

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



PRONÓSTICO DEL MILDIU DE LA VID
Plasmopara viticola (Berk. & Curt.) Berl. & de Toni.

ALFREDO GARCÍA SANTOYO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

PRONÓSTICO DEL MILDIU DE LA VID
Plasmopara viticola (Berk. & Curt.) Berl. & de Toni.

POR:

ALFREDO GARCÍA SANTOYO

APROBADA POR:



Ph.D. FLORENCIO JIMÉNEZ DÍAZ

ASESOR PRINCIPAL

COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS



ING. VICTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINACION DE LA DIVISION
DE CARRERAS AGRONOMICAS
UAAAN UL

TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

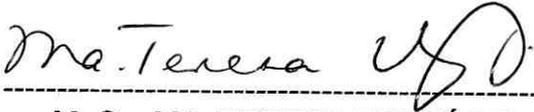
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR:



Ph.D. FLORENCIO JIMÉNEZ DÍAZ

PRESIDENTE



M. Sc. MA. TERESA VALDÉS P.

VOCAL



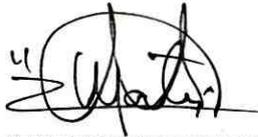
Ph.D. TEÓDORO HERRERA PÉREZ

VOCAL



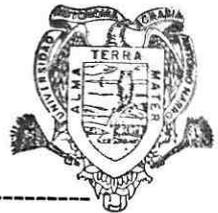
M.C. FRANCISCO J. SÁNCHEZ RAMOS

VOCAL SUPLENTE



ING. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS
UAAAN UL



COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO

NOVIEMBRE DEL 2000

CONTENIDO

PÁGINA

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	IV
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVO.....	6
HIPÓTESIS.....	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
1. Clasificación taxonómica.....	7
2. Ciclo biológico.....	8
3. Biología y ecología.....	11
4. Desarrollo de la enfermedad.....	13
5. Síntomas.....	14
6. Epidemiología.....	15
7. Desarrollo de modelos de pronósticos.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
1. Ciclo de vida del mildiu de la vid.....	19
2. Base de datos de clima.....	19
3. Modelo utilizado.....	19
4. Determinación del índice de maduración de acuerdo al modelo.....	20
5. Validación del modelo.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
1. Definición del ciclo de vida.....	24
2. Análisis de variables de clima.....	26
3. Modelo de pronóstico.....	31
4. Validación del modelo.....	33
CONCLUSIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
APÉNDICE.....	47
Base de datos de clima 1975-1998.....	48

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por ese largo camino andado...

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO", por ser uno de los grandes pilares donde la agricultura se sigue sosteniendo; forjando al hombre del presente.

A Don ANTONIO NARRO por su aguda visión, por su corazón de poeta y su sueño realizado.

A mis maestros, por esa enorme responsabilidad que llevan a cuestas, que es la enseñanza.

A mi asesor, Ph. D. Florencio Jiménez Díaz por ese enorme entusiasmo y su ferviente deseo de vernos llegar lo más lejos posible. GRACIAS

A la M. Sc. María Teresa Valdés Perezgasga, Ph. D. Teodoro Herrera Pérez y al ING. AGR. M.C. Francisco J. Sánchez Ramos, Maestros Investigadores de la UAAAN-UL, por su valiosa colaboración en la revisión de este manuscrito.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna, por permitirme realizar este trabajo.

Al H. Jurado Examinador por su colaboración.

A mi "ALMA TERRA MATER"
Simplemente, por todo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Por su cariño, comprensión y apoyo

MARÍA SANTOYO DE LA ROSA
GABRIEL GARCÍA VELASQUEZ (†)

Por ese largo sendero lleno de luces y recuerdos

A MI ESPOSA:

Por su infinita paciencia

MARÍA TERESA

Porque nuestro horizonte sea más amplio,
lleno de tareas por cumplir

A MIS HIJAS:

VIRIDIANA Y ALEJANDRA

Porque aún hay camino por seguir y montañas por
escalar...

A MIS HERMANOS:

Porque aún siendo muchos, seguimos juntos

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS DE GENERACIÓN:

Porque nuestro sendero sea largo y lleno de esperanza

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Ciclo de vida del mildiu <i>Plasmopara viticola</i> (Berk. & Curt.) Berl. & de Toni.	25
2	Comportamiento de la temperatura media (°C) mensual durante los ciclos analizados	27
3	Precipitación mensual (mm) durante los ciclos 1985-86 y 1986-87	28
4	Precipitación mensual (mm) durante los ciclos 1987-88 y 1994-95	29
5	Precipitación mensual (mm) durante los ciclos 1996-97 y 1997-98	30
6	Índices de maduración mensual de oosporas de <i>Plasmopara viticola</i> , durante los ciclos analizados	35
7	Relación entre la severidad observada del mildiu de la vid bajo condiciones de campo y los índices de maduración de la fase invernante del hongo (oosporas)	38

ÍNDICE DE CUADROS

NÚMERO	PÁGINA
1 Índices de maduración mensual de oosporas de <i>Plasmopara viticola</i> calculados para el periodo de septiembre a mayo de los ciclos 1996-97 y 1997-98	32
2 Índice de maduración de oosporas de <i>Plasmopara viticola</i> y severidad del mildiu de la vid observada en los ciclos de validación.	33
3 Relación lineal entre la severidad observada ocasionada por el mildiu de la vid y los índices mensuales de maduración de oosporas del hongo <i>Plasmopara viticola</i>	37

RESUMEN

El mildiu de la vid es una enfermedad causada por el hongo *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & de Toni., y ocurre en la mayoría de los viñedos del mundo ocasionando defoliaciones prematuras o fuera de época. Estas defoliaciones evitan la maduración de la madera, incrementan el riesgo de daño por heladas y disminuyen la brotación al año siguiente, lo que a mediano y largo plazo afecta la capacidad productiva de la parra, al reducir su capacidad general.

Una de las condiciones que favorece el desarrollo del mildiu es la ocurrencia de suficiente precipitación, por lo cual, bajo las condiciones de la Comarca Lagunera, la enfermedad no se desarrolla en todos los ciclos agrícolas. Con el fin de predecir la posible ocurrencia de la enfermedad bajo condiciones locales (clima árido), se desarrolló un modelo basado en la estimación del Índice de Maduración de Oosporas (fase invernante del hongo), el cual, se determinó utilizando un umbral mínimo y un umbral máximo de precipitación.

El Índice de Maduración de Oosporas (IMO), se calculó mensualmente desde Septiembre de 1998 (periodo de inicio de formación de oosporas) hasta Mayo de 1999 (época de maduración temprana de oosporas). El Índice Final de Maduración de Oosporas calculado para el mes de Mayo (Según el modelo) fue de - 4.8. En los recorridos de campo visitando los viñedos regionales no se detectó la presencia de la enfermedad durante los meses de Junio a Agosto de

1999. El modelo se correlacionó utilizando el IMO calculado para el hongo y los datos de ocurrencia real de la enfermedad durante los ciclos 1985-86; 1986-87; 1987-88; 1994-95; 1996-97 y 1997-98, determinando un 87% de confiabilidad en la predicción de ocurrencia de la enfermedad.

INTRODUCCIÓN

Los daños más severos del mildiu de la vid *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & de Toni., en la Comarca Lagunera, ocurrieron durante los ciclos fenológicos de la vid en 1972 a 1974, años en donde la mayoría de las variedades de vid sufrieron defoliaciones severas a consecuencia del ataque de esta enfermedad (Herrera y Jiménez, 1993). La ocurrencia de estos ataques coincidió con la presencia en dos años anteriores de altas precipitaciones, lo cual activó y multiplicó el inóculo primario y secundario ocasionando una amplia distribución del mismo y su implantación en la mayoría de los viñedos y variedades de vid.

Los viticultores regionales iniciaron los programas de control de esta enfermedad utilizando fungicidas, de los cuales el tradicional y más efectivo es el caldo bordelés (Sulfato de cobre + Hidróxido de calcio). Sin embargo, su uso y aplicación presenta dificultades, ya que requiere atención especial en su preparación para evitar la oxidación del equipo de aplicación y presenta la limitante de no poderse mezclar con otros agroquímicos. La aparición en el mercado de varios fungicidas (sobre todo a base de cobre) facilitó su aplicación y su uso en el control simultáneo de enfermedades y plagas. Sin embargo, el costo de los productos químicos, el uso del equipo específico de aplicación y su efecto en la contaminación de la fruta y medio ambiente crearon la necesidad de contar con nuevas herramientas que puedan ser implementadas en un manejo integrado de la enfermedad.

El desarrollo de diferentes métodos para pronosticar la ocurrencia de las enfermedades en base a la observación y análisis de factores de clima se inició en la década de 1940, época en donde la enfermedad conocida como "Roña de la Manzana" se asoció a factores climáticos caracterizados por alta precipitación, logrando mediante observaciones empíricas pronosticar acertadamente su ocurrencia relacionada con la lluvia y desarrollo fenológico del hospedero (Clerjeau, 1993).

A la fecha existen diferentes aproximaciones en el desarrollo de estos modelos, algunos todavía basados en observaciones empíricas de la ocurrencia de condiciones favorables de clima (básicamente precipitación y temperatura) hasta modelos sofisticados hechos para computadora (Sung *et al.*, 1990).

El clima desértico de la Comarca Lagunera (Koeppen, 1948), con períodos cíclicos de ocurrencia de altas precipitaciones alternados por largos períodos de sequía son apropiados para el desarrollo y uso de modelos para pronosticar la ocurrencia de enfermedades asociadas con precipitación. Tal es el caso del mildiu de la vid, enfermedad que requiere de por lo menos 10 mm de precipitación para el inicio de su desarrollo (Bovey, 1971). De la misma manera, la precipitación ha sido asociada a la formación y maduración de oosporas como fase invernante del hongo, las cuales son el inoculo primario que dispara la ocurrencia de la enfermedad en el verano (García, 1995).

El contar con un modelo que les permita a los viticultores de la Comarca Lagunera planear las aplicaciones de fungicidas desde el mes de Mayo y de esa manera evitar las que sean innecesarias, se considera como una herramienta que

ayudará a disminuir el costo del cultivo y el impacto de la contaminación de la fruta y del medio ambiente por el uso de productos químicos.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es el siguiente:

Validar un modelo de predicción del mildiu de la vid con relación a precipitación, que permita mediante la estimación del Índice de Maduración de Oosporas (fase Invernante del hongo), determinar la posible ocurrencia de la enfermedad, bajo las condiciones de clima de la Comarca Lagunera.

HIPÓTESIS:

Para el presente trabajo se desarrollaron las siguientes hipótesis:

H_1 = El índice de Maduración de Oosporas permite pronosticar la ocurrencia de ataques del mildiu de la vid de acuerdo a la precipitación.

H_2 = El Índice de Maduración de Oosporas no permite pronosticar la ocurrencia de ataques del mildiu de la vid.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Clasificación taxonómica

El hongo *P. viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & de Toni. causante del mildiu de la vid se clasifica de la siguiente manera (Alexopoulos, 1979):

Reino..... Hongos
División..... Eumycota
Subdivisión..... Mastigomycotina
Clase..... Oomycetes
Orden..... Peronosporales
Familia..... Peronosporaceae
Género..... *Plasmopara*
Especie..... *P. viticola*

2. Ciclo biológico

En el ciclo biológico de *P. Viticola* se presentan tanto la etapa sexual como la etapa asexual.

Reproducción sexual: el ciclo biológico del mildiu se inicia con las oosporas invernantes (inóculo primario), contenidas en las hojas muertas como forma sexual del hongo y ocurre por la unión de un anteridio y un oogonio derivados de una expansión terminal de una hifa.

La meiosis se realiza en los órganos sexuales, los núcleos masculinos pasan del anteridio al oogonio por medio de tubos de germinación. La reproducción sexual da origen a una o más esporas de resistencia denominadas oosporas. Estas oosporas son viables por más de un año y constituyen las fase de sobrevivencia invernal del hongo (Clerjeau, 1993).

Durante la primavera del año siguiente con el ambiente suficientemente húmedo y con temperaturas superiores a los 12 ° C las oosporas germinan en agua libre dando lugar a uno u ocasionalmente dos tubos germinativos. Estos tubos germinativos terminan en un esporangio, en forma de pera que contiene las zoosporas las cuales al liberarse nadan durante unos cuantos minutos, se enquistan y emiten un tubo germinal que penetra por las estomas para formar el micelio interno, ramificado con unas estructuras esféricas llamadas haustorios de 4-10 micras de diámetro, que el hongo utiliza para alimentarse de las células invadidas (Pearson y Goheen, 1988).

Al avanzar el ciclo vegetativo, cuando la temperatura desciende en el micelio interno de las hojas se forman las oosporas invernantes que quedan en las

hojas cayendo al suelo para volver a iniciar un nuevo ciclo en la primavera siguiente (Webster, 1970).

Reproducción asexual: una vez que las oosporas de *P. viticola* han germinado, el micelio interno produce esporangióforos que emergen del envés de las hojas. Cada esporangióforo mide de 140 a 250 micras de longitud. Los esporangióforos de *P. viticola* emergen por los estomas de cuatro a seis, pero en ocasiones pueden ser hasta 20 y cada uno de ellos produce de 4 a 6 ramas en ángulos casi rectos con respecto al eje principal y cada rama produce 2 ramas secundarias de forma similar. Los esporangióforos tienen un crecimiento definido y al alcanzar la madurez detienen su crecimiento y producen a nivel de las puntas de las ramas secundarias esporangios individuales en forma de limón que miden 14 x 11 micras. Todos los esporangios que nacen de un esporangióforo tienen la misma edad. (Handlin, 1978).

Los esporangios son diseminados por el viento o llevados por el agua y germinan en presencia de humedad. Por lo general, los esporangios germinan por medio de zoosporas que emergen de ellos (Agrios, 1996).

Cada esporangio produce de 1 hasta 10 zoosporas biflageladas de 6-8 x 4-5 micras, con un flagelo de tipo tinsel que se proyecta anteriormente y otro flagelo de tipo látigo que se proyecta hacia atrás estos flagelos se forman por segmentación citoplásmica en el esporangio (García, 1995).

Las zoosporas son unicelulares, la unión de protoplasma entre la hifa originada de diferentes zoosporas puede ocurrir dentro del tejido parasitario y da lugar a un micelio heterocariótico (Bessey, 1950).

Las zoosporas escapan a un lado del esporangio opuesto a su punto de unión, puede ser a través de una abertura en la parte terminal o directamente perforando la pared (Colhoun, 1966).

3. Biología y ecología

El mildiu de la vid *P. viticola* es un parásito obligado que se encuentra presente y distribuido en todas las regiones donde el cultivo de la vid es intensivo. Las condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de la enfermedad consisten en precipitaciones mayores de 10 mm durante 24 horas y una temperatura de 18-24 °C. Cuando las condiciones ambientales son favorables y cuando no se brinda a las plantas protección alguna contra la enfermedad, el mildiu de la vid puede destruir con gran facilidad del 50 al 75% del follaje en una sola estación (Clerjeau, 1993).

Existen cinco importantes procesos en el ciclo del patógeno causante del mildiu de la vid:

- 1) Liberación de zoosporas de las oosporas invernantes (inoculo primario),
- 2) infección de las hojas sanas por las zoosporas,
- 3) incubación del hongo en las hojas infectadas
- 4) esporulación (etapa asexual) y
- 5) formación y maduración de oosporas.

Las oosporas de *P. viticola* (fase invernal) se encuentran en las hojas caídas en la superficie del suelo las que están influenciadas por la humedad del suelo, que juega un papel muy importante. Las condiciones de maduración óptimas son cuando en la época de Otoño–Invierno se presentan lluvias regularmente distribuidas. La germinación de las oosporas en el agua ocurre cuando éstas están maduras.

Los ciclos de patogénesis en el mildiu están estrechamente ligados a las condiciones de humedad y de temperatura. A mayor temperatura, con la humedad necesaria el ciclo se termina en menos días que con temperaturas más bajas (García, 1995).

Se requiere una humedad relativa de 95-100 %, una temperatura superior a los 12 °C y un mínimo de 4 horas de obscuridad para la germinación de las oosporas; bajo estas condiciones la penetración se realiza en 70 minutos.

La infección generalmente ocurre en la mañana. El tiempo para que aparezcan los primeros síntomas es de 4 días. Esto es influenciado por la hoja, la temperatura y la humedad (Blaezer y Weltzien, 1979).

4. Desarrollo de la enfermedad.

Las hojas muertas que contienen las oosporas del hongo se desintegran durante el invierno y estas quedan parcialmente libres en el suelo. Durante la temporada de lluvia, en la primavera, las oosporas germinan dando lugar a las zoosporas que han sido llevadas por el viento o salpicadas por la lluvia e infectan las hojas más cercanas al suelo (Boubals, 1988).

El micelio se propaga en los espacios intercelulares de las hojas infectadas y continúa creciendo en los tejidos de la planta y al llegar a la cavidad subestomática forma una almohadilla micelial de la que surgen esporangióforos que emergen a través de las estomas. El hongo produce numerosos esporangios o conidios que son llevados por el viento o la lluvia hacia plantas sanas de los alrededores que germinan produciendo zoosporas, las cuales producen infecciones secundarias (Royle y Thomas, 1973)

El periodo comprendido entre la aparición de la infección y la formación de nuevos esporangios varía de 5 a 18 días dependiendo de la humedad, temperatura y susceptibilidad de las variedades (Clerjeau, 1993).

En los tallos jóvenes de las plantas, el hongo invade la corteza, los rayos del parenquima y la médula. Las células afectadas del tallo se colapsan y mueren produciendo zonas cafés hendidas en su superficie (Deacan, 1990).

En las bayas inmaduras la infección es intercelular, la clorofila se degrada y desaparece cambiando a color café (Agris 1996).

5. Síntomas

La enfermedad se desarrolla en todos los órganos verdes y en las inflorescencias y racimos jóvenes. En las hojas, principalmente en las más jóvenes se observa en el haz de la hoja, manchas de color amarillento y apariencia aceitosa de forma circular o irregular que a medida que se expanden se juntan e invaden toda la hoja formando grandes zonas muertas sobre las hojas. Después las zonas infectadas de la hoja se mueren, empardeciendo y los esporangióforos del hongo situados sobre el envés de la hoja adquieren una tonalidad gris oscura. Los zarcillos e inflorescencias se observan cubiertos por una especie de algodón, después pierde humedad y se secan por completo. En los frutos se observan manchas pequeñas de aspecto aceitoso donde aparecen las fructificaciones del hongo, como consecuencia los frutos se arrugan (Agrios, 1996).

6. Epidemiología

Existen documentos bibliográficos que citan el comportamiento de *P. viticola* con relación a humedad y temperatura.

Du Pisani (1970), demostró que las condiciones para la infección primaria por el inoculo invernante de *P. viticola* incluyen una precipitación mínima de 10 mm, una temperatura mínima de 10°C y brotes de 10 cm de largo o mayores. Para la infección secundaria por medio de conidias, las hojas deben de permanecer húmedas por 4 horas o más (rocío o lluvia) y la temperatura debe de ser de 12°C o más alta.

Corneli (1932), estimó que si el punto de rocío (temperatura que ocasiona la germinación de las zoosporas de *P. viticola* al condensar la humedad en el ambiente) fue mayor que 12°C, la temperatura más baja en la cual ocurre la germinación se puede presentar un ataque de la enfermedad. Concluyó que bajo las condiciones que prevalecen en el centro de Italia donde la temperatura diaria promedio al final de la primavera y durante el verano favorece la infección, el factor predominante que conduce a un ataque es siempre la presencia de humedad.

Blaezer y Weltzien (1979), al realizar estudios de laboratorio y campo encontraron que el número de esporangios producidos en parras inoculadas se correlacionó positivamente con temperatura. Los esporangios no se produjeron a temperatura menor de 9° C y la esporulación sólo ocurrió a humedad relativa de 98% o mayor. Un mínimo de 4 horas de oscuridad fue necesario para esporulación. La viabilidad de la esporangia disminuyó al aumentar la temperatura

y disminuir la humedad relativa. La dispersión en el campo fue exclusivamente por golpeo de la lluvia.

Dry (1976), realizó observaciones de la ocurrencia del mildiu mencionando que los esporangios se forman solamente en ausencia de luz y con una humedad relativa mayor de 85% y temperatura entre 15 y 25°C durante por lo menos 4 horas después de media noche. La dispersión más abundante de esporas ocurre cuando el período de humedad es seguido por un cambio en la humedad relativa (a un mayor cambio ocurre una mayor dispersión). La disminución de humedad relativa generalmente ocurre durante la mañana. Los esporangios raramente sobreviven más de uno o dos días, ya que son susceptibles a la radiación solar. La infección ocurre solamente con la presencia de agua en las hojas y es a través de las estomas, necesitando por lo menos 70 minutos a 22°C.

Rafailla *et al.* (1968), reportaron que la temperatura no afecta el tamaño del conidióforo de *P. viticola*, pero que si afecta al esporangio, el cual alcanza su mayor tamaño a temperaturas entre 20 y 23°C, disminuyendo a temperaturas altas. Por otro lado, los conidióforos son mayores en alto contenido de humedad.

Marais y Knox-Davies (1974), desarrollaron estudios epidemiológicos del mildiu de la vid, dividiendo las áreas vitícolas de África en zonas de incidencia de la enfermedad usando datos de clima. El clima en primavera favoreció la infección. Sin embargo, la ocurrencia de condiciones secas por más de 9 semanas eliminó el hongo de las hojas infectadas de vid. Consideran que cuando ocurre lluvia en verano se presentan epidemias severas.

Blaeser y Weltzien (1979), remarcaron que además de los períodos de incubación, los siguientes factores son importantes para el desarrollo de la epidemia del mildiu de la vid: condiciones de infección (suma de temperatura durante el período de humedad por lo menos 50°C), condiciones de esporulación (obscuridad y por lo menos 13°C y 98% de humedad relativa), viabilidad de esporangia (máximo 6 horas de temperatura debajo de 30°C), dispersión de esporangios (sólo por lluvia y viento).

7. Desarrollo de modelos de pronóstico.

Clerjeau (1993), describe dos tipos de modelos para el pronóstico del mildiu de la vid: a) Los modelos descriptivos que simulan los ciclos de infección secundaria, los cuales permiten conocer las fechas de infección y esporulación. Sin embargo, están limitados por la dificultad de poder cuantificar el nivel inicial del riesgo después de la aparición de los primeros focos de infección y b) los modelos sistémicos que calculan la gravedad de los daños en caso de un evento climático favorable a la expresión de la enfermedad. Con este último han establecido estrategias de tratamiento a partir de valores aportados por el modelo, logrando evitar hasta 5 ó 6 tratamientos.

Hoppmann (1991), desarrolló el modelo de pronóstico del mildiu de la vid en Alemania y consideró las siguientes condiciones mínimas esenciales para la ocurrencia de la enfermedad: oscuridad (entre 10:00 p.m. y 4:00 a.m. en junio), 4 horas continuas que la hoja debe permanecer mojada, temperatura arriba de 12.5°C al inicio del período de humedad y un promedio de 11°C de temperatura en

las siguientes 4 horas. Consideró que la humedad de la hoja es el factor más importante.

Vercesi *et al.* (1991), validaron el modelo EPI (Estado Potencial de Infección) para predecir el mildiu de la vid en Italia. En general encontraron que las predicciones de este modelo fueron confiables al indicar el riesgo, particularmente en los años en donde la infección fue severa al inicio del ciclo. Sin embargo, el modelo consideró un bajo riesgo durante 1989, año en el cual se observó el ataque más severo de la enfermedad debido a lo cual introdujeron una modificación, considerando un factor que expresa la capacidad del patógeno para amplificar sus efectos bajo condiciones favorables.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Ciclo de vida del mildiu de la vid

Se definió los periodos de ocurrencia de la fase primaria y secundaria del ciclo del mildiu de la vid bajo las condiciones de la Comarca Lagunera en base a las observaciones de la ocurrencia de la enfermedad en ciclos anteriores.

2. Base de datos de clima

Se concentró la información de la estación climatológica del Campo Experimental de la Laguna para contar con una base de datos de clima (principalmente precipitación) desde 1975 a 1998 con el fin de utilizarse para los análisis de relación entre estas variables climáticas y valores de crecimiento de la enfermedad.

3. Modelo utilizado

El modelo utilizado se basa en el modelo EPI (Estado Potencial de Infección) adaptado a las condiciones de clima de la Comarca Lagunera.

Sobre la base del ciclo de vida de la enfermedad en este modelo se trabajo solamente en la fase primaria, dejando para estudios posteriores la observación de los ciclos secundarios. Se estableció una relación entre las condiciones de clima durante la fase invernante del hongo y la intensidad de ataques del mildiu durante el verano, partiendo de la hipótesis de que la severidad de la enfermedad en el verano podría estar relacionada con la maduración de las oosporas del

hongo (fase invernante) la cual podrá depender de la precipitación de otoño-invierno. Tomando en consideración esta hipótesis se desarrolló un modelo basado en el análisis de clima con el fin de determinar el Índice de Maduración de Oosporas y la severidad del ataque de la enfermedad el verano siguiente.

4. Determinación del Índice de Maduración de acuerdo al modelo.

Se determinó el Índice de Maduración de las Oosporas (IMO), fase invernante de *P. viticola* asumiendo las siguientes consideraciones:

- El hongo está adaptado a condiciones climáticas locales, lo cual significa que la cantidad de lluvia y el mínimo número de días con lluvia necesarios para la maduración óptima de la población de oosporas probablemente corresponda a los promedios calculados en un período de tiempo anterior.
- Se toma en consideración la distribución de la lluvia.
- Tanto la falta como el exceso de precipitación son negativas para la maduración de oosporas.

CALCULOS:

Hm= Umbral mínimo de precipitación

Umbral de precipitación diaria abajo del cual la falta de lluvia podría tener un efecto negativo sobre la maduración de oosporas

Hm= Promedio de Precipitación Mensual en los últimos años.

Promedio mensual del número de días con lluvia calculado en los últimos años

HM= Umbral máximo de precipitación

Precipitación diaria arriba de la cual más lluvia podría tener efectos negativos sobre la maduración de oosporas

HM=PM+ Desviación estandar de PM

Número de días con lluvia en el mes calculado en los últimos años

PM = promedio de precipitación mensual en los últimos años.

POR LO TANTO:

- Si el umbral mínimo resulta menor que la precipitación diaria y esta es menor o igual que el umbral máximo, entonces es positiva para ese día.
- Si la precipitación diaria es menor que el umbral mínimo entonces falta precipitación. La precipitación faltante es igual al umbral mínimo menos la precipitación diaria.
- El exceso de lluvia para un día es igual a la precipitación diaria menos el umbral máximo, la positiva diaria sería el umbral máximo.

Para el mes M con n días.

La positiva mensual = Suma de positivas diarias. La negativa mensual = Exceso del mes menos la falta de precipitación del mes, lo cual es igual a la suma del exceso diario menos la suma de la falta de precipitación diaria.

ECUACIONES:

$$Im (M) = (Pos (M) - neg (M)) + Im (M-1)$$

En donde:

Im (M) = Es el índice de maduración calculado para el mes M

Im (M-1) = Índice de maduración calculado para el mes anterior

Im = Se calcula al final de cada mes, desde septiembre (período de inicio de formación de oosporas) hasta mayo (maduración temprana de oosporas)

5. Validación del modelo

Durante los meses de julio a octubre de 1999, se realizaron recorridos de campo en tres viñedos regionales con los cultivares Málaga Roja y Rosa del Perú, con el fin de registrar la ocurrencia de la enfermedad bajo condiciones naturales. Para su registro se utilizó la siguiente escala arbitraria:

1. Enfermedad ausente o mínima
2. Enfermedad presente en pocas parras con síntomas claros en las hojas jóvenes
3. Enfermedad presente en la mayoría de las parras con síntomas presentes en todas las hojas

4. Enfermedad presente en todos los viñedos ocasionando defoliaciones severas y consecutivas desde el mes de julio.

Una correlación del modelo se realizó calculando el índice de maduración de oosporas del hongo *P. viticola* con relación a clima durante los años 1985-86, 1986-87, 1987-1988, 1994-95, 1996-97 y 1997-98 períodos en los que se tenían tanto datos de clima como registros de la incidencia y severidad de la enfermedad en los viñedos regionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Definición del ciclo de vida

Como resultado de las observaciones de la ocurrencia de la enfermedad bajo condiciones naturales en la Comarca Lagunera durante años de incidencia y severidad media y alta se determinó el ciclo de vida del mildiu de la vid (Figura 1),

La infección primaria de la enfermedad ocurre principalmente en las hojas y generalmente durante el mes de Julio (presencia de síntomas visibles sobre las hojas) aunque en algunos años las condiciones climáticas que disparan esta infección ocurren a finales de Junio. Los ciclos secundarios de la enfermedad se presentan en Julio, Agosto, Septiembre y Octubre, los cuales suceden cuantas veces ocurran condiciones de clima favorables para el desarrollo de la enfermedad, llegando en algunos años a registrarse hasta 5 ciclos secundarios. Las primeras defoliaciones a consecuencia de la enfermedad suceden a principios de agosto y las primeras rebrotaciones a finales del mismo mes.

La formación de la fase invernante del hongo (oosporas) se inicia durante el mes de Septiembre y ocurre en las hojas necróticas caídas al suelo. En los meses posteriores, las condiciones climáticas definen la maduración de este inoculo primario, a consecuencia de la cual ocurrirán ataques de mayor o menor severidad durante la infección primaria de Julio.

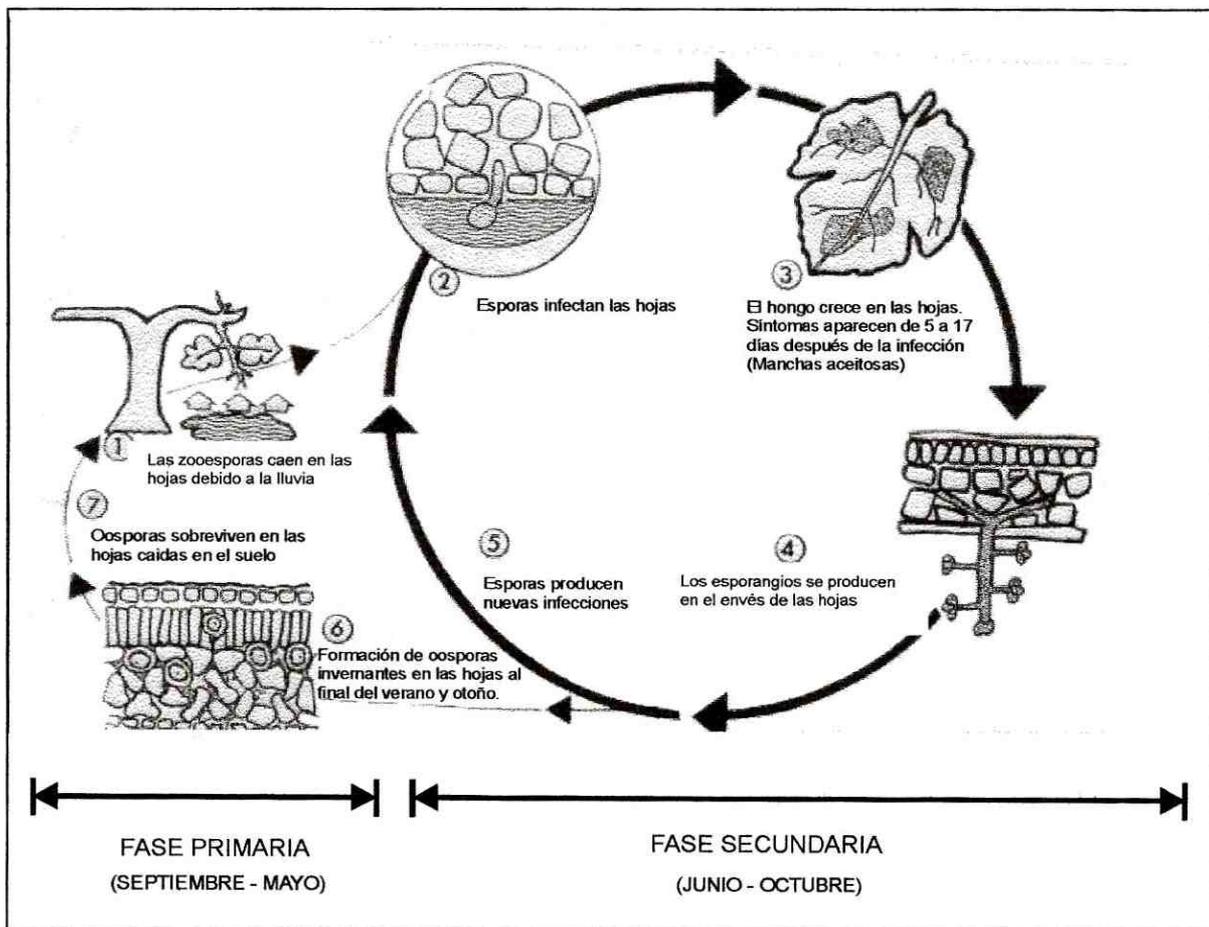


Figura 1. Ciclo de vida del Mildiu de la vid *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.)

Berl. & de Toni, en la Comarca Lagunera

2. Análisis de variables de clima

Se analizaron las variables de temperatura y precipitación para los meses de Septiembre a Mayo de los años 1985-86, 1986-87, 1987-88, 1994-95, 1996-97 y 1997-98.

Al observar la gráfica del comportamiento de la temperatura media durante esos meses a través de cada uno de los ciclos no se detectó una diferencia manifiesta entre los años (Figura 2). Sin embargo, al graficar el promedio de precipitación mensual a través de esos años (Figura 3, 4 y 5), se observó que las precipitaciones más elevadas ocurrieron durante 1985-86 y 1986-87, años en los cuales se registraron los ataques más severos del mildiu en la Comarca Lagunera. Por esta razón se consideró la precipitación como el factor más importante en el desarrollo de la enfermedad.

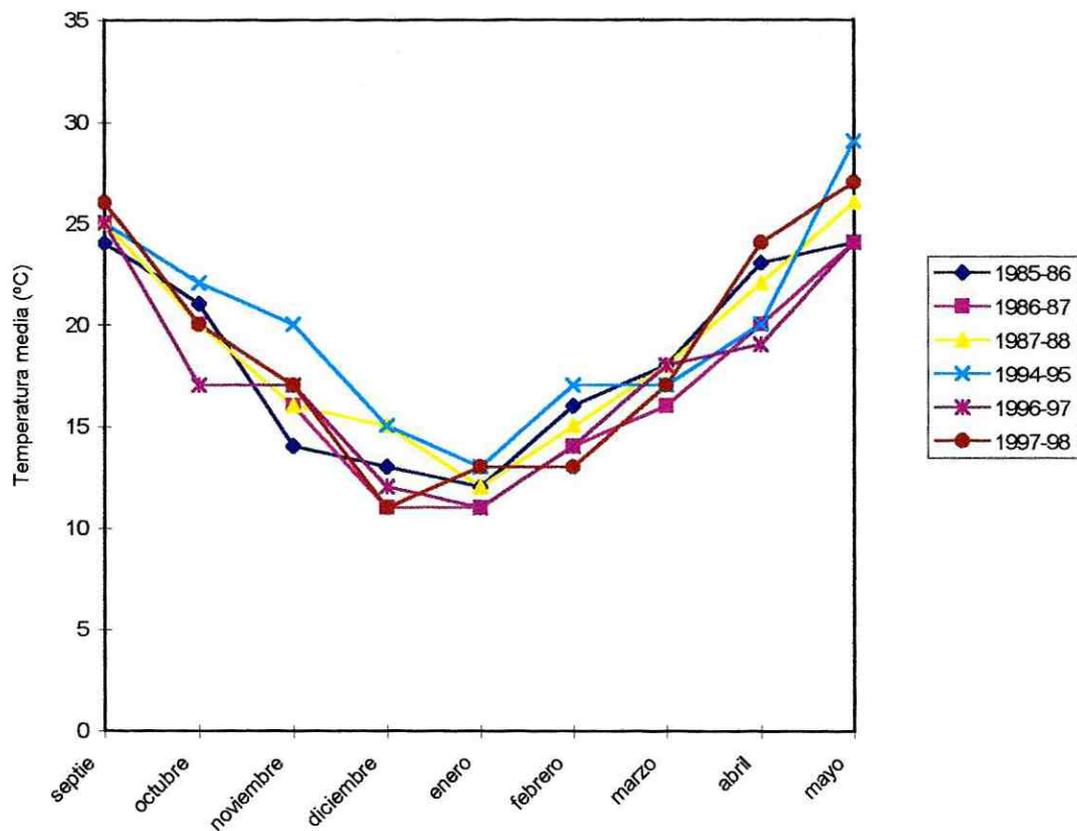
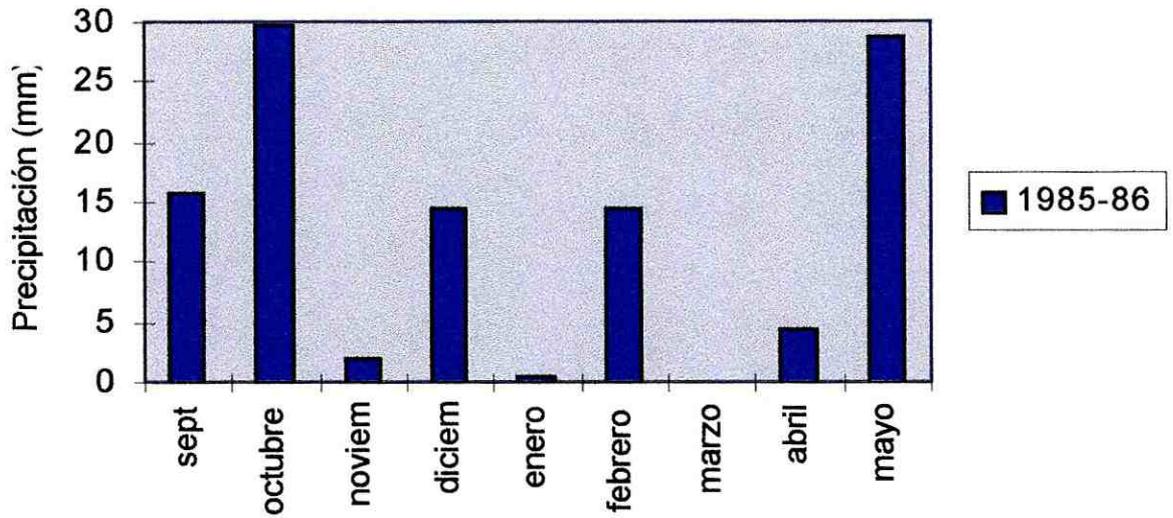


Figura 2. Comportamiento de la temperatura media (°C) mensual durante los ciclos analizados

1985-86



1986-87

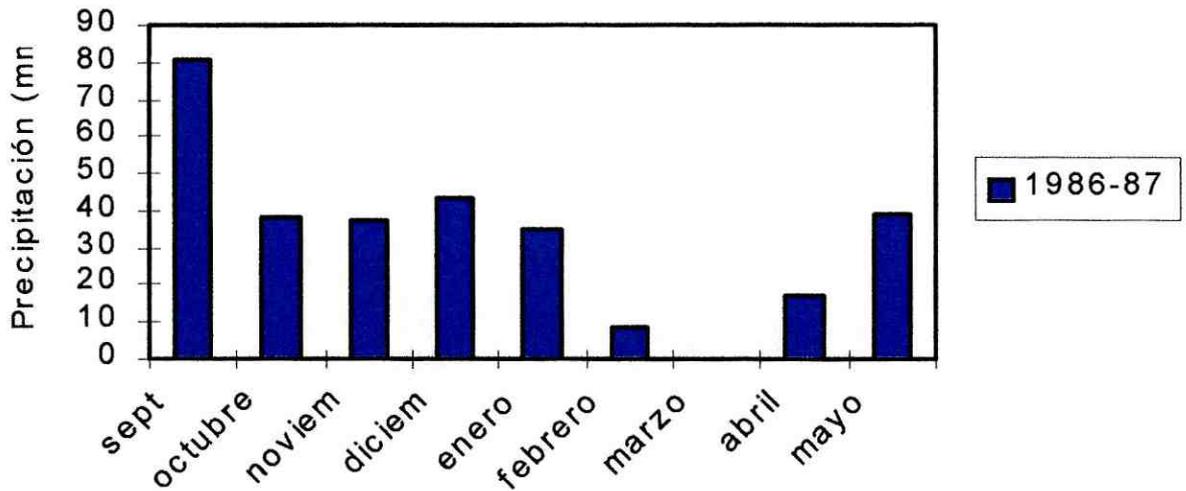


Figura 3. Precipitación mensual (mm) durante los ciclos 1985-86 y 1986-87.

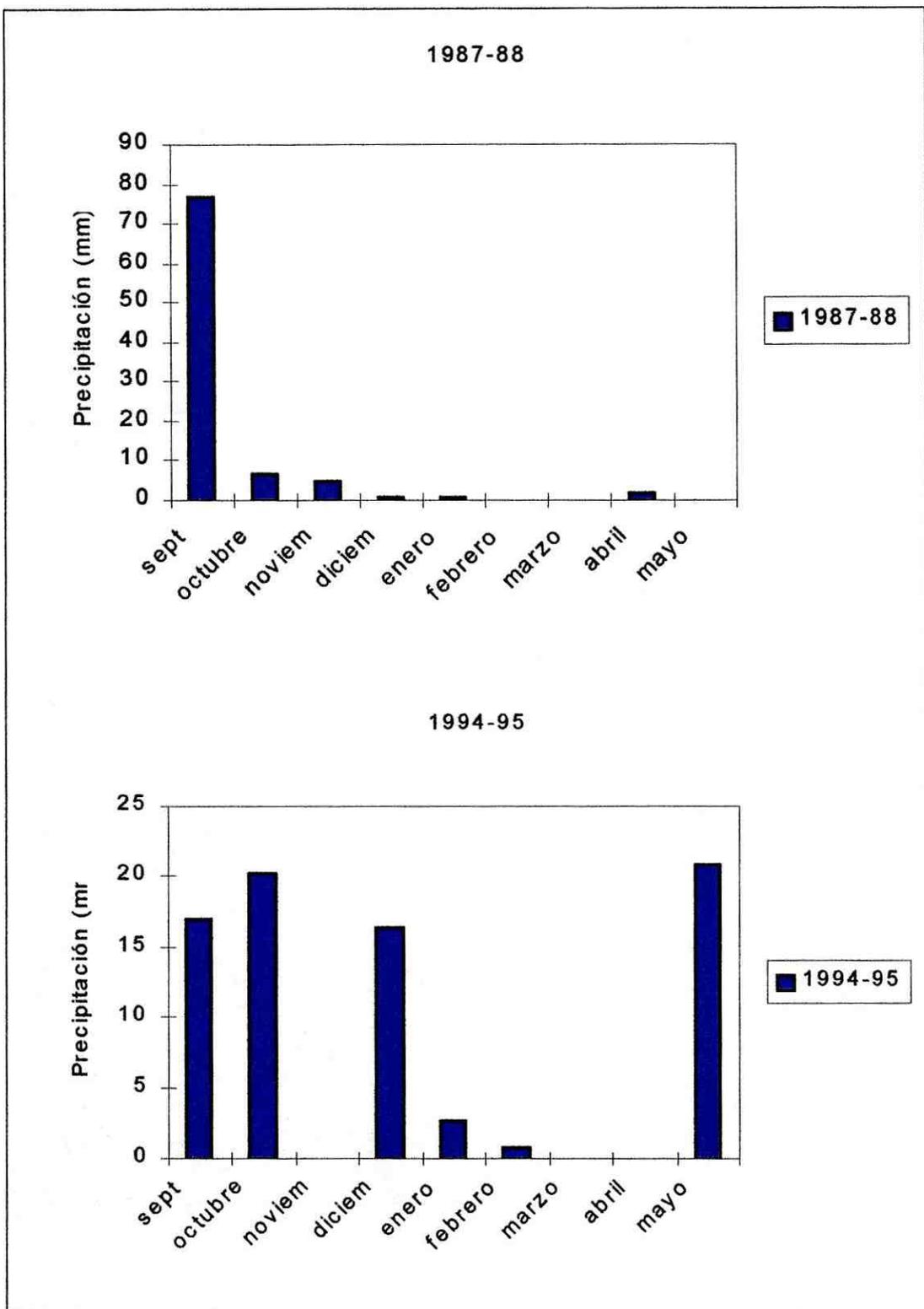


Figura 4. Precipitación mensual (mm) durante los ciclos 1987-88 y 1994-95

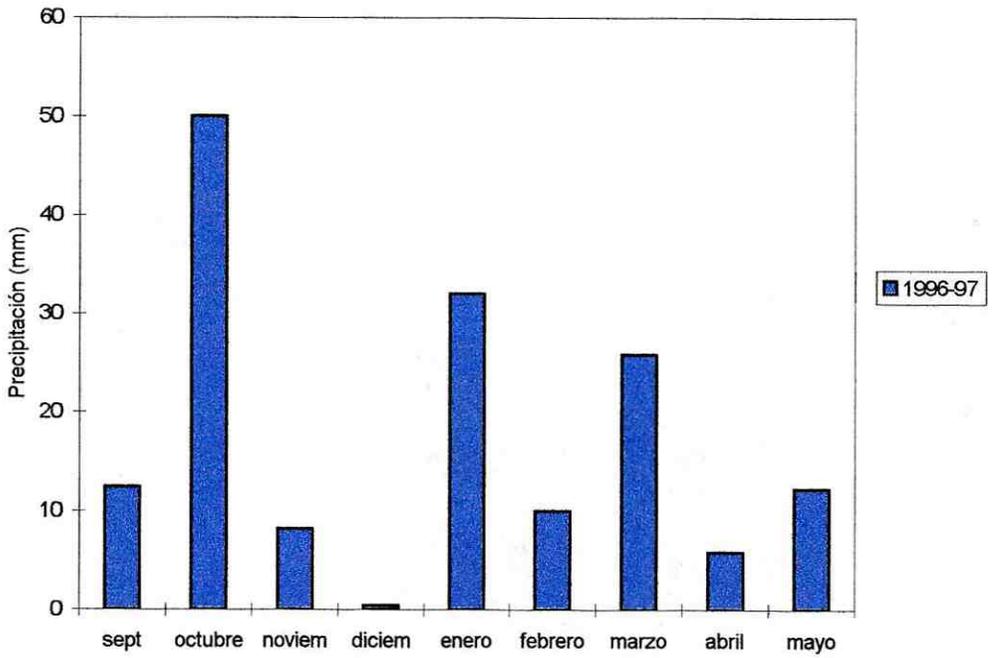


Figura 5. Precipitación mensual (mm) durante los ciclos 1996-97 y 1997-98

3. Modelo de pronóstico

Al desarrollar las ecuaciones descritas en el capítulo de materiales y métodos se calculó el índice de maduración mensual desde Septiembre a Mayo de 1998-1999 de la fase invernante (oosporas) del hongo *P. viticola*. En el Cuadro 1 se observa que en el mes de Septiembre se registro un índice de maduración de 15.6. Sin embargo, durante el transcurso de los meses se registraron diferentes fluctuaciones hasta fijarse en un índice de maduración final de - 4.8 (Según el modelo). No se registró la enfermedad bajo condiciones naturales en el campo, por lo cual, la severidad observada se clasificó como 1 según la escala utilizada.

Cuadro 1. Índices de Maduración Mensual de Oosporas de *P. viticola* calculados para el periodo de Septiembre a Mayo del ciclo 1998-1999 bajo las condiciones de la Comarca Lagunera.

Im	Ciclo
	1998 -1999
Sept.	15.6
Oct.	11.5
Nov.	2.8
Dic.	1.2
Enero	-3.2*
Feb.	-1.6*
Marzo	2.1
Abril	-5.2*
Mayo	-4.8*

Severidad observada 1

* Índices negativos proporcionados por el modelo.

4. CORRELACIÓN DEL MODELO

Para la correlación del modelo se presentan los Índices de Maduración de Oosporas del hongo durante los ciclos 1985-86, 1986-87, 1987-88, 1994-95, 1996-97 y 1997-98 (Cuadro 2), así como la severidad real de la enfermedad observada en los viñedos regionales durante los meses de Julio a Septiembre de esos mismos años.

Cuadro 2. Índices de Maduración de Oosporas de *P. viticola* y severidad del mildiu de la vid observada en los ciclos de correlación.

Im	Ciclo					
	1985-86	1986-87	1987-88	1994-95	1996-97	1997-98
Sept.	-3.2*	9.9	5.9	-34.9*	-38.1*	12.8
Oct.	2.6	19.9	3.6	-29.1*	-30.1*	12.8
Nov.	-1.0*	7.1	-8.0*	-29.1*	-27.4*	-6.3*
Dic.	13.5	42.2	-12.2*	-27.0*	-31.7*	-11.1*
Enero	8.7	72.0	-16.6*	-27.0*	-4.9*	-11.1*
Febrero	23.3	76.6	-16.6*	-27.0*	5.1	-11.1*
Marzo	23.3	76.6	-16.6*	-27.0*	21.9	-11.1*
Abril	22.4	80.7	-31.2*	-35.8*	16.9	-16.1*
Mayo	38.1	94.2	-37.2*	-46.1*	3.5	-21.9*
Severidad obs.	2	4	1	1	1	1

*Índices negativos proporcionados por el modelo

Durante el ciclo 1985-86 se registró una precipitación total durante los meses de Septiembre a Mayo de 110.3 mm siendo el mes de Octubre donde se registró la mayor precipitación. El índice de maduración de Septiembre fue de -3.2, subiendo a 2.6 en Octubre y disminuyendo a -1.0 en Noviembre. Sin embargo, de este mes en adelante se registró un aumento paulatino hasta alcanzar un índice de maduración de oosporas de 38.1 durante el mes de Mayo. Durante este ciclo se observó la enfermedad presente con síntomas claros en algunas parras de los viñedos clasificándose como grado de severidad 2.

Durante el ciclo 1986-87 se registró una precipitación total de Septiembre a Mayo de 300 mm, siendo el mes de Septiembre el de mayor precipitación con 80.6 mm. El índice de maduración de oosporas calculado para el mes de Septiembre fue de 9.9, incrementándose hasta alcanzar 94.2 en el mes de Mayo. Durante ese ciclo la enfermedad se presentó en todos los viñedos, ocasionando defoliaciones severas muy temprano hasta 6 ciclos secundarios consecutivos, lo cual lo clasificó como una severidad observada de 4 bajo condiciones naturales.

En el resto de los ciclos evaluados (1987-88, 1994-95, 1996-97 y 1997-98) se calculó un índice de maduración final de oosporas de -37.2, -46.1, 3.5 y -21.9 (Según el modelo) en cada uno, no registrándose la enfermedad bajo condiciones naturales en los viñedos (Cuadro 2), (Figura 6).

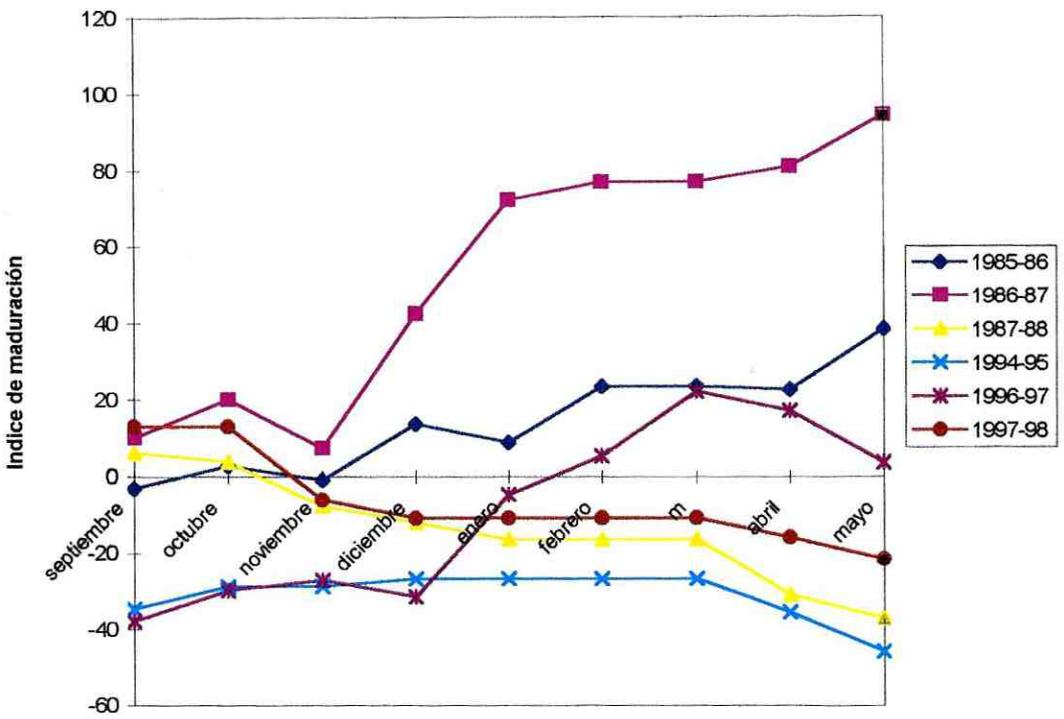


Figura 6. Índices de Maduración Mensual de Oosporas de *Plasmopara viticola*, durante los ciclos analizados.

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de regresión simple entre la severidad de la enfermedad observada en el campo bajo condiciones naturales y los Índices de Maduración de las Oosporas (fase invernante) de *P. viticola* calculados para cada mes durante los ciclos de validación. Se puede observar que el índice de severidad de la enfermedad aumenta significativamente cuando el índice de maduración se incrementa, también se observa que la correlación mayor (coeficiente de correlación 0.98) se registró para los índices de maduración calculados al final de los meses de Enero y Febrero.

Cuadro 3. Relación lineal entre la severidad observada ocasionada por el mildiu de la vid y los Índices Mensuales de Maduración de Oosporas del hongo durante los ciclos de correlación.

Mes	Coefficiente de regresión	Coefficiente de correlación
Sept.	0.0224	0.42
Oct.	0.0335	0.59
Nov.	0.0601	0.72
Dic.	0.0409 **	0.94 *
Enero	0.0332 **	0.98 *
Febrero	0.0310 **	0.98 *
Marzo	0.0287 **	0.90 *
Abril	0.0250 **	0.90 *
Mayo	0.0212 **	0.93 *

** Altamente significativo

La regresión lineal entre valores de severidad observada (SO) y el índice de maduración final (SO = 1.559 + 0.021IF) obtuvo un coeficiente de correlación igual a 0.8678 lo cual permite una alta probabilidad de predicción acertada de la ocurrencia y severidad de la enfermedad (Figura 7).

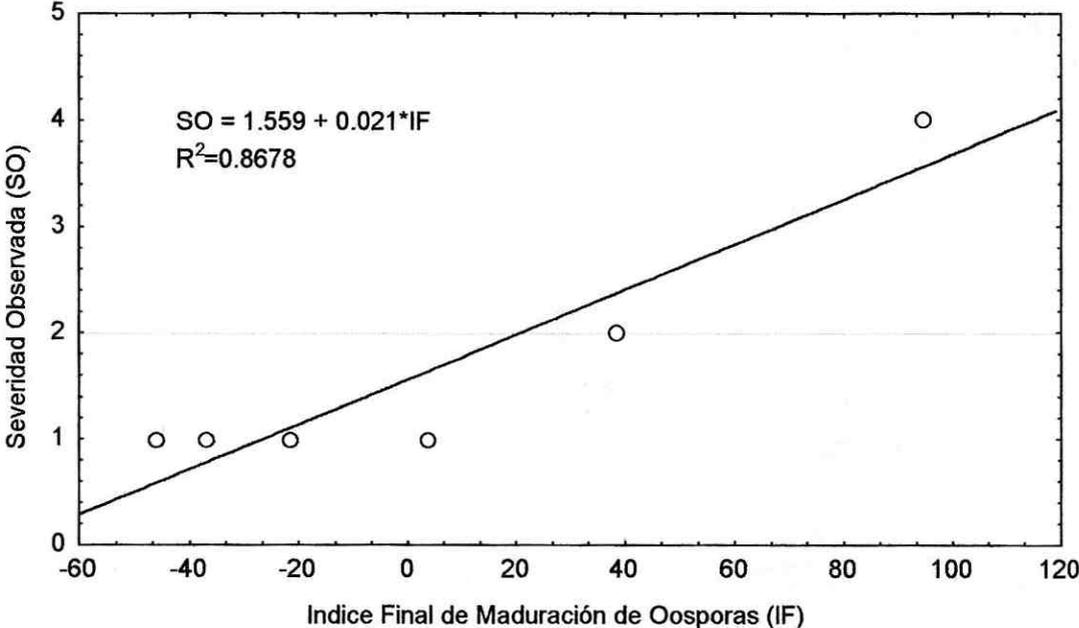


Figura 7. Relación entre la severidad observada del mildiu de la vid bajo condiciones de campo y los índices de maduración final de la fase invernante del hongo (oosporas).

No existen antecedentes de trabajos publicados sobre modelos de predicción del mildiu de la vid en la Comarca Lagunera ni en otras regiones vitícolas de México con el fin de comparar los resultados aquí obtenidos. Al analizar el ciclo de vida de la enfermedad presentado en este trabajo se observa que se puede dividir en dos partes: La primera es la fase invernante y la segunda la fase repetitiva o de ciclos secundarios. Toda enfermedad para que ocurra requiere de un inoculo primario. En el caso del mildiu de la vid son importantes las siguientes consideraciones:

- Las oosporas son las únicas estructuras de *P. viticola* que utiliza para invernar bajo condiciones de alta temperatura y se consideran como el único inoculo primario del hongo.
- La ocurrencia de una infección primaria depende por completo de la germinación del inoculo primario.
- La germinación de las oosporas depende principalmente de que alcancen su maduración durante su periodo de reposo.
- La maduración de las oosporas y, por ende, su germinación depende principalmente de la distribución y cantidad de la precipitación ocurrida durante su fase de descanso.
- La precipitación bajo las condiciones de la Comarca Lagunera es errática. Dentro del régimen climático de la región se presentan ciclos anuales con una precipitación muy inferior al promedio normal.

- Estas condiciones ofrecen ciertas facilidades para pronosticar la fase inicial de una enfermedad como el mildiu de la vid.

El monitoreo de la maduración de las oosporas de *P. viticola* se ha considerado como una actividad importante para ser utilizada como método de pronóstico. Siegfried y Bosshard (1991), en Suiza, desarrollaron un sistema de pronóstico asumiendo que las oosporas maduran cuando se acumulan 170 unidades calor (base 8 grados centígrados). La acumulación de unidades calor la iniciaron el primero de enero. Sin embargo, la infección primaria ocurrió después de una precipitación de por lo menos 10 milímetros una vez que las oosporas maduran.

Cortesi y Zerbetto (1991), en Italia realizaron estudios de la dinámica de maduración de oosporas de *P. viticola* y encontraron que el porcentaje más alto de germinación ocurrió durante el mes de marzo, disminuyendo progresivamente hasta el mes de junio. Sin embargo, no establecieron ninguna relación con la ocurrencia de la enfermedad en el campo.

Vercesi *et al.* (1991), en Italia, evaluaron el modelo EPI (**Estado del Potencial de infección**) para pronosticar el mildiu de la vid en Italia, encontrando que en general la predicción de este modelo fue muy confiable en la indicación del riesgo de la enfermedad. El modelo se divide en una fase potencial y en una fase kinética. En la primera parte se determina el potencial de infección considerando la precipitación, la temperatura y la distribución de la lluvia durante la fase invernante.

Woo *et al.* (1991), en la región vitícola de New York, U.S.A. desarrollaron un modelo de pronóstico denominado DMCAST, el cual predice la maduración de

las oosporas del hongo estimando la proporción diaria de oosporas maduras desde el primero de enero basados en información de la asociación entre maduración de oosporas y precipitación mensual durante la fase de invernación.

CONCLUSIONES

Del presente trabajo se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. El modelo basado en la estimación del Índice de Maduración de Oosporas predijo de manera confiable la ocurrencia de la enfermedad en los años. 1985-86; 1986-87; 1987-88; 1994-95; 1996-97 y 1997-98.
2. Se determinó un 87% de confiabilidad en la predicción de ocurrencia de la enfermedad en los años correlacionados.
3. Es necesario implementar el modelo cada año y evaluar la incidencia de la enfermedad en el campo con fines de validación continúa.
4. Con los datos obtenidos hasta ahora se puede establecer con alto grado de confiabilidad la predicción de ocurrencia de la enfermedad, con el fin de realizar posibles aplicaciones de fungicidas solo en los años que se considere necesario.
5. La validación del modelo en campo durante 1998-1999 no se pudo realizar debido a que los Índices de Maduración de Oosporas estimados no se pudieron corroborar por la no presencia de la enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Agrios G., N. 1996. Fitopatología. Segunda Reimpresión de la Segunda Edición. Editorial Limusa. México. D. F. pp. 278-294, 328-331.
- 2.- Alexopoulos I., C. 1962. Introducción a la Micología. Tercera Reimpresión 1979. Editorial Universitaria de Buenos Aires. pp. 132, 161-165
- 3.- Bessey A., E. 1950. Morphology and Taxonomy of Fungi. The Blakiston Company Philadelphia. Toronto, Canadá 139. pp.
- 4.- Blaezer, M. and H. C. Weltzien. 1979. Epidemiological Studies to Improve the Control of Grapevine Downy Mildew *Plasmopara Viticola*. Journal of Plant Disease and Protection 86: 489-498.
- 5.- Boubals, D. 1988. Methodes de pronostic pour conduire la lutte controles maladies de la vigne: Mildiou, Oldium, etc. Pourrituregrise. In: Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Viticultura. T, Coahuila. pp. M1-M20.
- 6.- Bovey, R. 1971. La Defensa de las Plantas Cultivadas. Mildiu de la Vid. Ediciones Omega. S. A. pp. 172-177.
- 7.- Campo Agrícola Experimental de la Laguna. 1988. Guía Técnica del Viticultor. Matamoros, Coahuila. SARH-INIFAP-CIAN-CAELALA- Publicación Especial. No. 25. pp. 263-266.
- 8.- Clerjeau, M. 1993. El Mildiu de la Vid. Segundo Ciclo Internacional de Conferencias en Viticultura. Hermosillo, Sonora. pp. 111-119.
- 9.- Colhoun, J. 1958. Club Root disease of crucifers, caused by *Plasmodiophora brassicae* Woron. Phytopath. Pap. C. M. I. 3, 108 pp.

- 10.- Corneli, E. 1932. On mildew warnings in Central Italy. Riv. Pat. Veg. X11. L-9.
p.
- 11.- Cortesi, P. and F. Zerbetto. 1991. Dynamics of Oospore Maturation of *Plasmopara Viticola* in Northern Italy. Proceedings of the First International Workshop on Grapevine Downy Mildew Modeling. Cornell University U.S.A pp. 4-15.
- 12.- Deacon W., T. 1990. Introducción a la Micología Moderna. Editorial Limusa Noriega. pp. 30-31
- 13.- Dry P., R. 1976. The continuing story of Grape Downy Mildew. Australian Grapegrower and winemaker. 4:9-12.
- 14.- Du Pisani A., L. 1970. Weather conditions conducive to downy mildew. Decid. Fruit Growth 20: 212-215.
- 15.- García L., A. 1995. El Mildiu de la Vid. In: Memorias del IV Seminario Internacional de Plagas y Enfermedades de la Vid. Torreón, Coahuila. pp. 113-136.
- 16.- Hanlin R.,T. y M. Ulloa. 1978. Atlas de la Micología Básica. Editorial Concepto. México D. F pp. 42.
- 17.- Herrera P., T. y D. F. Jiménez. 1993. Avances del Control de las Enfermedades de la Vid en la Comarca Lagunera. In: Memorias del Día del Viticultor. Torreón, Coahuila. pp. 69-71.
- 18.- Hoppmann, D. 1991. Research on the biology of *Plasmopora viticola* and Modeling of grape downy mildew in Germany. In: Proceedings

- Of the First International Workshop on Grapevine Downy Mildew Modeling. Cornell University. U.S.A pp. 23-31.
- 19.- Jiménez D., F. 1988. Enfermedades del follaje, de la madera y del fruto de la Vid en la Comarca Lagunera. In. Memorias del Primer Ciclo Internacional sobre Viticultura. Torreón, Coahuila. pp. 1-120.
- 20.- Koeppen, W. 1948. Climatología. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 478 p.
- 21.- Marais P., G and P. S Knox-Davies 1974 Epidemiology of Grapevine Downy Mildew. In: The Western Cape Province of South Africa. *Phytophylactica* 6:135-140.
- 22.- Rafaila, C., V. Sevcenco and Z. David. 1968. Contributions to the biology of *Plasmopara viticola*. *Phytopathol Z*: 63:328-336.
- 23.- Pearson R., C and A. C. Goheen. 1998. Compendium of Grape Diseases. THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY United States of America. pp. 11-13
- 24.- Royle D., J and G. G. Thomas. 1973. Factors affecting Zoospores responses lowards stomata in hap downy mildew (*Pseudoperonospora humili*) Including same comparison with grapevine downy mildew (*Plasmopara Viticola*). University of London. pp. 427-457.
- 25.- Siegfried, W. and E. Bosshard. 1991. Oospores of *Plasmopara viticola*: Monitori of ripeness after the method of Gehmann. Proceeding of the First International Workshop on Grapevine Downy Mildew Modeling. Cornell University. U.S.A pp. 16-19

- 26.- Sung, T.M., C. Stryzys and M. Clerjeau. 1990. Simulation of the in date of maturrity of *Plasmopara viticola* oospores to predict the severity of primary infections in grapevine Plant Disease pp. 74, 120-124.
- 27.- Vercesi A., P., P. Cortesi, F. Zerbetto and M. Bisiaeh. 1991 Evaluation of the EP1 Model four Downy Mildew of Grapevine in Northern Italy. In: Proceeding of the First International Workshop on Grapevine Downy Mildew Modeling Cornell University. U.S.A pp. 55-73.
- 28.- Woo P. E., C. Seem, R. C. Pearson and D. M. Gadowny. 1991. DMCAST. Forecasting model for grape downy mildew development. Proceeding of the First International Workshop on Grapevine Downy Mildew Modeling. Cornell University. U.S.A pp. 96-102.

APÉNDICE

PRECIPITACION MENSUAL DURANTE LOS ULTIMOS 24 AÑOS REGISTRADA EN LA COMARCA LAGUNERA

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ENERO	0.0	0.0	9.9	2.4	0.0	5.3	53.9	0.0	14.3	63.1	12.9	0.4	35.2	0.8	75.0	13.3	0.0	94.4	4.6	0.0	0.0	2.6	32.0	0.0
FEBRERO	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	9.5	0.8	0.0	0.0	1.7	2.0	14.6	8.6	0.0	9.2	1.0	0.2	13.2	0.0	0.0	0.0	0.8	10.0	0.0
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0	11.8	0.0	0.0	25.8	0.0
ABRIL	0.0	1.5	22.1	4.6	5.3	0.2	68.5	3.2	0.0	0.0	44.0	4.5	17.3	1.7	7.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.4
MAYO	0.5	3.5	0.0	39.2	4.5	0.0	25.0	6.7	48.1	10.4	5.6	28.8	38.9	0.3	26.7	17.5	0.8	75.8	7.2	0.8	9.6	20.8	12.2	0.6
JUNIO	0.0	0.0	32.3	1.7	77.7	0.0	47.0	1.8	23.7	77.6	15.8	105.3	35.7	21.1	2.2	24.4	8.4	0.4	37.4	34.3	23.6	1.0	67.0	8.7
JULIO	68.0	70.0	44.8	41.2	21.4	4.1	3.4	50.1	8.5	49.0	24.1	12.4	73.8	147.0	14.4	110.2	72.5	7.6	40.2	43.6	24.0	15.2	29.1	14.6
AGOSTO	19.1	21.5	17.7	94.5	16.5	81.3	32.8	5.9	18.4	28.0	61.6	26.6	48.3	33.7	23.5	53.6	5.8	10.2	46.0	5.0	8.0	20.0	0.4	66.2
SEPTIEM	0.0	39.1	45.8	113.8	1.3	6.1	7.5	28.5	23.5	2.6	15.8	80.6	76.6	11.3	5.8	85.8	129.1	23.8	58.4	17.0	131.6	12.4	33.0	15.3
OCTUBRE	7.0	11.3	48.7	6.7	0.0	9.5	15.2	0.0	5.9	21.8	29.8	38.4	6.8	75.0	5.5	27.6	3.2	0.0	5.4	20.2	1.6	50.0	19.1	7.8
NOVIEM	0.0	34.6	0.0	0.0	5.5	7.9	0.0	37.5	0.6	0.0	1.9	3.7	4.9	115.2	32.6	0.4	18.0	0.0	15.2	0.0	0.0	8.2	3.0	1.7
DICIEMBRE	28.5	21.8	0.0	1.2	13.4	0.5	16.9	59.8	0.4	12.2	14.5	43.3	0.5	17.2	19.6	0.0	33.0	0.0	0.0	16.4	1.2	0.4	4.7	0.0