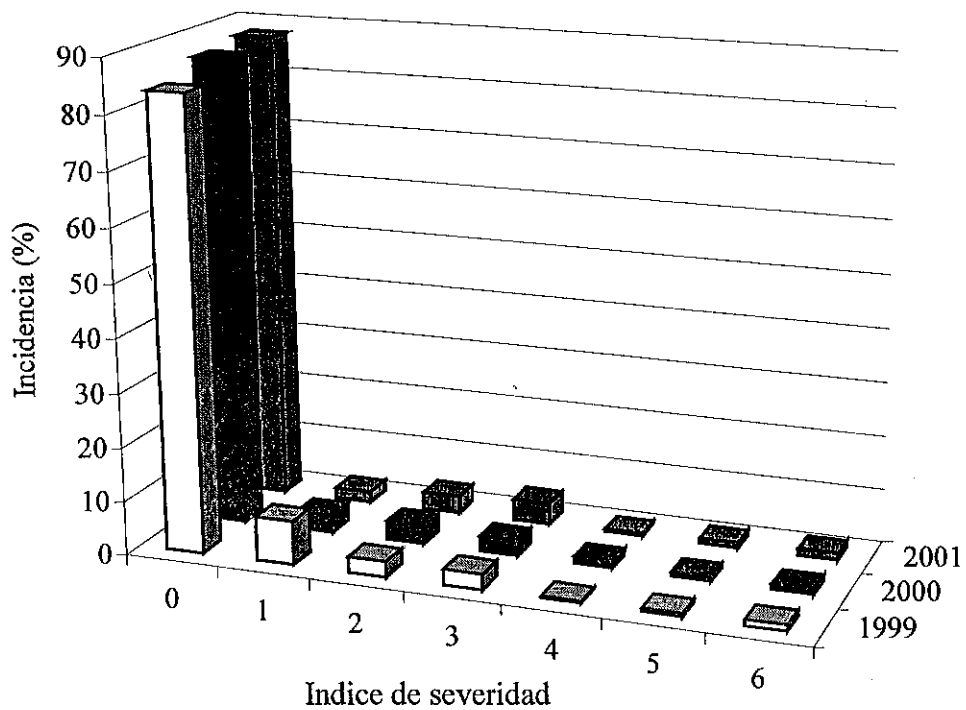
Incidencia y severidad de *Phymatotrichopsis omnivora* en cada una de las tablas de la huerta "El Hormiguero", Matamoros Coahuila.



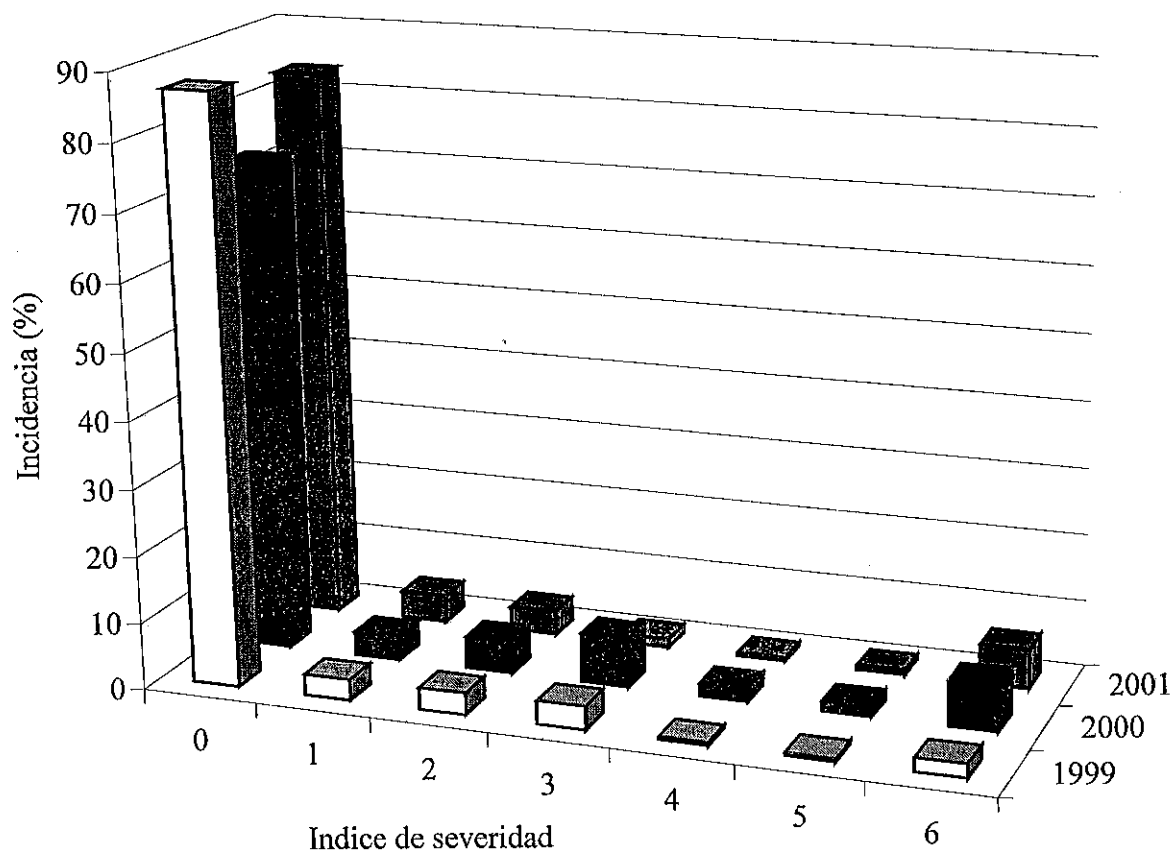
Anexo 1.- Comportamiento de la pudrición texana en la huerta "El hormiguero", Matamoros Coahuila de 1999 a 2001 en la parcela 1.



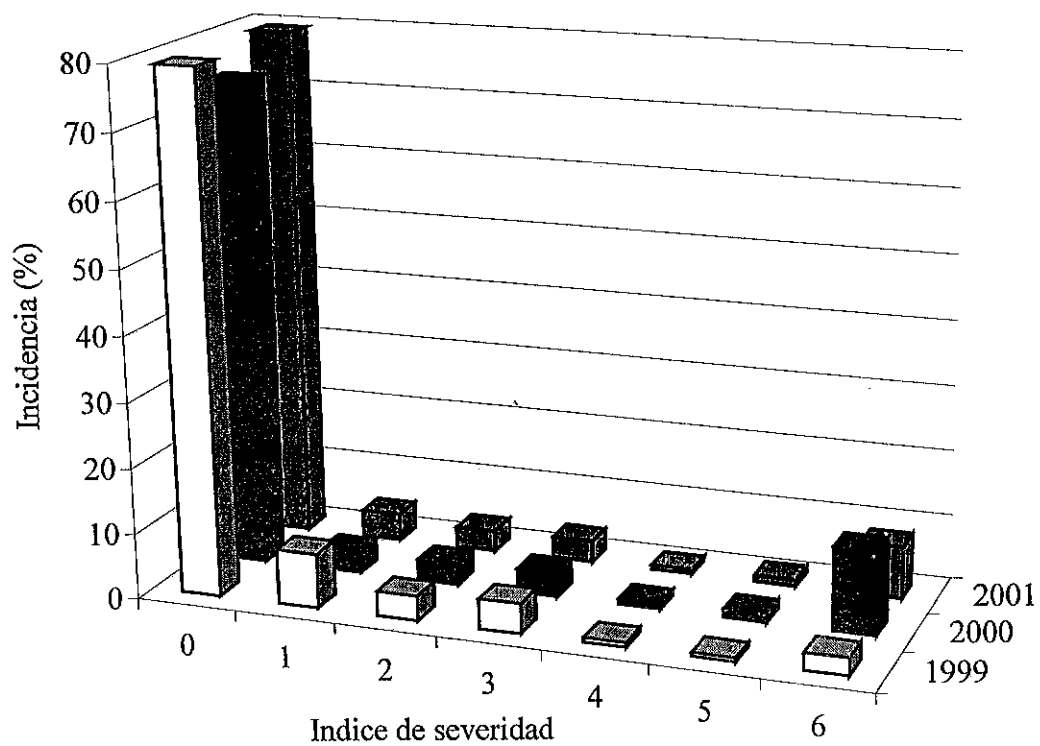
Anexo 2.- Comportamiento de la pudrición texana en la huerta “El hormiguero”, Matamoros Coahuila de 1999 a 2001 en la parcela 2.



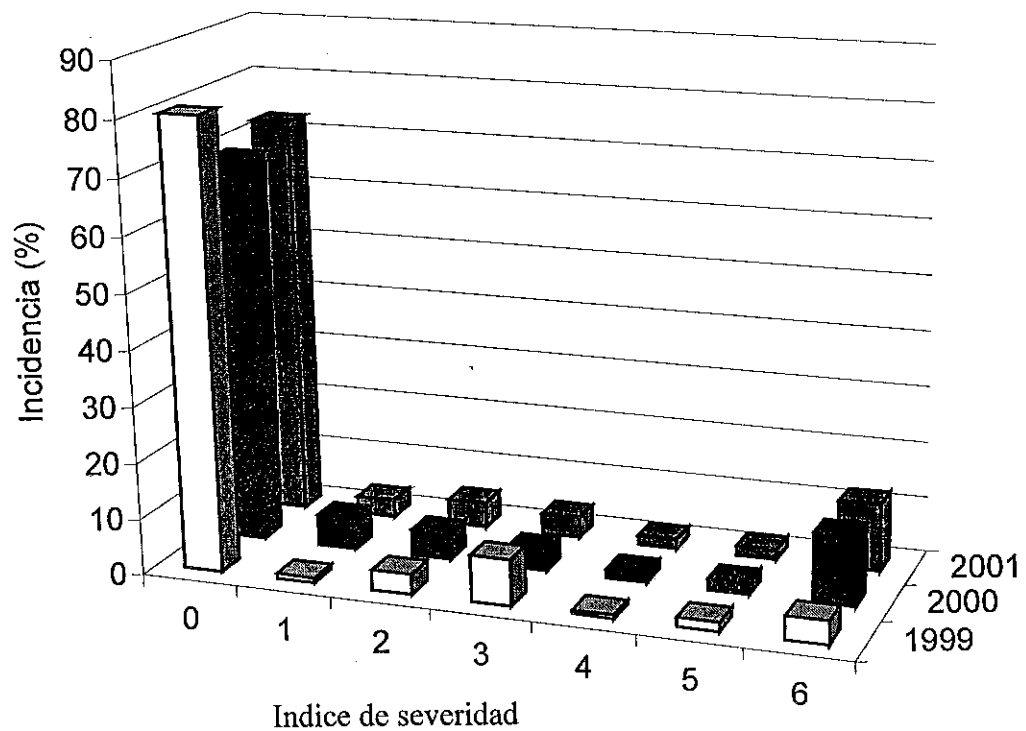
Anexo 3.- Comportamiento de la pudrición texana en la huerta “El hormiguero”, Matamoros Coahuila de 1999 a 2001 en la parcela 3.



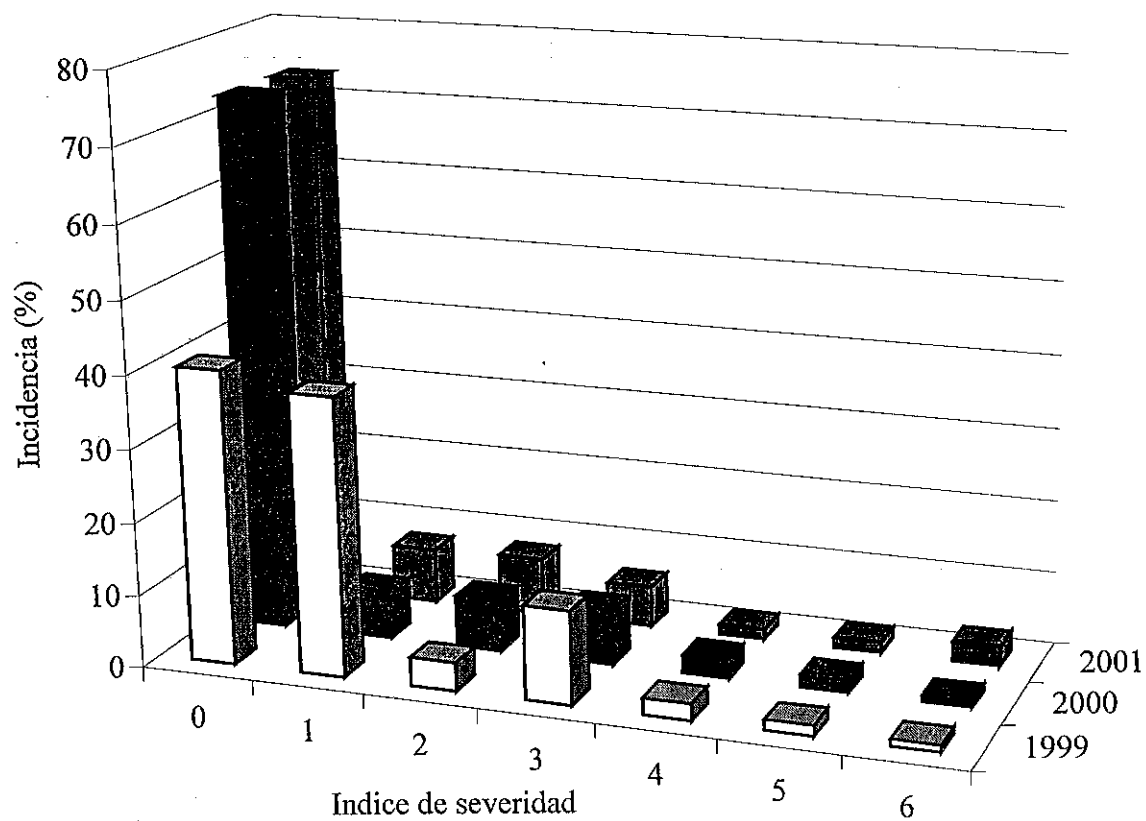
Anexo 4.- Comportamiento de la pudrición texana en la huerta “El hormiguero”, Matamoros Coahuila de 1999 a 2001 en la parcela 4.



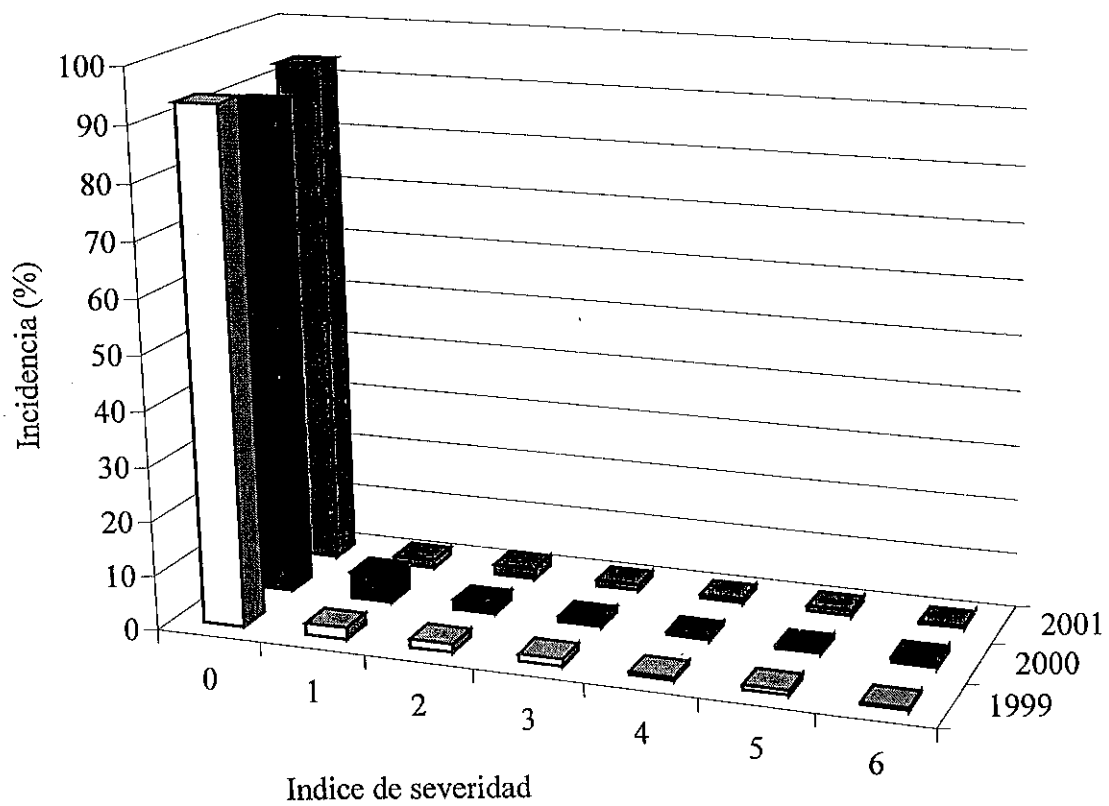
Anexo 5.- Comportamiento de la pudrición texana en la huerta “El hormiguero”, Matamoros Coahuila de 1999 a 2001 en la parcela 5.



Anexo 6.- Comportamiento de la pudrición texana en la huerta “El hormiguero”, Matamoros Coahuila de 1999 a 2001 en la parcela 6.



Anexo 7.- Comportamiento de la pudrición texana en la huerta “El hormiguero”, Matamoros Coahuila de 1999 a 2001 en la parcela 7



Anexo 8.- Comportamiento de la Pudrición texana en la huerta “El hormiguero”, Matamoros Coahuila de 1999 a 2001 en la parcela 8.