

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

**POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**



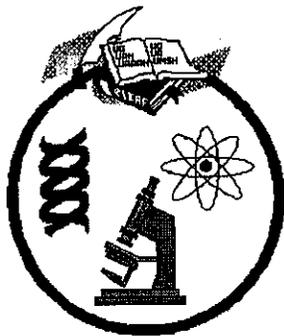
**VARIABILIDAD DE *Phytophthora capsici* L EN CHILE Y
CARACTERIZACION DE SU DISTRIBUCION
AGROECOLOGICA MEDIANTE SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRAFICA**

VICTOR MANUEL RODRÍGUEZ MORENO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Zapopan, Jalisco, julio de 2001



POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES

PICAF

Esta tesis titulada "VARIABILIDAD DE *Phytophthora capsici* L. EN CHILE Y CARACTERIZACION DE SU DISTRIBUCION AGROECOLOGICA MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA" fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:



UAA



UAAAN



UdeC



UdeG



UMSNH



UAN

MAESTRIA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

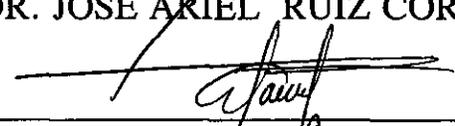
TUTOR:


DR. JOSE DE JESUS LUNA RUIZ

ASESOR:


DR. JOSE ARIEL RUIZ CORRAL

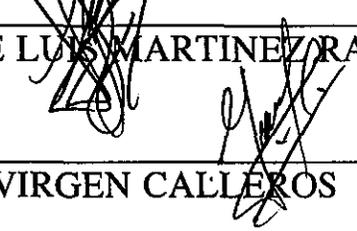
ASESOR:


DR. ALBERTO BETANCOURT VALLEJO

ASESOR:


DR. JOSE LUIS MARTINEZ RAMÍREZ

ASESOR:


DR. GIL VIRGEN CALLEROS

CONTENIDO

PAGINA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE MAPAS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Objetivos

2

Hipótesis

REVISION DE LITERATURA

3

- La Enfermedad y el Patógeno

- Caracterización Patogénica

5

- El Patrón Espacial

6

- *Método estocástico de predicción espacial.*

7

- *Método no-estocástico de predicción espacial*

- Métodos de Interpolación

- *Peso inverso de la distancia (IDW)*

- *SPLINE*

- Georreferenciación

9

MATERIALES Y METODOS

10

- Muestreo

- Obtención, Purificación y Conservación de Aislados

- Caracterización de Aislados

11

- *Caracterización Patogénica*

- *Caracterización por sensibilidad a metalaxyl*

- *Caracterización sexual*

12

- Caracterización de Suelos

- Georreferenciación

13

- Caracterización Climática

- *Oscilación térmica*

14

- *Estación de crecimiento*

- Modelo conceptual y estructural de la base de datos

- Análisis Estadístico

16

RESULTADOS Y DISCUSION

17

- Incidencia y Distribución de la Marchitez en Campos Comerciales de Chile

- Fitopatógenos Asociados al Síndrome de la Marchitez del Chile

18

- Aislamiento de *Phytophthora capsici* L y análisis de su distribución espacial

19

- Variabilidad entre aislados de *Phytophthora capsici*

20

- *Variabilidad por tipo de compatibilidad sexual*

21

- *Variabilidad en la tasa de crecimiento radial micelial*

23

- *Variabilidad por sensibilidad a metalaxyl*

25

| | |
|---|----|
| • Análisis de la distribución espacial de aislamientos de <i>Phytophthora capsici</i> en base a suelo y clima | 28 |
| – Características de los suelos con problemas de marchitez | |
| • Análisis espacial de las variables de suelo | 30 |
| – Según el tipo de compatibilidad sexual de <i>Phytophthora capsici</i> | 33 |
| – Según el grado de patogenicidad de <i>Phytophthora capsici</i> | 34 |
| – Según el grado de sensibilidad de <i>Phytophthora capsici</i> a metalaxyl | 37 |
| • Efectos del clima | 37 |
| – Oscilación térmica y tipo de compatibilidad sexual de <i>Phytophthora capsici</i> | 38 |
| – Oscilación térmica y grado de patogenicidad de <i>Phytophthora capsici</i> | 39 |
| – Oscilación térmica y sensibilidad de <i>Phytophthora capsici</i> a metalaxyl | |
| CONCLUSIONES | 41 |
| LITERATURA CITADA | 42 |
| APENDICE I | |

DEDICATORIA

Al pilar que todo lo concentra y del cual el ser anhela formar parte.

A mi esposa con cariño

A mis hijos, Cinthya Carolina y Victor Eloy

AGRADECIMIENTOS

En recuerdo a su memoria, a mi Maestro forjador (q.e.p.d.) Pablo Valle García, quién para mi fue y será un modelo a seguir hasta que el último de mis suspiros deje mi parte corpórea.

Al PhD José de Jesús Luna Ruíz por sus consejos y atinada dirección para la elaboración de esta tesis y por su paciencia en la enseñanza, cualidad que pocos investigadores tienen.

Al Biólogo José Luis Ornelas de Anda, por sus invaluable consejos y asesorías en materia de Análisis Espacial.

A Ana María, de quien solo apoyo y buena actitud siempre recibí.

A mis profesores del CUCBA por sus enseñanzas.

Al Dr. Juan Francisco Casas Salas por su apoyo desinteresado y Don de Gente.

Al MC Aurelio Pérez González por su amistad. Amigo

LISTA DE CUADROS

| | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1. Sitios de muestreo por entidad federativa | 17 |
| Cuadro 2. Origen de los 10 aislados de <i>Phytophthora capsici</i> sometidos a las diferentes pruebas de variabilidad (tasa de crecimiento radial, tipo de compatibilidad sexual y sensibilidad a metalaxyl) | 21 |
| Cuadro 3. Apareamiento y clasificación sexual de 10 aislados mexicanos de <i>Phytophthora capsici</i> colectados en la región Centro-Centro de México. Cada aislado fue apareado con aislados conocidos del tipo A ₁ y A ₂ | 22 |
| Cuadro 4. Grado de patogenicidad de 10 aislados mexicanos de <i>Phytophthora capsici</i> según su tasa de crecimiento radial (TCR) | 23 |
| Cuadro 5. Sensibilidad de 10 aislados de <i>Phytophthora capsici</i> al fungicida metalaxyl | 25 |
| Cuadro 6. Análisis de varianza para crecimiento micelial de 10 aislados de <i>Phytophthora capsici</i> sometidos a 4 concentraciones de Metalaxyl y cinco tiempos de incubación | 26 |
| Cuadro 7. Clasificación de aislados mexicanos de <i>Phytophthora capsici</i> según su TCR, su patogenicidad y su sensibilidad a metalaxyl | 27 |
| Cuadro 8a. Estadísticas descriptivas de las variables analizadas acorde a los criterios evaluados. | 29 |
| Cuadro 8b. Estadísticas descriptivas de las variables analizadas acorde a los criterios evaluados. | 29 |
| Cuadro 9. Análisis de varianza para el agrupamiento de tipo de compatibilidad sexual y variables edáficas. Los análisis completos se incluyen en el Anexo I. | 30 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|------------|
| Tabla 1. Análisis físico químico de las muestras de suelo. | Apéndice I |
| Tabla 2. Condición de Aislamiento y Localización Geográfica de los sitios de muestreo | Apéndice I |
| Pruebas de homogeneidad de datos para las estaciones climáticas | Apéndice I |
| Protocolo de preparación de Medio de Cultivo con Jugo de Verduras (V8) para Evaluar Resistencia de <i>Phytophthora capsici</i> al subdue 2E (Metalaxyl) | Apéndice I |
| Precipitación media mensual acumulada para la región de estudio 1970-1998 | Apéndice I |
| Tabla 3. Temperatura máxima en la región bajo estudio | Apéndice I |
| Tabla 4. Temperatura mínima en la región bajo estudio | Apéndice I |
| Tabla 5. Análisis de Varianza agrupando variables edáficas el tipo de compatibilidad sexual. | Apéndice I |
| Tabla 6. Análisis de Varianza agrupando variables de clima según el tipo de compatibilidad sexual. | Apéndice I |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Porcentaje de sitios de muestreo según el tipo de chile establecido | 17 |
| Figura 2. Respuesta de 10 aislamientos mexicanos de <i>Phytophthora capsici</i> a metalaxyl | 26 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|--|----|
| Mapa 1. Distribución de los 52 sitios de muestreo de los cuales se obtuvo tejido visualmente afectado por Marchitez | 19 |
| Mapa 2. Distribución de los 10 aislados de <i>Phytophthora capsici</i> sometidos a estudio en la región Centro-Norte de México. | 21 |
| Mapa 3. Distribución espacial de los 10 aislados de <i>Phytophthora capsici</i> según su tipo de compatibilidad sexual. ▲ = A ₂ ; ● = A ₁ . | 22 |
| Mapa 4. Distribución espacial de los 10 aislados de <i>Phytophthora capsici</i> según su grado de patogenicidad. ▲, Medianamente patogénico; ● Patogénico. | 24 |
| Mapa 5. Distribución espacial de los 10 aislados de <i>Phytophthora capsici</i> según su grado de sensibilidad a metalaxyl. ●, aislados tolerantes; ▲, aislados susceptibles. | 28 |
| Mapa 6. Tipo de Compatibilidad sexual con la superficie mejor estimada de pH. La escala de color indica de claro a oscuro, acidez a alcalinidad. ■ = A ₁ ; ▲ = A ₂ | 31 |
| Mapa 7. Tipo de compatibilidad sexual de <i>Phytophthora capsici</i> , con la superficie mejor estimada de los datos de Mg. | 32 |
| Mapa 8. Superficie mejor estimada de pH con el esquema de clasificación por grado de patogenicidad de <i>Phytophthora capsici</i> . | 33 |
| Mapa 9. Superficie mejor estimada de Mg con el esquema de clasificación por patogenicidad. | 34 |
| Mapa 10. Superficie mejor estimada de pH y el esquema clasificatorio de sensibilidad a metalaxyl. ■, Tolerante; ▲, Sensible | 35 |
| Mapa 11. Superficie mejor estimada de Mg con el esquema clasificatorio de sensibilidad a Metalaxyl. | 36 |
| Mapa 12. Superficie mejor estimada de Oscilación Térmica y Tipo de Compatibilidad sexual. ■ = A ₁ ; ▲ = A ₂ . | 37 |
| Mapa 13. Valores interpolados de OT con el esquema de clasificación por patogenicidad. | 38 |
| Mapa 14. OT de la zona de estudio con el esquema de agrupamiento por sensibilidad a Metalaxyl. | 39 |

RESUMEN

La marchitez del chile es una enfermedad de amplio espectro de afectación a especies de chile cultivadas y de amplia distribución, en las zonas agrícolas de México. El organismo causante conocido es *Phytophthora capsici*, un patógeno del suelo que permanece activo por varios años. Desde 1998, se realizaron recorridos en la región Centro-Norte de México, para ubicar unidades de producción que visualmente presentaran síntomas típicos de marchitez. Se ubicaron 81 sitios de muestreo en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco y Zacatecas. De cada sitio se tomaron muestras de tejido enfermo (plantas completas) así como una muestra compuesta de suelo. Las muestras de tejido afectado fueron procesadas en el laboratorio de Fitopatología de la UAA y las muestras de suelo fueron sometidas a análisis físico y químico en el laboratorio de suelos del INEGI. En la UAA se trabajó sobre el microorganismo para 1) reproducirlo en medio de cultivo JTA; 2) identificarlo positivamente como *Phytophthora capsici*; 3) purificarlo por siembra de punta de hifa; 4) determinación de su tipo sexual; 5) determinar su grado de patogenicidad; y, 6) determinar su sensibilidad al fungicida metalaxyl. A las muestras de suelo, se les aplicó la norma de análisis FAO88. Adicionalmente se recopilaron datos climáticos de la región bajo estudio, para las variables de Temperatura Máxima y Mínima y Precipitación. 52 de los 81 sitios de muestreo fueron georreferenciados por posicionamiento directo con equipo GPS. La información de campo y de laboratorio, se integró en una base de datos única y la referente a clima en otra base de datos por separado. La razón de esta separación fue que los datos de ubicación geográfica se refieren a entidades (puntuales) diferentes, pues los sitios de muestreo no se ubican igual que las estaciones climatológicas, así que los datos de las variables de clima de cada sitio de muestreo, son producto de la interpolación espacial realizada. De los 52 sitios de muestreo, se logró aislar a *Phytophthora capsici* en 20, y de estos, solo se logró conservar y mantener en crecimiento a 10. El tipo sexual de los 10 aislados fue determinado realizando cruces entre ellos mismos y con una cepa de sexo conocido; a 7 aislados se les determinó tipo A_2 y a 3 tipo A_1 . El grado de patogenicidad se determinó por obtener la tasa de crecimiento radial (TCR) por unidad de tiempo. Aquí se observaron diferencias entre aislados, clasificándose 6 aislados patogénicos ($TCR > 3\text{mm} / \text{h}$) y 4 medianamente patogénicos ($TCR < 3\text{mm} / \text{h}$). En cuanto a sensibilidad a metalaxyl, acorde a los criterios del CIP-Lima para *Phytophthora infestans*, todos fueron susceptibles, pero como se observaron diferencias entre aislados, se dio pie a inferir respecto a que el criterio de clasificación es demasiado amplio pues las diferencias observadas así lo indicaron. Respecto a las variables de suelo, el análisis estadístico arrojó significancia al 0.05 para el contenido de pH y Mg. Para el análisis espacial de la información, se utilizaron dos modelos digitales de elevación ESC 1:250 000, que cubren la región bajo estudio y las bases de datos conceptualmente estructuradas y diseñadas para suelo y clima. En *ArcView* se realizó la estimación mejor de la superficie y así se obtuvieron los mapas espaciales. Con la técnica espacial de SIG, se buscó identificar posibles patrones de agrupamiento entre los aislados, considerando su tipo de compatibilidad sexual, su grado de patogenicidad y su sensibilidad a metalaxyl. Sin embargo, los resultados obtenidos no mostraron que existiera un patrón espacial definido sino más bien reafirmaron un patrón espacial aleatorio para *Phytophthora capsici*. Respecto a las variables de clima, se eligió el comportamiento de la Oscilación Térmica como parámetro discriminante. Para *Phytophthora capsici* se determinó que su presencia no está en función de un factor edáfico o climático. Así mismo, se encontraron evidencias aunque no estadísticamente fuertes, de que el pH, pueda ser considerado como factor discriminante para el tipo de compatibilidad sexual de *Phytophthora capsici*.

INTRODUCCION

El cultivo del chile *Capsicum annum* L, tiene notable relevancia económica y social para los estados de Aguascalientes, Zacatecas, Guanajuato, Querétaro, Jalisco y Sinaloa, regiones del país consideradas como puntales en la producción de esta solanácea. En los últimos años, el estado de Aguascalientes ha mostrado una disminución en la superficie cultivada con chile debido principalmente a la presencia de plagas y enfermedades, así como a problemas de comercialización. Los productores han destinado una buena parte de los costos de producción al combate de plagas y enfermedades. Según reporte del SIACON (1998), en 1994 Aguascalientes reportó casi 100 ha del cultivo con pérdidas del 100% y en 1997 solo se reportaron 4 ha siniestradas.

Entre las enfermedades más importantes del cultivo, está la "Marchitez del Chile", "Secadera" o "Miada de Perro", con pérdidas en producción hasta del 100% (Pérez, 1985). El principal causante de esta enfermedad fue identificado por Leonian como *Phytophthora capsici* (Romero, 1993), el cual es un oomiceto que puede sobrevivir por varios años en el suelo en o sin la presencia de un hospedero. *Phytophthora capsici* puede infectar raíces, tallos, hojas y frutos, cuando las condiciones de humedad y temperatura le son favorables y se propicia el desarrollo de la enfermedad. La persistencia de condiciones ambientales "adecuadas" (principalmente humedad alta) y el mal drenaje en el suelo, resulta en las típicas epidemias de marchitez observadas comúnmente en muchas plantaciones comerciales de chile.

El patrón de distribución espacial del patógeno en la unidad de producción, inicia con la aparición de "lunares" de plantas marchitas. Con el paso de los años, eficientados los mecanismos de dispersión y diseminación del patógeno, favorecidos también por el monocultivo, anegamiento y residuos de cosecha en el suelo, cubre casi todo el terreno donde se estableció el cultivo. En este proceso de distribución espacial del patógeno, intervienen factores que favorecen la diseminación de sus estructuras de reproducción, bien sean oosporas (estructura sexual que se forma por la cruce de los dos tipos de compatibilidad sexual $A_1 \times A_2$) o esporangios (estructura contenedora de zoosporas, se forma en ausencia del tipo de compatibilidad alternativo). Los factores de diseminación más comunes son el agua de riego, la maquinaria con la que se realizan las labores de cultivo, el calzado de los trabajadores, el paso de animales y el intercambio de material vegetativo entre productores.

El manejo de este microorganismo requiere esfuerzos mayores dadas sus habilidades de sobrevivencia con o sin la presencia de un hospedero susceptible.

Las investigaciones que involucran la conjunción integral aplicada de información originada a partir de fuentes distintas, pero que comparten un punto de referencia son de utilidad en mostrar la inmediatez visual de las variables estudiadas. Para este caso en particular, *Phytophthora capsici*, en su aspecto patológico se erige como el punto sobre el cual se conjugarán las variables edafológicas y climáticas de la región objeto de estudio, obteniéndose mapas que reflejen dichas condiciones.

Con esta investigación se pretende generar información que tenga aplicación directa en las zonas chileras de los estados de Aguascalientes, Jalisco, Zacatecas y Guanajuato. Los mapas de distribución espacial beneficiarán directamente a los sectores productivo e investigador, pues en un solo evento, incluirán las variantes

distintivas del microorganismo, las variables edafológicas en las unidades de producción y la información de las variables climáticas en la región de estudio. Por otro lado, los mapas generados y la caracterización del patógeno, permitirá establecer criterios para definir la existencia o no de un patrón de distribución espacial de *Phytophthora capsici*, partiendo de las variantes del patógeno, el tipo de suelo y la ubicación geográfica de las unidades de producción

OBJETIVOS

1. Determinar el grado de variabilidad (patogénica, sexual y de respuesta a metalaxyl), entre aislamientos de *Phytophthora capsici* L en el Centro-Norte de México.
2. Estudiar la relación entre variabilidad y distribución espacial de aislados.
3. Determinar posibles patrones de agrupamiento de aislados en base a variables de clima (precipitación pluvial y temperatura), de suelo (físico-químicas) y del cultivo (tipo de chile).
4. Aplicar un Sistema de Información Geográfica al estudio de la variabilidad y distribución espacial de fitopatógenos.

HIPOTESIS

En el presente trabajo se pretende probar las siguientes hipótesis:

1. Los aislamientos regionales de *Phytophthora capsici* difieren en patogenicidad, tipo de compatibilidad sexual y respuesta a metalaxyl.
2. La distribución espacial de aislados de *Phytophthora capsici*, obedece a su tipo de compatibilidad sexual, factores de suelo, de clima y al sistema de producción.

REVISIÓN DE LITERATURA

LA ENFERMEDAD Y EL PATOGENO

Acorde con el Centro Nacional de Recursos Genéticos de la Universidad de North Carolina (1998), el género *Phytophthora* engloba a un grupo de organismos patogénicos con un amplio espectro de hospederos, entre los cuales se menciona papa, chile, frijol, aguacate, tomate y otras más de 200 especies vegetales en el mundo. Su daño acumulado global está estimado en billones de dólares. Según Goodwin (1977), más de 200 millones de dólares anuales de pérdidas en producción son atribuibles a *Phytophthora*. A este respecto, Boucher (1996), estimó que en el ciclo de 1996, más del 25% de los cultivares de chile en el estado de New Jersey, EUA, se perdieron debido solamente al tizón causado por *Phytophthora*, lo cual representó casi 5 millones de dólares. Asimismo, hace referencia a que en Connecticut se denotaron pérdidas casi totales en los cultivos de chile, tomate (solanáceas) y cucurbitáceas debido a la presencia de esta misma enfermedad.

El Centro Nacional de Recursos Genéticos de la Universidad de North Carolina (1998), determinó que los microorganismos agrupados en el género *Phytophthora*, pertenecen al grupo de los oomicetos, un grupo de hongos inferiores, genéticamente separados del resto de los hongos. Goodwin (1977), menciona que las especies de *Phytophthora* están idealmente adaptadas para cumplir su papel de patógenos de las plantas. Tienen un ciclo sexual que produce oosporas, las cuales, en su estructura, tienen una pared gruesa que le permite resistir ambientes extremos. Casi la mitad de las especies son homotáticas y forman oosporas después de la colonización. La otra mitad son heterotáticas y requieren de la presencia de los dos tipos de compatibilidad sexual (A_1 y A_2) para producirlas.

El Centro Nacional de Recursos Genéticos de la Universidad de North Carolina (1998), refiere que el género *Phytophthora* tiene varias etapas de desarrollo, o morfotipos, cuya presencia es afectada por factores ambientales y por la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El organismo causante de la Marchitez ha sido identificado por Leonian como *Phytophthora capsici*.

Acorde a Leonian, et al (1995), *Phytophthora capsici* se distingue de otras especies de *Phytophthora* por producir pedicelos largos (desde 35 hasta 138 μm de longitud) en esporangios caducos con formas que varían desde los cercanos a lo esférico hasta los elongados con una base estrecha. La forma del esporangio está influenciada por la cantidad de luz y por las condiciones edáficas. Es predominantemente heterotático; Erwin, et al, citados por Lamour (2000), hacen referencia a que por esto, las oosporas tienen el potencial para representar nuevas combinaciones genéticas, además de su papel como inóculo latente. Las oosporas son predominantemente pleróticas con una pared gruesa de 2 a 6 μm . La media del diámetro está entre 23.7 a 34.9 μm . A este respecto, Lamour y Hausbeck (2000), refieren que las oosporas requieren de un indeterminado tiempo de maduración (de 2 semanas a 3 meses), que permanecen viables por periodos largos (años) y piensa que sea la principal forma de estructura de sobrevivencia.

Acorde a Boucher (1996), el primer síntoma que observa el agricultor es el rápido amarillamiento y muerte de las plantas después de presentarse aguaceros fuertes (> 5

cm). La manifestación de la enfermedad inicia en las áreas bajas que permanecen encharcadas por al menos durante 48 horas. Los frutos infectados desarrollan un crecimiento fungoso que asemejan la espuma de afeitarse (en Chile) o son cubiertos en su totalidad por una delgada capa de esporas (calabacitas, calabazas, etc.). Bosland et al (1996), mencionan como descripción de la enfermedad que las plantas crecientes se marchitan y mueren, permaneciendo tallos, ramas y hojas. Los frutos, si es que llegan a formarse, son pequeños y de pobre calidad. La enfermedad es más común en áreas con pobre drenaje que favorece los encharcamientos. Acorde a Larkin (1996), las enfermedades causadas por especies de *Phytophthora* son policíclicas, es decir, durante la temporada de crecimiento ocurren múltiples ciclos de producción de inóculo e infección y la dispersión de éste a partir de plantas infectadas, juega un papel significativo en el desarrollo de la enfermedad.

Phytophthora capsici es un oomiceto del suelo y se le ha identificado como un patógeno bastante agresivo bajo condiciones de alta humedad y temperatura de 11 a 35° C (óptima de 25 a 28° C). Los mínimos, óptimos y máximos de temperatura, son variados; sin embargo, en general se considera que el óptimo es de 24 a 33° (Leonian et al, 1995). El combate por prácticas culturales como la rotación de cultivos, se vuelve poco efectivo en el corto plazo. A este respecto, Scott et al (1999), refieren que las prácticas culturales y la aplicación de fungicidas tienen un éxito parcial en controlar la enfermedad. Sobre este mismo tópico, Boucher (1996), establece que una buena rotación de cultivos entre los cuales se incluya maíz, trigo, avena, cebada, entre otros, es una de las mejores maneras de evitar el resurgimiento de esta enfermedad; tajantemente recomienda evitar cultivos de cucurbitáceas y solanáceas por un mínimo de dos años. Según Bosland, et al (1999), no existe control químico alguno para epidemias causadas por *Phytophthora*; sin embargo, recomienda reducir la longitud de los surcos a 180 m, con lo cual se evita el estancamiento del agua al otro extremo de la cabecera de riego. Ristaino (1997), menciona que el patógeno es altamente susceptible al fungicida sistémico *metalaxyl*. Refiere además que como práctica cultural utilizó el acolchado con plástico negro para reducir la dispersión del inóculo y concluyó que el acolchado negro: (i) actuó como barrera para las fuentes de dispersión del inóculo en el suelo hacia las partes aéreas de la planta; (ii) incrementó la dispersión por chapoteo hacia las partes aéreas; y (iii) aumentó la dispersión del inóculo por agua corriente por debajo de la cubierta hacia las líneas de cultivo. Así mismo, refiere que el patosistema *Phytophthora capsici* – *Capsicum annuum*, es más complejo que otros patosistemas de *Phytophthora* debido a que el patógeno puede virtualmente afectar casi todas las partes de la planta y puede distribuirse por al menos cuatro mecanismos diferentes: (1) movimiento del inóculo de raíz a raíz en el suelo; (2) por medio del agua de riego o por el agua de lluvia; (3) dispersión por chapoteo en el suelo y; (4) dispersión aérea a partir de lesiones esporuladas en hojas, tallos o frutos. La expresión sintomática de la enfermedad es un indicador potencial de los mecanismos de dispersión del patógeno. Menciona además que el inóculo puede moverse de raíz a raíz en el suelo vía crecimiento radicular del hospedero hacia el inóculo, el inóculo moviéndose hacia la raíz (movimiento de zoosporas en suelos saturados) o contacto de raíz a raíz. A este respecto, Leonian et al (1995), mencionan que la fuente primaria de inóculo son los residuos de plantas afectadas. La infección inicia a través de una o algunas de las raíces principales. Las infecciones al follaje ocurren a través del chapoteo del agua de lluvia y la incidencia de la enfermedad aumenta en los periodos de aguaceros,

característicos de la región de los monzones en el trópico y cuando la temperatura de día y noche varía entre 19 y 23 °. La incidencia también es mayor en suelos con pobre contenido en nutrientes como calcio, magnesio y potasio y altos en nitrógeno.

Según la información dada a conocer por el Centro Nacional de Recursos Genéticos (1998), *Phytophthora capsici* se reproduce sexual y asexualmente, esta es la razón por la cual se deriva un incremento vertiginoso en cuanto a variabilidad genética, así como en su potencial de adaptación a nuevas formas de sobrevivencia, a control biológico y/o químico. En este mismo tenor de cosas, Goodwin (1977), menciona que las fuentes de variación en la Genética de una población, son mutación, recombinación mitótica, recombinación parasexual e hibridación interespecífica. Poco se sabe acerca de los mecanismos que originan la mutación, pero se le conoce como la fuente primaria de variación genética. Además, la Annual Pathological Review (1958), reporta evidencia de que en ciertas ocasiones y bajo condiciones poco conocidas, han llegado a detentarse hibridaciones específicas principalmente con *Phytophthora infestans*, lo cual pone de manifiesto la alta posibilidad de que se formen nuevas razas del patógeno, y que constantemente sean de poca utilidad los esfuerzos por combatirlo, dada la diferencia notable entre el desarrollo de compuestos químicos o la puesta en práctica de un método de control biológico o cultural y la constante variabilidad genética del patógeno. Esto a su vez explicaría la aparición de nuevos y similares aislados de *Phytophthora capsici* en diferentes regiones de nuestro país, dándose cierta coincidencia entre algunos de la zona norte con otros del centro o del sur.

CARACTERIZACION PATOGENICA

Los estudios de caracterización patogénica en microorganismos son relativamente nuevos. Algunos investigadores han realizado estudios sobre variabilidad patogénica entre cepas de *Phytophthora capsici*; sin embargo, tal variabilidad no ha sido cuantificada. La importancia de conocer y cuantificar la variabilidad patogénica en poblaciones de organismos fitopatógenos ha sido destacada, sobre todo para aquellos altamente patogénicos, como por ejemplo *Phytophthora infestans*. A este respecto, Larkin et al (1995), clasifican la severidad sintomática de patogenicidad, en clases categóricas utilizando una escala de 0 a 6, donde: 0 = planta sana; 1 = planta con lesión en el fruto o en el follaje; 2 = planta clorótica sin lesiones aparentes; 3 = planta con lesión en el tallo por encima del suelo; 5 = planta con lesiones en la corona y el tallo; y 6 = planta muerta.

Los estudios sobre variabilidad patogénica y genética de *Phytophthora capsici* en México son escasos y sin continuidad. Romero (1962), observó cierta especialización fisiológica de razas de *Phytophthora capsici* y manifestó que la identificación de razas ha sido limitada por falta de homocigosis en las líneas diferenciales de Chile. Polach y Webster (1972), detectaron 14 grupos de patogenicidad provenientes de 23 aislamientos de *Phytophthora capsici* inoculados en tomate, berenjena, melón, calabaza, calabaza dulce y seis líneas de Chile. Por su parte, Redondo (1974), observó un rango de patogenicidad entre 0 y 76% en un grupo de 44 cepas inoculadas en 135 líneas de Chile. El estudio mostró que 6 de las líneas de Chile actuaron como diferenciales con lo cual fue posible distinguir 7 razas patogénicas.

Estudios específicos sobre la patogenicidad de *Phytophthora capsici* son poco conocidos y la mayoría suelen ser adaptados de estudios especializados realizados con otros patógenos como por ejemplo *Phytophthora infestans*.

EL PATRÓN ESPACIAL

A este respecto, Larkin (1995), menciona que en el patrón espacial de la enfermedad se conjugan aspectos de inóculo inicial, procesos de dispersión, infección y producción de inóculo secundario, y es el resultado de la interacción de factores físicos, biológicos y ambientales. Por su parte, Ristaino (1994), refiere que el patrón espacial de las plantas enfermas no fue aleatorio en cada campo y que el tamaño del manchón se incrementó con el tiempo.

Cressie (1998), menciona que la representación gráfica del patrón espacial del patógeno es de gran utilidad para mostrar visualmente su relación con la toponimia del lugar de donde se aisló. Es aquí donde la caracterización patogénica adquiere mayor relevancia dado que es posible observar su relación con la ubicación geográfica. Según Cressie, los datos espaciales se pueden ver como la realización, a menudo parcial, de un proceso aleatorio (o proceso estocástico)

$$\{Z(s): s \in D\};$$

donde D es un conjunto fijo de frontera R^d (límites del conjunto), con volumen positivo d -dimensional. En otras palabras, el índice espacial s varía continuamente a través de la región D .

A este respecto, se ha sentado la base de la Geoestadística "la predicción de un valor desconocido (o promedio de valores) de una función aleatoria a partir de observaciones posiblemente ruidosas, sobre la misma función aleatoria en posiciones conocidas". Letham (1996), menciona que el análisis geoestadístico también se ha utilizado en patología vegetal para caracterizar cuantitativamente los cambios en el patrón espacial de epidemias o poblaciones de patógenos en el tiempo. Cressie (1998), hace referencia a que el método geoestadístico modela la covariación de la función aleatoria y la utiliza para predecir lineal o no-lineal el valor desconocido. Este pronóstico tiene una desventaja sobre los pronosticadores determinísticos, que se adaptan a la cantidad y calidad de la dependencia espacial de los datos. Además, el error medio cuadrático predicho calcula la confianza que debe ponerse en el predictor. Para una mejor comprensión, se entiende como *predicción espacial* como la predicción de valores no observados a partir de datos observados de los cuales solo sus variables exógenas son su propia ubicación espacial.

Los modelos de predicción se basan en dos métodos, el estocástico y el no-estocástico.

Método estocástico de predicción espacial. La predicción se puede realizar asumiendo que los datos z tienen una probabilidad de muestreo desde una z (\cdot), pero

desconocida. En general, la estructura de la media y la covarianza no son conocidas, en cuyo caso el pronóstico obtenido es casi inútil.

Métodos no-estocásticos de predicción espacial. Son métodos más sensibles y adaptables, se aproximan a la interpolación espacial o suavizamiento (a diferencia de la predicción). En un modelo estocástico no se asume, salvo en ocasiones la suma del error. Asumiendo que el error medido es cero. Vivas (1998), menciona al respecto de los métodos de interpolación, que el de Shannon es el ideal pues permite triangular y después definir las facetas. Utiliza los valores de un entorno que teóricamente es indefinido, pero la fórmula se puede reducir a utilizar solo los entornos de 8 x 8 o 4 x 4 píxeles más próximos. Letham (1996), menciona que la estructura de la correlación espacial puede describirse con el semivariograma y el correlograma, los cuales cuantifican la dependencia espacial midiendo la variación entre muestras separadas por la misma distancia. A este respecto, podemos referir que el método de interpolación ideal depende de la cantidad de datos de entrada y de su área de cobertura. Esto es debido a que el método de interpolación, cualesquiera que sea, asume ciertos atributos para obtener el mejor valor estimado; es decir, mientras más puntos se tengan por unidad de celda y mayor el área de cobertura, más confiables resultará la superficie interpolada. Nelson et al (1999), mencionan que el análisis geoestadístico se puede dividir en cuatro fases: (i) análisis exploratorio de datos; (ii) modelamiento de la autocorrelación espacial (características de la continuidad espacial); (iii) estimación de localidades no muestreadas a través de una superficie (mapas de superficie); y (iv) evaluación de la confiabilidad de los estimados.

MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN

Peso Inverso de la Distancia (Inverse Distance Weighted), IDW. Asume que cada punto de entrada tiene una influencia local que disminuye con la distancia. Pesa los puntos cercanos a la celda de procesamiento mayores a los más alejados. Un número dado de puntos, u opcionalmente todos los incluidos en un radio especificado, se usan para determinar el valor producto para cada locación. Se usa, por ejemplo, para interpolar una superficie relativa a la distribución de especies cultivables de riego en una región dada. Las ubicaciones más alejadas de cuerpos de agua tendrán menos influencia, debido a que los productores seguramente seleccionarán sitios más cercanos a su fuente de abastecimiento de agua. El parámetro de potencia en este método controla la significancia de los puntos en derredor sobre el valor interpolado. Potencia mayor resulta en menos influencia para puntos distantes

SPLINE. Es un método general que fija una superficie mínima de curvatura a través de los puntos de entrada. Conceptualmente, es como mezclar un atado de sarmientos para pasarlos a través de puntos determinantes de calidad en grosor de los mismos, mientras minimiza la curvatura total de la superficie. Fija una función matemática para un número especificado de puntos de entrada más cercanos, mientras pasa a través de los puntos determinantes. Este método es mucho mejor para superficies con variación en elevación, mantos freáticos (pozos), o en concentraciones de contaminantes. No es apropiado si existen grandes cambios en la superficie en una distancia horizontal corta, debido a que puede sobreponer los valores estimados.

El manejo de la información espacial utilizando un marco conceptual y estructural de un diccionario de datos, deberá promoverse como una opción para representar la relación entre factores biológicos y aspectos físicos de los sistemas agrícolas. Acorde a Chapa (1999), el modelo conceptual de un diccionario tiene la finalidad de integrar en un mismo esquema, los requerimientos estáticos (datos) y dinámicos (operaciones y eventos). En un sentido, el Esquema de Datos permite especificar la información relevante a un ambiente de la organización. El Esquema de Operación contiene los datos que intervienen en la operación. Acorde a lo anterior, el esquema de datos es la representación completa de los datos utilizados para las operaciones en un ambiente particular; es decir, el esquema de datos lo constituye propiamente las bases de datos y el esquema de operación es el conjunto de procedimientos que nos llevan a la integración de la información en un ambiente específico.

En un diagrama de integración, podemos mencionar que cada entidad produce un esquema de relación y posteriormente, dependiendo del grado y cardinalidad de las interrelaciones, se trasladan los identificadores como atributos ajenos o se crean nuevas relaciones. Si el diagrama conceptual no es diseñado y creado de manera adecuada a los datos, sea por un análisis defectuoso o por una falta de dominio en el modelo, las relaciones generadas resultan redundantes, ambiguas o con pérdida semántica. En este caso, una relación es un subconjunto d tomado del producto cartesiano de n dominios. Un dominio es un conjunto de valores, semejante a los tipos de datos de un lenguaje de programación. A los miembros de una relación se les denomina tupla. Una tupla tiene componentes v_1, v_2, \dots, v_n ; donde el componente v_1 pertenece al dominio D_1 , el v_2 al D_2 y así sucesivamente. Cuando a un componente se asigna un nombre, se le llama atributo. Por lo tanto, una relación compuesta de un conjunto de atributos, se le denomina esquema de relación. Un esquema de relación se escribe como $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$. de una manera práctica, identificamos un esquema de relación como una tabla donde las filas son las tuplas y las columnas los componentes de la tupla. Para estudios específicos que comparten un punto de referencia para la integración de las bases de datos se recurre a un ambiente específico que sea capaz de manejar grandes volúmenes de datos y sus propios metadatos, un Sistema de Información Geográfica (SIG). Vivas (1999), define a los SIG's como un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la Tierra. Un sistema de *hardware*, *software* y procedimientos elaborados para facilitar la gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión. A este respecto, Nelson et al (1999), mencionan que en el ambiente SIG se integra la información espacial en capas y que esto es de utilidad en descubrir posibles relaciones ocultas entre los fenómenos bajo estudio.

GEORREFERENCIACIÓN

El marco de referencia estructural para los SIG's es la tecnología GPS pues en esta se sientan las bases que asignaran una mayor precisión a los datos que se involucran en el estudio. Los receptores GPS son capaces de calcular su posición gracias a la recepción simultánea de las señales electromagnéticas emitidas por los satélites de la constelación NAVSTAR. Esta constelación originalmente fue diseñada por el Departamento de Defensa de los EUA, como contraparte de la constelación GLONASS soviética. La constelación NAVSTAR está integrada por 24 satélites operacionales y 2 de reserva. Los receptores GPS, según el modelo que se tenga a disposición, rastrean la señal de hasta 12 satélites de manera simultánea y, descifrando el mensaje de navegación, estiman su posición. Posteriormente y dependiendo de los requerimientos de precisión, en un trabajo de gabinete, estas observaciones son sometidas a un proceso de diferenciación por medio del cual, y mediante la aplicación de modelos matemáticos, se refinan las soluciones hasta obtener una precisión submétrica (coordenadas diferenciadas). Estas observaciones son luego sometidas a un ajuste por mínimos cuadrados que finalmente derivará en que las soluciones conlleven una precisión subcentimétrica.

El proceso de diferenciación consiste en, de manera simultánea, someter las observaciones registradas por el receptor GPS a un proceso de distribución de los errores que afectan el proceso de emisión-recepción de la señal satelitar, disminuirlos hasta casi desaparecerlos o modelarlos. Estos errores se clasifican como sigue:

- Error del reloj del satélite
- Error del reloj del receptor
- Error atmosférico
- Error por retraso de la troposfera
- Error por retraso de la ionosfera
- Error de rebote de la señal. Causado principalmente por la cercanía al sitio de recepción de árboles, líneas de conducción o cuerpos de agua.
- Error debido al cálculo erróneo del centro de fase (geométrico y electrónico), de la antena receptora
- Error propio del equipo de medición
- Error humano

Los SIG, poseen la característica de incorporar en su diseño y operación, información en formato DBF (*Data Base File*), relativa a aspectos sociodemográficos. En la última década, es notoriamente significativo el auge que han tomado los SIG's como herramientas de apoyo para la toma de decisiones. En el marco Agrícola, tienen aplicación preferentemente para el estudio de suelos y cubierta vegetativa, rubros consolidados para el apoyo a proyectos de Desarrollo Sustentable.

MATERIALES Y METODOS

MUESTREO

La superficie de los sitios de muestreo fluctuó desde 1 ha o menos, hasta 6 ha. Cada sitio fue identificado de acuerdo a la entidad, municipio y/o predio. Donde no fue posible asignar un identificador, se eligió el del centro de población más cercano o bien se utilizó un rasgo geográfico (natural o antrópico -cultural) que facilitara su localización. Se visitaron plantaciones con diferente sistema de producción, incluyendo sistemas de riego por goteo con acolchado (tres sitios), sistemas de riego por pozo, hasta el sistema irrigado por tandeos con agua de presa. La mayoría de las muestras fueron colectadas en plantaciones irrigadas por gravedad (riego rodado), excepto los sistemas de acolchado.

En cada sitio se colectaron muestras de plantas visualmente afectadas por marchitez y una muestra compuesta de suelo. Todas las muestras de tejido enfermo fueron obtenidas de la corona (raíz y tallo). Las muestras de suelo se colectaron de la zona radicular (20 cm de espesor).

Adicionalmente se tomaron datos de incidencia de la enfermedad, del tipo de chile de donde se obtuvo la muestra y de localización (coordenadas geográficas).

La incidencia de la enfermedad se estimó en base a un conteo de plantas con marchitez presentes a lo largo de un surco de 50 o mas plantas. La incidencia de marchitez fue calculada en base a la siguiente relación:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{total de plantas con marchitez}}{\text{total de plantas en el surco}}$$

La información de cada sitio se complementó con datos climáticos (temperatura y precipitación) provenientes de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios de muestreo.

OBTENCIÓN, PURIFICACIÓN Y CONSERVACION DE AISLADOS

Todas las muestras de tejido vegetal enfermo fueron procesadas en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Primero se realizaron pruebas para verificar la presencia de *Phytophthora capsici* en las muestras colectadas. Para ello se lavaron las muestras de tejido infectado con agua corriente y se secaron. Con la ayuda de un bisturí, se cortaron piezas de tejido las cuales fueron colocadas en cajas petri con Jugo de Tomate Agar (JTA), selladas con parafilm e incubadas a temperatura ambiente con el fin de favorecer el crecimiento de micelio. La identificación y/o presencia de *Phytophthora capsici* fue realizada a los 3-5 días de incubación en base a las claves de identificación establecidas para esta especie.

Todos los aislados de *Phytophthora capsici* fueron purificados mediante la técnica de Punta de Hifa. De cada aislado se obtuvo una punta de micelio en crecimiento, a partir de la cual se estableció una nueva colonia.

Todos los aislados fueron identificados y conservados en tubos de ensaye con medio de cultivo (JTA) y aceite mineral estéril.

CARACTERIZACION DE AISLADOS

Caracterización Patogénica

La patogenicidad de cada aislado fue determinada en base a la Tasa de Crecimiento Radial (TCR en mm/h) en medio de cultivo (JTA). La TCR equivale al coeficiente de regresión o pendiente de la recta (b), en un modelo de regresión lineal simple. Con el fin de obtener los valores de TCR para cada aislado, se diseñó un experimento factorial Completamente al Azar con 10 aislados (tratamientos) y cinco cajas petri (repeticiones) por aislado. El crecimiento radial del micelio (CR) fue registrado a las 24, 48, 96 y 120 horas de incubación, con lo cual se calculó la TCR para cada aislado. Los valores de TCR fueron obtenidos mediante análisis de regresión lineal en base a la siguiente función:

$$CR = f(\text{tiempo})$$

El modelo tiene la siguiente forma:

$$CR = a + b X$$

donde

- CR = crecimiento radial (mm)
- a = ordenada al origen o intercepto (CR en mm a las 0 h)
- b = coeficiente de regresión o pendiente (TCR en mm/h)
- X = tiempo en h

Los 10 aislados fueron clasificados en dos grupos o categorías de patogenicidad, según el valor de TCR:

| Grupo o Categoría del Aislado | Clave | TCR (mm/h) |
|-------------------------------|-------|------------|
| Patogénico | P | ≥ 0.3 |
| Moderadamente Patogénico | MP | < 0.3 |

Caracterización por sensibilidad a metalaxyl

Los 10 aislados de *Phytophthora capsici* fueron evaluados para conocer su sensibilidad al fungicida metalaxyl para lo cual se incluyeron cuatro dosis: 0 (Control), 5, 50 y 100 ppm, adicionados al medio de cultivo (Jugo de Tomate Agar). El fungicida evaluado fue Subdue 2E (Ciba-Geigy, Corp., USA) con 25.1% de *metalaxyl* (2 libras de ingrediente activo/galón). Los aislados fueron sembrados en cajas petri de 8.2 cm de diámetro conteniendo 25 ml de medio de cultivo. Todos los cultivos fueron incubados sin luz en cámara de crecimiento a 26 ± 2.5 °C por cinco días. El crecimiento radial del micelio (CR) fue registrado a las 24, 48, 96 y 120 h, con lo cual se obtuvo la tasa de CR

por aislado en cada una de las cuatro dosis evaluadas. Se utilizó un diseño factorial Completamente al Azar con 5 repeticiones. Los aislados fueron clasificados en función de su CR a las 120 h, en tres categorías:

| Categoría | Clave | Criterio |
|------------------|--------------|---|
| Resistente | R | si CR en 5, 50 y 100 ppm \geq 40% del control |
| Tolerante | T | si CR en 5 ppm \geq 40% del control y CR en 100 ppm $<$ 40% del control |
| Susceptible | S | si CR en 5, 50 y 100 ppm $<$ 40% del control |

Caracterización Sexual

Cada aislado fue confrontado con aislados de compatibilidad sexual conocida (A_1 y A_2), en cajas petri con medio de cultivo Jugo V8 Agar (JV8). Los aislados de compatibilidad conocida fueron obtenidos del Colegio de Posgraduados de Chapingo. El tipo de compatibilidad sexual del grupo de 10 aislados fue asignado en base a la presencia (+) o ausencia (-) de oosporas. Esto es, si el tipo sexual conocido es A_1 , y como resultado de la cruce hay formación de oosporas, se infiere que los aislados son compatibles (compatibilidad positiva), en cuyo caso el tipo sexual del aislado desconocido es A_2 . Caso contrario, (ausencia de oosporas), se infiere que el tipo de compatibilidad sexual del aislado desconocido es A_1 . Con este criterio se evaluaron todos los aislamientos.

CARACTERIZACION DE SUELOS

La muestra tomada en cada sitio fue del tipo compuesta con un peso aproximado de 2 kg. Todas las muestras fueron sometidas a un análisis físico y químico. Los análisis de suelos se realizaron de conformidad a la norma internacional FAO88, en el laboratorio de Análisis de Suelos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Se obtuvieron las siguientes determinaciones:

1. Textura (expresada en porcentaje de limo, arena y arcilla)
2. Conductividad eléctrica (ds/m)
3. pH
4. Carbono orgánico (porciento)
5. Materia orgánica (porciento)
6. Capacidad de intercambio catiónico (cmol/k)
7. Porciento de Saturación de Bases (PSB)
8. Sodio (cmol/k)
9. Potasio (cmol/k)
10. Calcio (cmol/k)
11. Magnesio (cmol/k)
12. Fósforo (mg/k)
13. Fósforo extractable (mg/k)
14. Color

GEORREFERENCIACION

Las actividades relacionadas con la georreferenciación, se dividieron en dos etapas.

1. Obtención de archivos SHP (*shape file*) de los límites municipales y estatales de los estados de Aguascalientes, Zacatecas, Jalisco y Guanajuato.
2. Obtención de las coordenadas geográficas (latitud, longitud y altura elipsoidal) en cada uno de los sitios de muestreo.

La primer etapa se realizó con una tableta digitizadora, utilizando como marco de referencia el mosaico de cartas escala 1: 250 000. Se utilizó una tableta A3 *Genius*, modelo HI-1812, con lápiz y cursor de 4 botones, plantillas AutoCADr10 y r11, compatible con Windows 95,98 y NT.

Para la segunda etapa se utilizó un equipo GPS (*Global Positioning System* por sus siglas en inglés) modelo *Ensign XL* con precisión absoluta de +/- 50 m. Las coordenadas se obtuvieron por posicionamiento directo en el sitio de muestreo. La lectura en cada sitio de muestreo se registró una vez que las lecturas del equipo se estabilizaron, lo cual tardó aproximadamente 3 minutos después de iniciada la colecta de datos.

Las coordenadas geográficas del receptor fueron transformadas a coordenadas UTM (*Universal Transversa Mercator*) con el fin de darles formato para ingresarlas al entorno de *ARC-View*. Este procedimiento de transformación se realizó utilizando el programa *PROJECT* para UNIX, del *United States Geological Survey*.

La interpolación espacial fue realizada tomando como plataforma el Modelo Digital de Elevación (*DEM Digital Elevation Model*, por sus siglas en inglés), conjugado de 2 modelos individuales escala 1: 250 000, los cuales fueron proporcionados por el INEGI. Los modelos utilizados presentan con replanteo de muestreo a 30 m.

CARACTERIZACION CLIMATICA

Se recopiló la información generada por la estaciones climáticas de influencia en la zona de estudio. Para esto se definió un polígono rectangular cuyas coordenadas dieran cobertura al área bajo estudio. Los valores diarios de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima fueron obtenidos de 28 estaciones meteorológicas, considerando el periodo histórico de 1970 a 1998. La información incluyó las coordenadas geográficas de cada estación. Todos los datos de clima fueron extraídos del programa *ERIC2*, el cual contiene una base de datos de las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). A cada estación se le aplicó la *Prueba de Homogeneidad de Datos* para validar su confiabilidad. Asimismo, se calcularon datos perdidos o faltantes con el fin de mejorar la consistencia y precisión de observaciones y mapas climáticos. Los valores coordenados de cada estación también fueron transformados con el programa *PROJECT* para obtener las coordenadas UTM.

Oscilación térmica

Los datos de temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) fueron procesados para calcular la oscilación térmica (OT) diaria promedio de cada estación, en base a la siguiente expresión:

$$OT = Tmax - Tmin$$

Estación de Crecimiento

Asimismo se obtuvo la precipitación media mensual acumulada durante la Estación de Crecimiento (EC) para el cultivo de chile, considerando para ello el periodo de Abril a Septiembre. El valor de EC también fue calculado para cada estación meteorológica.

MODELO CONCEPTUAL Y ESTRUCTURAL DE LA BASE DE DATOS

Se diseñaron dos bases de datos independientes, una para manejar los datos correspondientes a los sitios de muestreo y otra para la información climática. La información considerada fue la siguiente:

Datos del patógeno

- Patogenicidad,
- Tipo de Compatibilidad Sexual,
- Sensibilidad a metalaxyl

Datos del Hospedero

- Incidencia de la enfermedad
- Tipo de chile

Datos de suelo

- Características físicas
- Características químicas

Datos de clima

- Temperatura
- Precipitación
- Oscilación Térmica

Datos de localización

- Latitud
- Longitud
- Altura elipsoidal

Se diseñaron y evaluaron para consistencia, los siguientes esquemas conceptuales y estructurales:

| CAMPO | TIPO | TAMAÑO | DECIMALES | DESCRIPCION |
|-------|----------|--------|-----------|---|
| Un | Numérico | 3 | 0 | Número consecutivo de los sitios de muestreo. |
| sitio | Caracter | 28 | | Identificador de los sitios de muestreo |
| lat | Numérico | 9 | 6 | Latitud obtenida para el sitios de muestreo |
| long | Numérico | 10 | 6 | Longitud obtenida para el sitios de muestreo |
| alt | Numérico | 5 | 0 | Altura ortométrica para el sitio de muestreo |
| Pp | Numérico | 3 | 1 | PDOP calculado durante la lectura del GPS |
| Ce | numérico | 4 | 2 | Conductividad Eléctrica |
| Ph | numérico | 4 | 2 | pH |
| car | numérico | 4 | 2 | Carbono orgánico |
| mo | numérico | 4 | 2 | Materia orgánica |
| cic | numérico | 5 | 2 | Capacidad de intercambio catiónico |
| psb | numérico | 3 | 0 | Porcentaje de saturación de bases. |
| Na | numérico | 6 | 2 | Sodio |
| psna | numérico | 3 | 1 | Porcentaje de saturación de sodio |
| K | numérico | 6 | 2 | Potasio |
| Ca | numérico | 6 | 2 | Calcio |
| mg | numérico | 6 | 2 | Magnesio |
| P | numérico | 7 | 2 | Fósforo |
| p_ext | numérico | 7 | 2 | Fósforo extractable |
| arc | numérico | 2 | 0 | Arcilla |
| limo | numérico | 2 | 0 | Limo |
| arena | numérico | 2 | 0 | Arena |
| class | caracter | 3 | | Clasificación textural |
| aisl | logical | V/F | | Indica si se aisló o no a <i>Phytophthora capsici</i> |
| tipo | caracter | 12 | | Variedad o tipo de chile del cual se aisló |
| sexo | caracter | 4 | | Tipo sexual del aislamiento |
| s_met | caracter | 10 | | Sensibilidad a <i>metalaxyl</i> |
| patog | numérico | 3 | 0 | Patogenicidad del aislamiento |
| utmX | numérico | 9 | 8 | Coordenadas UTM, componente X |
| utmY | numérico | 10 | 8 | Coordenadas UTM, componente Y |

| CAMPO | TIPO | TAMAÑO | DECIMALES | DESCRIPCION |
|------------|----------|--------|-----------|--|
| Id | Numérico | 4 | 0 | Número consecutivo de las estaciones meteorológicas |
| Descrip | Caracter | 48 | | Descripción del nombre de la estación meteorológica |
| UtmX | Numérico | 12 | 5 | Coordenadas UTM, componente X |
| UtmY | Numérico | 13 | 5 | Coordenadas UTM, componente Y |
| Prec_ecrec | Numérico | 6 | 4 | Precipitación promedio mensual acumulada en la estación de crecimiento |
| Tmx | Numérico | 6 | 3 | Temperatura máxima mensual promedio anual |
| Tmn | Numérico | 6 | 3 | Temperatura mínima mensual promedio anual |

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se obtuvieron estadísticas globales y parciales para cada variable, con lo cual se describieron las características geográficas, climáticas y edafológicas de la región muestreada. Asimismo se generaron estadísticas globales para las variables del patógeno (patogenicidad, tipo de compatibilidad sexual y sensibilidad a metalaxyl) y del hospedero (tipo de chile). Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el Programa STATISTICA for Windows Versión 5.1.

El análisis de distribución espacial del patógeno se realizó en función de las variables de suelo, temperatura máxima y mínima, oscilación térmica y precipitación media mensual acumulada durante la estación de crecimiento (EC).

El agrupamiento de variables en función del patógeno se realizó para detectar posibles patrones de agrupamiento de aislados según tipo de compatibilidad sexual, sensibilidad a metalaxyl y por su grado de patogenicidad.

Las herramientas de análisis estadístico utilizadas fueron, Diferencia Mínima Significativa (LSD), Análisis de Varianza (ANOVA), Análisis por agrupamiento (*Cluster Analysis*), Análisis por Factor (*Factor Analysis*) y Correlación Canónica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA MARCHITEZ EN CAMPOS COMERCIALES DE CHILE

La marchitez del chile se presenta prácticamente en todas las regiones donde se cultiva chile, incluida por supuesto la región objeto de este estudio, la Centro-Norte de México. En esta investigación se muestrearon 81 campos comerciales de chile con síntomas visuales de marchitez, distribuidos en cuatro estados (Cuadro. 1)

Cuadro 1. Sitios de muestreo por entidad federativa

| ENTIDAD | NUMERO DE SITIOS |
|----------------|------------------|
| Aguascalientes | 36 |
| Jalisco | 10 |
| Zacatecas | 6 |
| Guanajuato | 29 |
| TOTAL | 81 |

La toma de muestras se inició en junio de 1998 y terminó el 11 de agosto de 1999. Según el tipo de chile establecido, los sitios de muestreo se agruparon en cuatro categorías: Pasilla (48 %), Mirasol (29 %), Ancho (17 %) y mezcla de varios tipos (6 %). La frecuencia de plantaciones por tipo de chile se muestra en la Figura 1



Figura 1. Porcentaje de sitios de muestreo según el tipo de chile establecido

En abril y mayo, antes de iniciar la actividad de toma de muestras, se realizaron recorridos de reconocimiento y localización de las plantaciones. Ninguno de los campos localizados mostró síntomas visuales de marchitez en las etapas tempranas del cultivo. La ausencia de síntomas coincidió con las altas temperaturas y la baja humedad relativa de los meses de abril a mayo. Los síntomas de marchitez se observaron a partir de junio y se acentuaron con el establecimiento de las lluvias durante los meses de julio y agosto. Los resultados mostraron gran variabilidad de incidencia en tiempo y espacio. Al respecto, en la mayoría de las plantaciones se registró 0 % de incidencia antes del inicio de la temporada de lluvia (mayo-junio), cuando el cultivo estaba en etapa botón-floración. Sin embargo, las mismas plantaciones exhibieron altos niveles de marchitez en agosto y septiembre, época en la cual el cultivo había alcanzado ya la etapa de fructificación. La incidencia llegó en algunos casos hasta el 100 %. En todas las plantaciones se observó una mayor incidencia en las secciones con problemas de drenaje que facilitaban el estancamiento de agua por un tiempo prolongado. Esta apreciación coincide con varios reportes sobre incidencia y distribución espacial de la marchitez en plantaciones comerciales de Chile.

FITOPATÓGENOS ASOCIADOS AL SÍNDROME DE LA MARCHITEZ DEL CHILE

Los resultados de laboratorio mostraron a cuatro microorganismos fitopatógenos que consistentemente se aislaron de las muestras de tejido con síntomas de marchitez. Dos organismos fueron identificados al nivel de especie y dos a nivel de género.

Fusarium spp,
Alternaria spp,
Rhizoctonia solani, y
Phytophthora capsici

Aunque no se registró la frecuencia de cada fitopatógeno, en las 81 muestras procesadas si se observó que *Fusarium* spp apareció con mayor frecuencia que los otros microorganismos. Los resultados coinciden con reportes que señalan la acción sinérgica de estos fitopatógenos de raíz como causantes de la marchitez del Chile.

En campo es difícil identificar con éxito a los microorganismos presentes o asociados a una enfermedad; sin embargo, es común que los diagnósticos fitosanitarios sean dados en función de la sintomatología visual. Al respecto, la mayoría de los autores consultados atribuye como causal del síndrome de la marchitez en Chile a *Phytophthora capsici*. La recurrente presencia de *Fusarium* spp en las muestras de tejido afectado conlleva a formular varias interrogantes respecto a la probable interacción de microorganismos para causar la marchitez. Los resultados sugieren dar seguimiento e investigar con detalle este fenómeno entre los cuatro microorganismos aislados, para realizar estudios de espacio y tiempo y así determinar su efecto sinérgico en el desarrollo de la marchitez.

AISLAMIENTO DE *Phytophthora capsici* L Y ANÁLISIS DE SU DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Solo 20 de las 81 muestras (24.69 %) de tejido enfermo, procesadas en el laboratorio, derivaron en crecimiento micelial de *Phytophthora capsici*. Aplicando el método de interpolación espacial IDW, en un ambiente de Sistema de Información Geográfica, usando como plataforma ArcView, se buscó identificar espacialmente patrones de distribución y/o agrupamiento espacial involucrando las variables del patógeno, las variables de suelo y las variables de clima.

En el Mapa 1, se representa la ubicación de los sitios de muestreo. Se obtuvo información de georreferencia para 52 de ellos (Aguascalientes, Zacatecas y Jalisco), vía posicionamiento directo con equipo GPS. Solo de éstos se obtuvo este tipo de información, pues en las muestras cuyo origen geográfico fue el estado de Guanajuato, no se consiguió aislar a *Phytophthora capsici*. En este mapa se ponen de manifiesto, dos aspectos de la enfermedad con características espaciales: (1), que la marchitez se distribuye prácticamente en toda la región Centro-Norte; y (2) que el no haber conseguido aislar a *Phytophthora capsici* de todos los sitios muestreados, es indicativo de que no sea el único causante de la enfermedad, pues a la toma de muestra de material afectado, se observó su sintomatología típica, pero esto no se reflejó en los trabajos de laboratorio. Es decir, que la probabilidad de aislar a *Phytophthora capsici* en campo, no obedece a un patrón espacial específico al menos en la región Centro-Norte. La distribución aleatoria de sitios de muestreo con y sin éxito para aislamiento de *Phytophthora capsici*, corrobora el planteamiento anterior.



Mapa 1. Distribución de los 52 sitios de muestreo de los cuales se obtuvo tejido visualmente afectado por Marchitez

Por la complejidad observada, para minimizar el riesgo de no-aislamiento de *Phytophthora capsici*, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Época de muestreo. La época idónea es cuando ya se inició la temporada de lluvias y la humedad relativa es alta.
- Sitio de muestreo. Se debe identificar y localizar el sitio de muestreo donde se tiene conocimiento histórico de los cultivos establecidos. Aquí optar por aquellos donde recurrentemente se han establecido solanáceas.
- Edad de la planta. La época más adecuada es cuando en la planta ya se observan los síntomas típicos de marchitamiento que produce la presencia de la marchitez.
- Órgano o parte de la planta, origen del material de trabajo en el laboratorio. De preferencia tomar muestras de raíz, fruto, hoja y tallo, en ese orden de prioridad pues tanto en la raíz como en el fruto se encuentra la mayor cantidad de micelio creciente.
- Forma de conservación y transporte de la muestra y en el laboratorio. El transporte de campo al laboratorio deberá hacerse en bolsas de plástico para no convertirse en factores de dispersión del patógeno y con la mayor rapidez que sea posible.
- Rapidez con la que se procesa la muestra. Inmediatamente después a su llegada al laboratorio.

Estos aspectos pueden hacer la diferencia entre aislar microorganismos causales y microorganismos no causales de la marchitez.

En este trabajo se dio seguimiento al comportamiento espacial del patógeno buscando evidenciar probables criterios discriminantes de agrupamiento como tipo de suelo, condición de pH, contenido de Magnesio (Mg), y factores climáticos de precipitación, temperatura mínima y máxima y oscilación térmica. Los resultados mostraron que la probabilidad de aislar a *Phytophthora capsici* en la región de estudio no depende de las características del suelo, ni de un comportamiento climático específico, sino más bien del establecimiento de la temporada de lluvias con el consecuente aumento en el ambiente de la humedad relativa. Estos resultados se presentan y discuten a detalle en una sección posterior del presente documento.

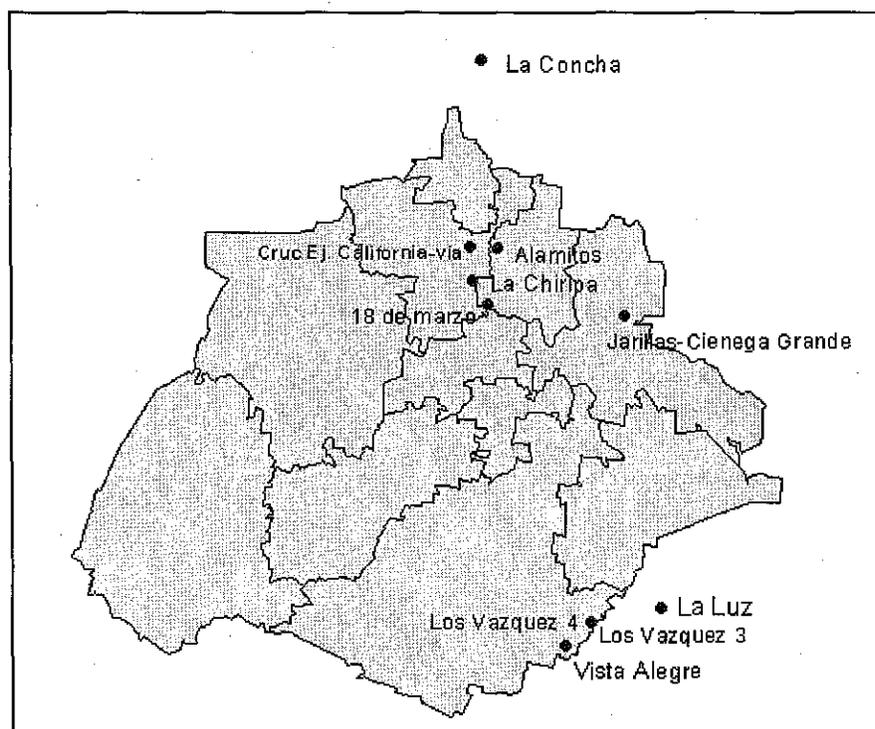
VARIABILIDAD ENTRE AISLADOS DE *Phytophthora capsici*

El estudio de variabilidad fue realizado con 10 de los 20 aislados de *Phytophthora capsici* (Cuadro 2 y Mapa 2). Los 10 aislados puros fueron sometidos a las siguientes pruebas:

1. Tipo de compatibilidad sexual;
2. Tasa de crecimiento radial micelial; y
3. Sensibilidad a metalaxyl

Cuadro 2. Origen de los 10 aislados de *Phytophthora capsici* sometidos a las diferentes pruebas de variabilidad (tasa de crecimiento radial, tipo de compatibilidad sexual y sensibilidad a metalaxyl)

| Aislado | Sitio de Muestreo | Municipio | Estado |
|---------|-----------------------------|---------------------|----------------|
| JAR1 | Jarillas de Ciénega Grande | Asientos | Aguascalientes |
| LLU2 | La Luz | Encarnación de Díaz | Jalisco |
| LCH | La Chiripa | Rincón de Romos | Aguascalientes |
| TEC | Terracería Ejido California | Rincón de Romos | Aguascalientes |
| VAL | Vista Alegre | Aguascalientes | Aguascalientes |
| ALA | Alamitos | Tepazalá | Aguascalientes |
| BV3 | Bajío los Vázquez-3 | Aguascalientes | Aguascalientes |
| BV4 | Bajío los Vázquez-4 | Aguascalientes | Aguascalientes |
| 18M | 18 de Marzo | Tepezalá | Aguascalientes |
| LCO | La Concha | Ojocaliente | Zacatecas |



Mapa 2. Distribución de los 10 aislados de *Phytophthora capsici* sometidos a estudio en la región Centro-Norte de México.

Variabilidad por tipo de compatibilidad sexual

La prueba de compatibilidad sexual mostró que 7 de los 10 aislados (70 %), pertenecen al tipo A₂; el 30 % restante (3 de 10 aislados) son del tipo A₁ (Cuadro 3)

Cuadro 3. Apareamiento y clasificación sexual de 10 aislados mexicanos de *Phytophthora capsici* colectados en la región Centro-Centro de México. Cada aislado fue apareado con aislados conocidos del tipo A₁ y A₂

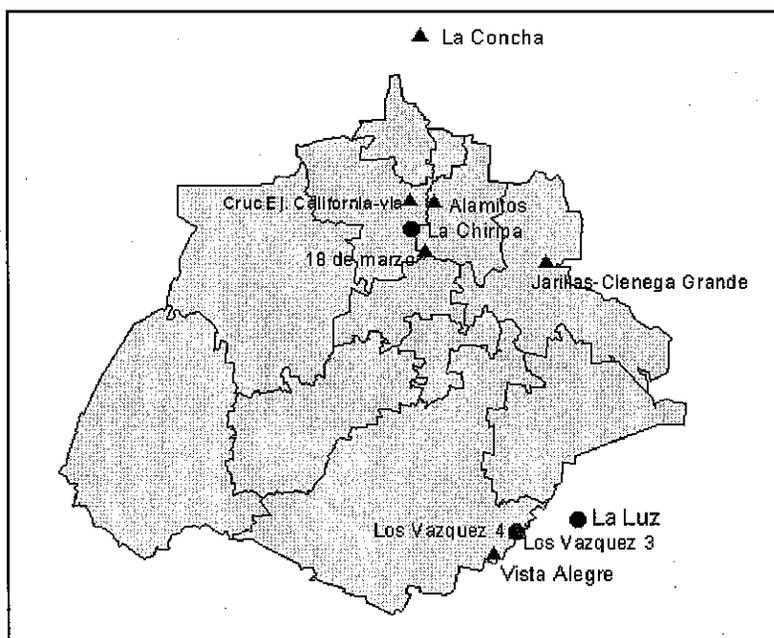
| Aislado | x Tipo A ₁ | x Tipo A ₂ | Tipo sexual |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| JAR1 | + | - | A ₂ |
| LLU2 | - | + | A ₁ |
| LCH | - | + | A ₁ |
| TEC | + | - | A ₂ |
| VAL | + | - | A ₂ |
| ALA | + | - | A ₂ |
| BV3 | - | + | A ₁ |
| BV4 | + | - | A ₂ ** |
| 18M | + | - | A ₂ |
| LCO | + | - | A ₂ ** |
| A ₁ | - | + | A ₁ |
| A ₂ | + | - | A ₂ |

(+) apareamiento compatible (con producción de oosporas)

(-) apareamiento incompatible (sin producción de oosporas)

** aislados que generaron variantes de los dos tipos de compatibilidad sexual (A₁ y A₂)

La distribución espacial de los 10 aislados según su tipo de compatibilidad sexual se muestra en el Mapa 3.



Mapa 3. Distribución espacial de los 10 aislados de *Phytophthora capsici* según su tipo de compatibilidad sexual. ▲ = A₂; ● = A₁

En el Mapa 3 es evidente que los dos tipos sexuales están presentes en la región Centro-Norte y que no siguen un patrón definido de agrupamiento espacial. Inclusive en los sitios de muestreo BV3 y BV4, se encuentran los dos tipos sexuales de *Phytophthora capsici*; esto no sería tan relevante si la distancia entre uno y otro no fuera de 76 m, aprox. En la parte superior media del mapa, en La Chiripa, se identificó el tipo sexual A₁, y cercano a este sitio, se logró aislar A₂. Lo anterior es indicativo de una alta probabilidad de que en la zona se dé la recombinación sexual entre aislados; esta incrementa la variabilidad genética en la población y con ello se propicia el que aparezcan variantes cada vez más patogénicas de *P. capsici*. Se tienen evidencias de recombinación sexual de *Phytophthora capsici* en plantaciones comerciales de chile en la región Centro-Norte. Al respecto, se detectó la presencia de oosporas viables en aislados provenientes de fruto, raíz y tallo en tres sitios de muestreo. Al derivar cultivos puros mediante punta de hifa, los aislados que formaron oosporas también generaron aislados de los dos tipos de compatibilidad sexual (A₁ y A₂).

La distribución aleatoria de los dos tipos sexuales del patógeno, la ocurrencia de recombinación sexual y la alta viabilidad de las oosporas explica, en gran medida, las crecientes epidemias de marchitez que año tras año se presentan en las zonas productoras de chile en la región Centro-Norte. Al parecer, la pobre eficiencia de los métodos de combate es atribuible, en parte, al dinamismo, en variabilidad genética que ocurre en la población del patógeno. En nuestro caso de estudio la presencia de los dos tipos sexuales de *Phytophthora capsici*, asegura la formación de oosporas, con la consecuente recombinación genética que ello implica y en consecuencia, el fortalecimiento de la población a las condiciones prevalecientes donde se localiza.

Variabilidad en la tasa de crecimiento radial micelial

La tasa de crecimiento radial (TCR) de micelio para los 10 aislados, se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Grado de patogenicidad de los 10 aislados de *Phytophthora capsici* según su tasa de crecimiento radial (TCR)

| Aislado | Sitio de Muestreo | TCR (mm/h) | Grado de Patogenicidad |
|---------|-------------------------|------------|--------------------------|
| JAR1 | Jarillas-Ciénega Grande | 0.273 | Moderadamente patogénico |
| LLU2 | Rancho La Luz | 0.238 | Moderadamente patogénico |
| LCH | La Chiripa | 0.248 | Moderadamente patogénico |
| TEC | Crucero Ej. California | 0.329 | patogénico |
| VAL | Vista Alegre | 0.251 | Moderadamente patogénico |
| ALA | Alamitos | 0.229 | Moderadamente patogénico |
| BV3 | Los Vázquez 3 | 0.327 | patogénico |
| BV4 | Los Vázquez 4 | 0.232 | Moderadamente patogénico |
| 18M | 18 de marzo | 0.326 | patogénico |
| LCO | La Concha | 0.307 | patogénico |

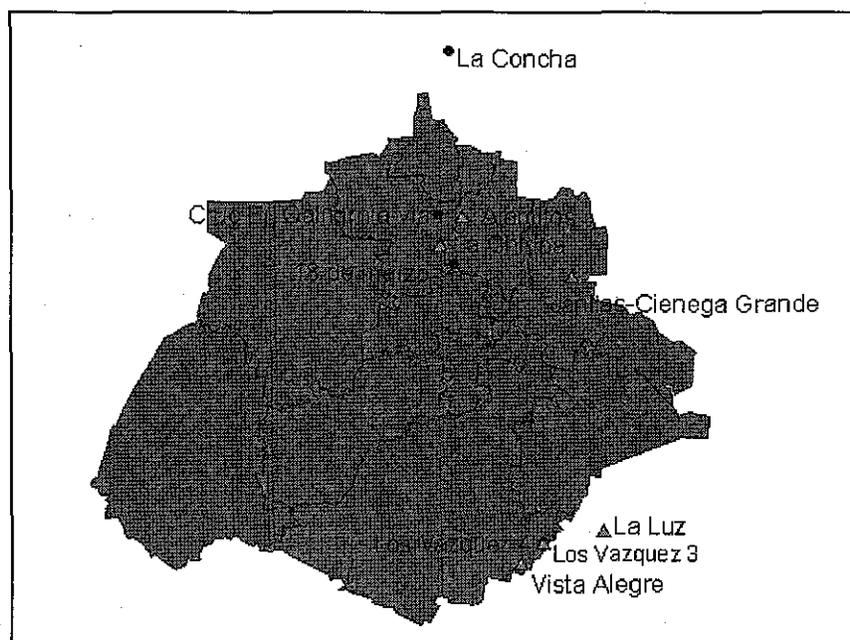
Patogénico (TCR > 0.3 mm/h); moderadamente patogénico (TCR < 0.3 mm/h)

Esta prueba fue realizada en medio nutritivo (JTA) a $26 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 120 h con registro de crecimiento a cada 24 h. La prueba mostró que 4 de los 10 aislados (40 %), crecen a tasa mayor que 0.3 mm/h. La TCR está directamente asociada al grado de patogenicidad del aislado debido a la relación tan estrecha que mantiene con la tasa de esporulación; a los aislados más patogénicos generalmente se les observa una mayor capacidad de esporulación y por lo tanto mayores TCR; en contraste, aislados con menor capacidad de esporulación tienen menor TCR. En base a lo anterior, se clasificaron los aislados en dos categorías:

- ... Patogénicos (TCR > 0.3 mm/h); y
- ... Moderadamente patogénicos (TCR < 0.3 mm/h).

El aislado TEC mostró el valor más alto de TCR (0.329 mm/h) y ALA el valor más bajo (0.229 mm/h); la diferencia entre ambos aislados sugiere que ALA crece a una tasa 70 % más lenta que TEC. Pruebas preliminares de patogenicidad en folíolos desprendidos de chile (*Capsicum annum* L) de dos cultivares (Serrano y Pasilla), evidenciaron que todos los aislados son patogénicos; sin embargo, los folíolos inoculados con TEC, mostraron síntomas de marchitez antes que el resto de los aislados, incluyendo ALA. En general, la aparición rápida de síntomas estuvo asociada con altas tasas de esporulación (datos no presentados). Es muy probable que las diferencias entre la gama de aislamientos mexicanos de *Phytophthora capsici* sean mayores a 70%; no obstante, los resultados obtenidos con 10 aislados de la región Centro-Norte, indican que la variabilidad esperada para TCR es al menos de 70%.

La distribución espacial de los 10 aislados, considerando como criterio el grado de patogenicidad (TCR en 120 h), se muestra en el Mapa 4.



Mapa 4. Distribución espacial de los 10 aislados de *Phytophthora capsici* según su grado de patogenicidad. ▲, Moderadamente patogénico; ●, Patogénico.

Como se puede observar en el Mapa 4, no se visualiza una tendencia específica de agrupamiento espacial; tanto aislados patogénicos como moderadamente patogénicos están dispersos en la región de estudio y no siguen un patrón de distribución. El estudio de estos 10 aislados sugiere que su grado de patogenicidad no es determinante para su ubicación espacial, al menos en la región Centro-Norte.

Variabilidad por sensibilidad a metalaxyl

La respuesta de los 10 aislados al fungicida metalaxyl se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Sensibilidad de 10 aislados de *Phytophthora capsici* al fungicida metalaxyl

| Aislado | Sitio de Muestreo | n | Concentración de metalaxyl | | | | Clasif |
|---------|----------------------------|---|-------------------------------------|-------|--------|---------|--------|
| | | | 0 ppm | 5 ppm | 50 ppm | 100 ppm | |
| | | | % de CR respecto al control (0 ppm) | | | | |
| JAR1 | Jarillas de Ciénega Grande | 5 | 100 | 5.5 | 1.7 | 0.0 | S |
| LLU2 | Rancho La Luz | 5 | 100 | 6.6 | 0.0 | 0.7 | S |
| LCH | La Chiripa | 5 | 100 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | S |
| TEC | Cruc Ej. California | 5 | 100 | 26.4 | 12.9 | 10.7 | S |
| VAL | Vista Alegre | 5 | 100 | 26.8 | 11.9 | 12.1 | S |
| ALA | Alamitos | 5 | 100 | 9.9 | 6.9 | 8.1 | S |
| BV3 | Los Vázquez 3 | 5 | 100 | 22.3 | 4.8 | 3.5 | S |
| BV4 | Los Vázquez 4 | 5 | 100 | 7.9 | 2.9 | 4.1 | S |
| 18M | 18 de marzo | 5 | 100 | 6.4 | 0.0 | 0.0 | S |
| LCO | La Concha | 5 | 100 | 13.3 | 1.9 | 0.0 | S |

S = susceptible a metalaxyl; según criterio del CIP-Lima para *Phytophthora infestans*

Considerando el criterio propuesto por el CIP-Lima para *Phytophthora infestans*, todos los aislados resultaron susceptibles a metalaxyl, pues las tasas de crecimiento micelial observadas nunca alcanzaron el 40 % del tratamiento control. Estos resultados dan lugar a tres supuestos: (1) que entre los productos utilizados para el combate de enfermedades del Chile en la región Centro-Norte del país, no se incluye a metalaxyl; (2) que la región Centro-Norte presenta poca o nula introducción de cepas de *Phytophthora capsici* con resistencia a este fungicida; (3) que con un sistema de producción adecuado, metalaxyl puede utilizarse como alternativa de combate químico al problema de marchitez del Chile. Los resultados de esta prueba difieren de los reportados por Lamour y Hausbeck (1999), quienes reportan niveles crecientes de resistencia a metalaxyl en aislamientos de Georgia.

A pesar de que ninguno de los aislados de *Phytophthora capsici* alcanzó el 40 % de lo que creció el control (mismo aislado con 0 ppm de metalaxyl), el análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre aislados para cada una de las concentraciones evaluadas. La diferencia entre aislados se mantuvo casi al mismo nivel con 0 y 5 ppm y disminuyó gradualmente al incrementarse la concentración a 50 y 100 ppm (Figura 2).

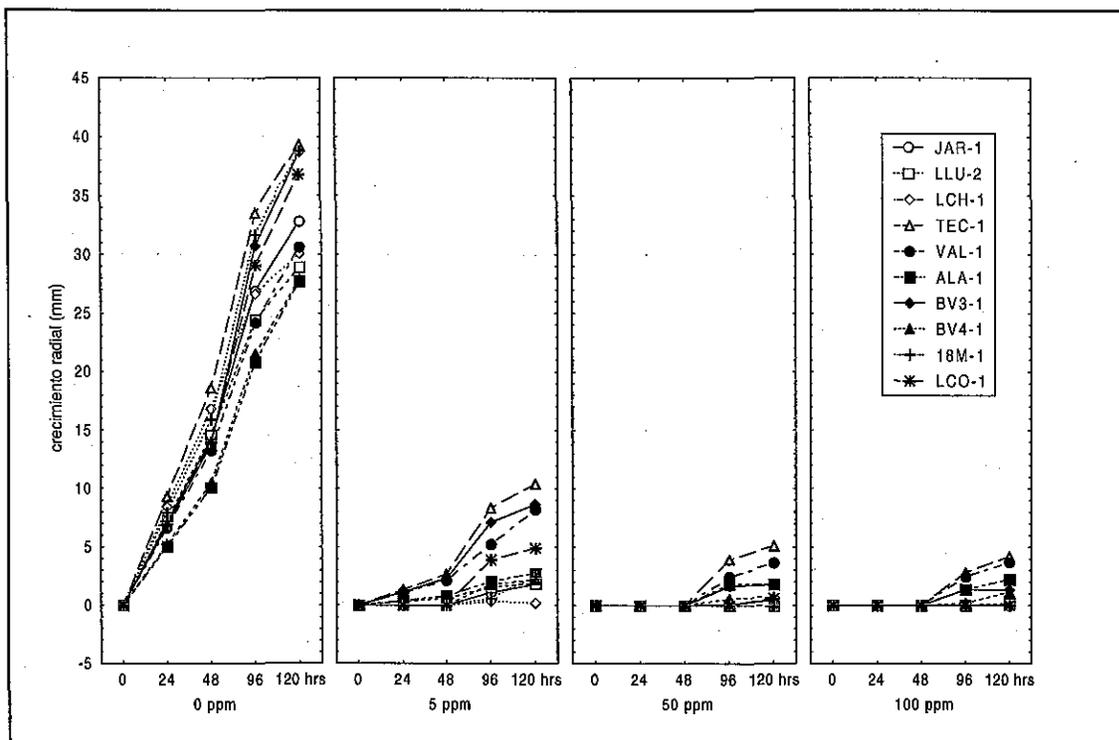


Figura 2. Respuesta de 10 aislamientos mexicanos de *Phytophthora capsici* a metalaxyl

TEC y VAL mostraron crecimientos de micelio consistentemente mayores que el resto de los aislados, independientemente de la concentración de metalaxyl. Lo anterior se refleja en la interacción Aislado x Concentración x Tiempo (A x C x T) en el Cuadro 6, la cual resultó altamente significativa ($P < 0.01$)

Cuadro 6. Análisis de varianza para crecimiento micelial de 10 aislados de *Phytophthora capsici* sometidos a 4 concentraciones de Metalaxyl y cinco tiempos de incubación

| FV | GL | CM | F | p-level |
|-------------------|-----|----------|----------|---------|
| Aislado (A) | 9 | 107.08 | 301.14 | 0.00 ** |
| Concentración (C) | 3 | 14916.40 | 41948.80 | 0.00 ** |
| Tiempo (T) | 4 | 3535.79 | 9943.55 | 0.00 ** |
| AxC | 27 | 39.17 | 110.15 | 0.00 ** |
| AxT | 36 | 23.72 | 66.72 | 0.00 ** |
| CxT | 12 | 2037.70 | 5730.55 | 0.00 ** |
| AxCxT | 108 | 6.92 | 19.46 | 0.00 ** |
| Error | 800 | .36 | | |

El crecimiento micelial a 5 ppm, fluctuó entre 0.7 % (LCH) y 26.8 % (VAL) del control; a 50 ppm el crecimiento fluctuó entre 0.0 % (LLU2, LCH, 18M) y 12.9 % (TEC) del control; a 100 ppm fue entre 0.0 % (JAR, LCH, 18M, LCO) y 12.1 % (VAL) del control. Las diferencias estadísticas entre aislados mexicanos de *Phytophthora capsici*, sugieren que los criterios propuestos por el CIP-Lima para discriminar entre aislados de *Phytophthora infestans*, no necesariamente se aplican para *Phytophthora capsici*. Las diferencias detectadas entre aislados mexicanos de *Phytophthora capsici* y la interacción de aislados con dosis de metalaxyl, indican la presencia de potencial genético en la población del patógeno para desarrollar resistencia a su acción.

Por los resultados obtenidos y las diferencias estadísticas observadas en TCR, patogenicidad y sensibilidad a metalaxyl, se obtuvo un criterio de clasificación para los aislados de *Phytophthora capsici*. En el Cuadro 7 se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 7. Clasificación de aislados mexicanos de *Phytophthora capsici* según su TCR, su patogenicidad y su sensibilidad a metalaxyl

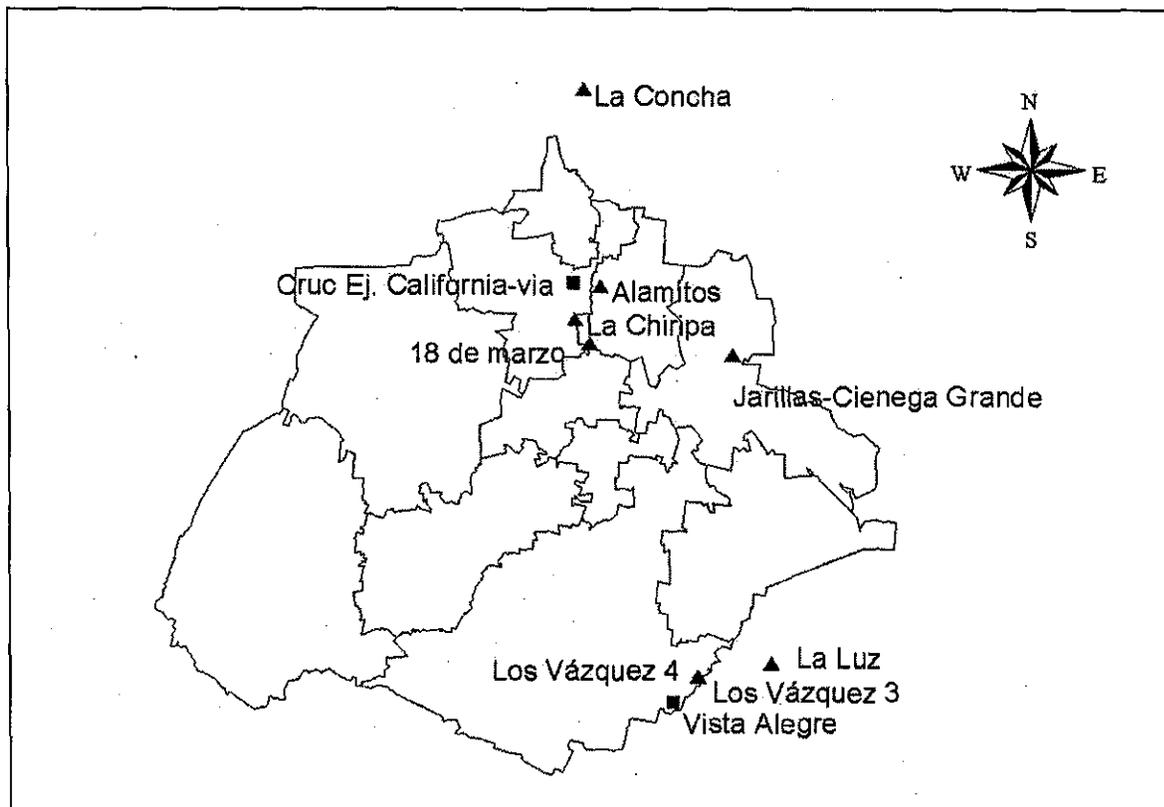
| AISLADO | TCR Micelial 0 | TCR Micelial 5 | TCR Micelial 50 | TCR Micelial 100 | Sensibilidad a metalaxyl |
|---------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| JAR | 0.273 | 0.016 | 0.004 | 0.000 | S |
| LLU2 | 0.238 | 0.017 | 0.000 | 0.001 | S |
| LCH | 0.248 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | S |
| TEC | 0.329 | 0.091 | 0.048 | 0.038 | T |
| VAL | 0.251 | 0.066 | 0.032 | 0.033 | T |
| ALA | 0.229 | 0.023 | 0.019 | 0.020 | S |
| BV3 | 0.327 | 0.076 | 0.018 | 0.014 | S |
| BV4 | 0.232 | 0.021 | 0.007 | 0.008 | S |
| 18M | 0.326 | 0.018 | 0.000 | 0.000 | S |
| LCO | 0.307 | 0.046 | 0.005 | 0.000 | S |

TCR = Tasa de crecimiento radial

S = Susceptible

T = Tolerante

El análisis de distribución espacial de aislados se realizó tomando como criterio las diferencias estadísticas resultantes de la prueba de metalaxyl. Para ello se formaron dos grupos considerando: el crecimiento de los aislados en las concentraciones evaluadas de 5, 50 y 100 ppm. Los aislados TEC y VAL, fueron clasificados como tolerantes a metalaxyl; el resto fueron susceptibles. Los resultados espaciales se muestran en el Mapa 5.



Mapa 5. Distribución espacial de los 10 aislados de *Phytophthora capsici* según su grado de sensibilidad a metalaxyl. ●, aislados tolerantes; ▲, aislados sensibles.

La distribución de aislados no mostró alguna tendencia espacial de agrupamiento, lo cual sugiere que aislados con tolerancia a metalaxyl, como TEC y VAL, pueden habitar la misma región donde se encuentren aislados menos tolerantes a su acción.

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AISLAMIENTOS DE *Phytophthora capsici* EN BASE A SUELO Y CLIMA

Características de los Suelos con problemas de Marchitez

El análisis físico-químico de las muestras de suelo, realizado a 52 de los 81 sitios de muestreo (poco más de 64 %) con problemas visibles de marchitez, se presenta en el Apéndice. Los valores extremos para cada una de las 13 determinaciones, se incluyen en la Tabla 1. Solo en 52 de los 81 sitios de muestreo, se completó la información de suelo, clima y georreferenciación. Las coordenadas obtenidas y los tabulados numéricos de las variables consideradas en esta investigación, se presentan en la Tabla 1 del Apéndice.

Acorde al análisis de varianza realizado considerando las variables edáficas, se observó diferencia significativa ($P < 0.05$) para las variables pH y Magnesio. Aunque los valores obtenidos para la variable fósforo fueron bastante altos en algunos sitios de muestreo (Rancho La Salud, Rancho Guadalupano y la Chiripa), el análisis de varianza no arrojó significancia alguna, quizás a causa del valor de desviación estándar tan alto. En el Cuadro 8a y 8b, se incluyen los datos descriptivos de las variables analizadas.

Cuadro 8a. Estadísticas descriptivas de las variables analizadas acorde a los criterios evaluados.

| CRITERIO | N | CE | | pH * | | CAR_ORG | | MO | | CIC | | PSB | |
|---------------|----|-------|----------|--------|----------|---------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| | | Media | σ | Media | σ | Media | σ | Media | σ | Media | σ | Media | σ |
| a1 | 3 | 0.11 | 0.06 | 6.27 a | 0.84 | 0.66 | 0.16 | 1.14 | 0.27 | 11.32 | 1.83 | 71.00 | 19.16 |
| a2 | 7 | 0.39 | 0.28 | 7.92 b | 0.74 | 0.93 | 0.26 | 1.62 | 0.48 | 18.75 | 7.21 | 91.14 | 10.87 |
| Todo el Grupo | 10 | 0.30 | 0.27 | 7.43 | 1.08 | 0.85 | 0.26 | 1.48 | 0.47 | 16.52 | 6.95 | 85.10 | 15.97 |
| Patogénico | 4 | 0.46 | 0.39 | 7.61 | 1.27 | 0.78 | 0.22 | 1.34 | 0.38 | 18.04 | 7.83 | 87.00 | 17.93 |
| Mp | 6 | 0.20 | 0.09 | 7.31 | 1.05 | 0.89 | 0.30 | 1.57 | 0.54 | 15.51 | 6.86 | 83.83 | 16.17 |
| Todo el Grupo | 10 | 0.30 | 0.27 | 7.43 | 1.08 | 0.85 | 0.26 | 1.48 | 0.47 | 16.52 | 6.95 | 85.10 | 15.97 |
| Sensible | 8 | 0.31 | 0.29 | 7.39 | 1.08 | 0.87 | 0.26 | 1.53 | 0.48 | 17.06 | 6.71 | 85.00 | 16.36 |
| Tolerante | 2 | 0.30 | 0.26 | 7.56 | 1.50 | 0.74 | 0.33 | 1.27 | 0.57 | 14.37 | 10.37 | 85.50 | 20.51 |
| Todo el Grupo | 10 | 0.30 | 0.27 | 7.43 | 1.08 | 0.85 | 0.26 | 1.48 | 0.47 | 16.52 | 6.95 | 85.10 | 15.97 |

* Significativo en el ANOVA. a y b, diferentes según la prueba de LSD (0.05)

Cuadro 8b. Estadísticas descriptivas de las variables analizadas acorde a los criterios evaluados.

| Na | | PSNA | | K | | Ca | | Mg * | | P | | P_EXT | |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|----------|
| Media | σ | Media | σ | Media | σ | Media | σ | Media | σ | Media | σ | Media | σ |
| 0.27 | 0.06 | 2.27 | 0.21 | 1.85 | 1.34 | 5.15 | 1.61 | 0.89 a | 0.40 | 117.15 | 86.78 | 50.72 | 37.57 |
| 0.73 | 0.44 | 3.81 | 1.85 | 3.62 | 1.47 | 6.66 | 7.87 | 2.22 b | 0.85 | 125.59 | 143.93 | 54.37 | 62.31 |
| 0.59 | 0.42 | 3.35 | 1.68 | 3.09 | 1.60 | 6.20 | 6.51 | 1.82 | 0.97 | 123.06 | 124.50 | 53.27 | 53.90 |
| 0.73 | 0.53 | 3.73 | 1.91 | 3.19 | 1.59 | 4.61 | 7.06 | 1.82 | 0.74 | 101.53 | 75.79 | 43.95 | 32.81 |
| 0.50 | 0.36 | 3.10 | 1.66 | 3.03 | 1.76 | 7.27 | 6.56 | 1.83 | 1.16 | 137.42 | 154.40 | 59.49 | 66.84 |
| 0.59 | 0.42 | 3.35 | 1.68 | 3.09 | 1.60 | 6.20 | 6.51 | 1.82 | 0.97 | 123.06 | 124.50 | 53.27 | 53.90 |
| 0.54 | 0.33 | 3.05 | 1.43 | 3.27 | 1.66 | 7.41 | 6.76 | 1.88 | 0.99 | 139.61 | 135.49 | 60.44 | 58.65 |
| 0.79 | 0.86 | 4.55 | 2.76 | 2.38 | 1.59 | 1.40 | 1.97 | 1.62 | 1.19 | 56.86 | 7.27 | 24.62 | 3.15 |
| 0.59 | 0.42 | 3.35 | 1.68 | 3.09 | 1.60 | 6.20 | 6.51 | 1.82 | 0.97 | 123.06 | 124.50 | 53.27 | 53.90 |

* Significativo en el ANOVA. a y b, diferentes según la prueba de LSD (0.05)

En el Cuadro 9, se muestra los resultados que arrojó el ANOVA. Para la información de suelos, solo el criterio de agrupamiento para el tipo de compatibilidad sexual, arrojó significancia para pH y Mg ($P < 0.05$).

Cuadro 9. Análisis de varianza para el agrupamiento de tipo de compatibilidad sexual y variables edáficas. Los análisis completos se incluyen en el Apéndice.

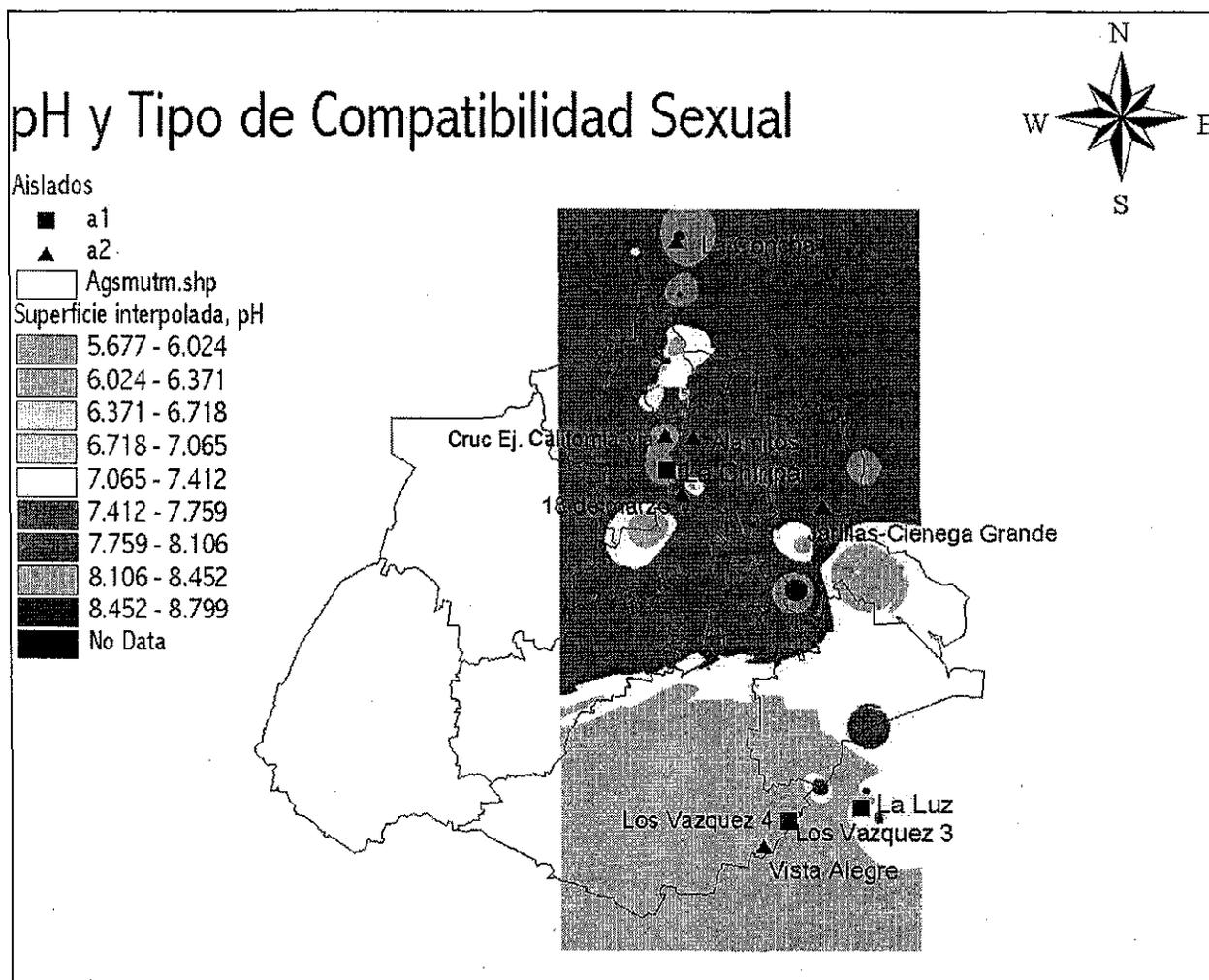
| FV | SS Effect | df Effect | MS Effect | SS Error | Df Error | MS Error | F | p |
|-----------|------------------|--------------|------------------|------------------|-------------|------------------|------------------|-------------------|
| CE | 0.1652005 | 1 | 0.1652005 | 0.4874095 | 8 | 0.0609262 | 2.7114854 | 0.1382443 |
| pH | 5.7602305 | 1 | 5.7602305 | 4.7348095 | 8 | 0.5918512 | 9.7325655 | 0.014235 * |
| CAR_ORG | 0.1520119 | 1 | 0.1520119 | 0.4666381 | 8 | 0.0583298 | 2.6060779 | 0.1451185 |
| MO | 0.4993219 | 1 | 0.4993219 | 1.5224381 | 8 | 0.1903048 | 2.6238014 | 0.1439315 |
| CIC | 115.79659 | 1 | 115.79659 | 318.85157 | 8 | 39.856446 | 2.9053415 | 0.1266857 |
| PSB | 852.04286 | 1 | 852.04286 | 1442.8571 | 8 | 180.35714 | 4.724198 | 0.0614801 |
| Na | 0.4508233 | 1 | 0.4508233 | 1.1590667 | 8 | 0.1448833 | 3.11163 | 0.1157428 |
| PSNA | 5.0297619 | 1 | 5.0297619 | 20.515238 | 8 | 2.5644048 | 1.961376 | 0.1989377 |
| K | 6.5543333 | 1 | 6.5543333 | 16.605467 | 8 | 2.0756833 | 3.157675 | 0.1134712 |
| Ca | 4.7821719 | 1 | 4.7821719 | 376.90644 | 8 | 47.113305 | 0.1015036 | 0.7581914 |
| Mg | 3.7386686 | 1 | 3.7386686 | 4.6453714 | 8 | 0.5806714 | 6.4385268 | 0.034850 * |
| P | 149.57368 | 1 | 149.57368 | 139360.67 | 8 | 17420.084 | 0.0085863 | 0.9284504 |
| P_EXT | 28.028373 | 1 | 28.028373 | 26116.971 | 8 | 3264.6214 | 0.0085855 | 0.9284537 |

Un aspecto a destacar respecto a las variables edáficas, es que el valor de pH en general para los sitios de muestreo, presenta una tendencia hacia la alcalinidad, probablemente este sea un indicativo de que el patógeno se haya adaptado a estas condiciones pues la mayoría de los suelos agrícolas en el estado de Aguascalientes son irrigados con aguas altas en sales; definitivamente, esto podría ser sintomático de la capacidad de adaptación del patógeno a ambientes adversos. Por otro lado, el elemento Magnesio ha sido reportado como directamente asociado con altas tasas de incidencia de marchitez, (Leonian et al, 1995), y en el análisis realizado se observó significancia para este elemento (Cuadro 9)

ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS VARIABLES DE SUELO

*Según el tipo de compatibilidad sexual de *Phytophthora capsici**

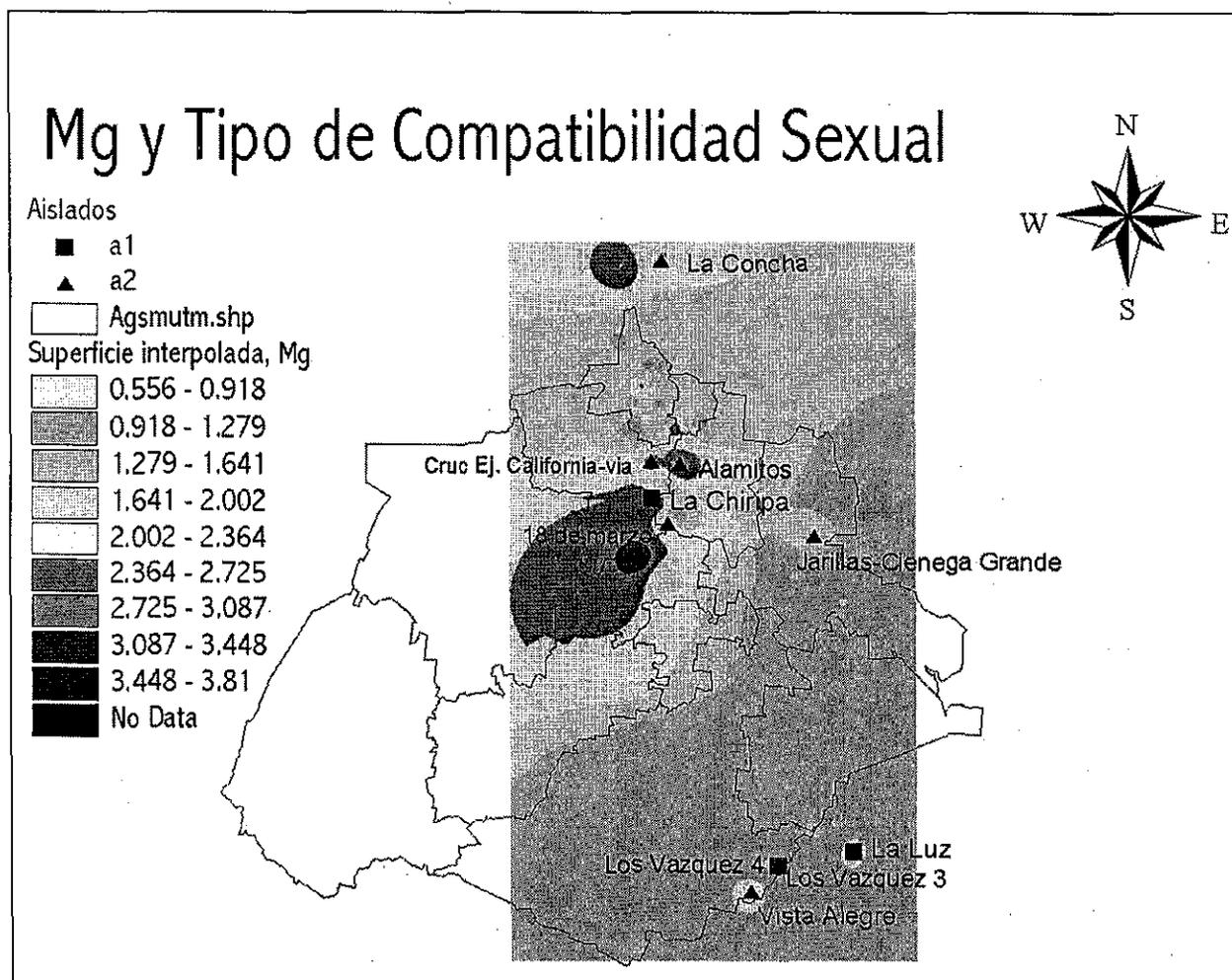
Los mapas espaciales obtenidos de interpolar las variables de suelo con significancia según el ANOVA (pH y Mg), se tomaron como base para identificar visualmente si el patógeno responde a algún patrón específico de agrupamiento para estas variables, considerando de *Phytophthora capsici* su tipo de compatibilidad sexual, su grado de patogenicidad y su sensibilidad a metalaxyl. En el Mapa 6, se muestra la superficie mejor estimada de los datos de pH, y el tipo de compatibilidad sexual.



Mapa 6. Tipo de Compatibilidad sexual con la superficie mejor estimada de pH. ■ = A₁; ▲ = A₂

En el Mapa 6, se hace evidente que el tipo de compatibilidad sexual A₁, no tiene predilección por una condición específica de pH pues sus mejores estimados de valores desconocidos van desde 6.31 hasta 8.75; por el contrario, el tipo A₂ muestra un rango de valores más restringido, de 6.50 a 8.75. Sin embargo, los análisis estadísticos realizados no avalaron esta tendencia, quizás debido a que se tiene una muestra de 10 casos; demasiado pequeña para ser representativa y validar el análisis y la interpretación. Pero esto tampoco quiere decir que esta tendencia observada deba descartarse, sino que sienta un precedente para adoptar nuevas líneas de investigación más específicas, que aterricen la posibilidad de que el pH sea un factor determinante para discriminar sobre el tipo de compatibilidad sexual de *Phytophthora capsici*.

En el Mapa 7, se observan los datos de la superficie mejor estimada de Magnesio y se incluyen los referentes al tipo de compatibilidad sexual del patógeno.

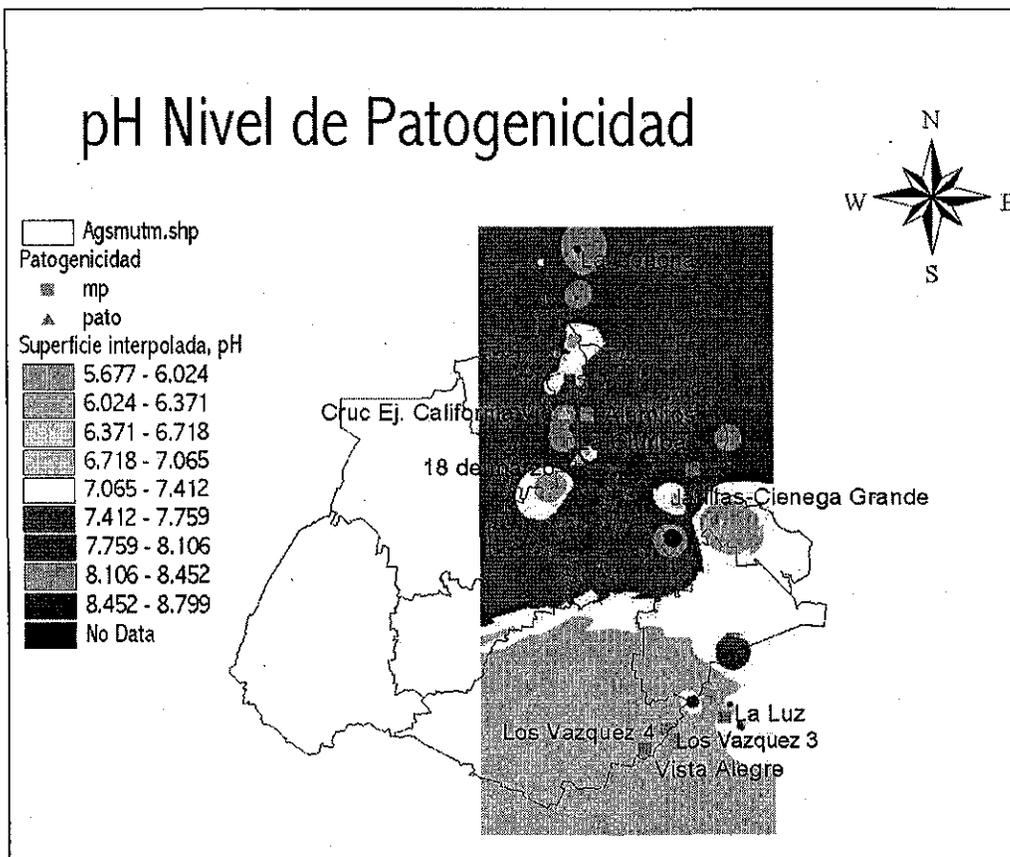


Mapa 7. Tipo de compatibilidad sexual de *Phytophthora capsici*, con la superficie mejor estimada de los datos de Mg.

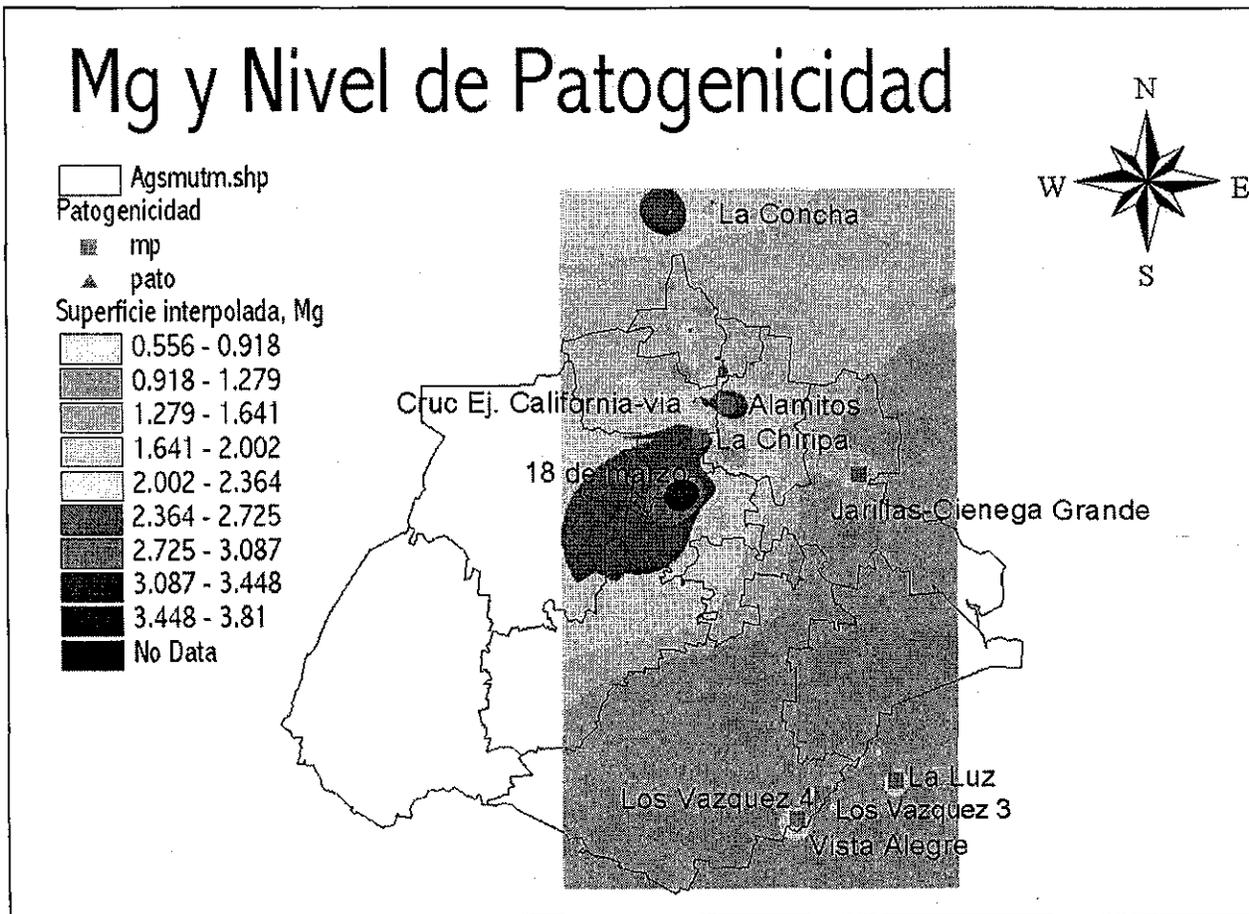
La interpretación espacial del Mapa 7 indica la predilección del tipo de compatibilidad sexual A₁ por suelos con valores interpolados de Magnesio (de 0.63 a 3.30; LLU2 y LCH, respectivamente) y del tipo A₂ por el rango de 0.78 a 3.06; VAL y ALA, respectivamente. En este mapa no se visualiza que exista un patrón específico indicativo de que el tipo de compatibilidad sexual de *Phytophthora capsici*, esté determinado o influenciado por la concentración de Mg en el suelo. Esto es contradictorio a lo manifestado por Leonian, et al (1995), quienes reportan la condición discriminadora del Mg como indicador de la presencia de marchitez. En este trabajo de investigación, utilizamos el modelamiento digital como soporte para ilustrar las oportunidades y el potencial de aplicación de éste como componente básico en la investigación agrícola contemporánea. El modelo digital del terreno permite modelar numéricamente el relieve topográfico y simular así el proceso dependiente del relieve mismo. La relación espacial de las variables del patógeno con las variables de suelo corresponde a un ejemplo de aplicación, considerando como base el modelamiento del terreno. Esta técnica pretende hacer visibles las complejas relaciones espaciales causales de la presencia de *Phytophthora capsici* en la región objeto modelada.

Según el grado de patogenicidad de *Phytophthora capsici*

En el Mapa 8, se incluye la superficie interpolada mejor estimada de pH, con el grado de patogenicidad de *Phytophthora capsici* cuantificado en el laboratorio. Se observa que los aislados clasificados como Moderadamente Patogénicos (MP), prefieren condiciones de pH, de 6.5 a 8.76; VAL y LCH, respectivamente. Por otra parte, los clasificados como Patogénicos (PATO), se los observa con un mayor rango de adaptabilidad para la condición pH, desde 5.76 hasta 8.62; BV3 y TEC, respectivamente. Como se puede observar, los aislados patogénicos tienen un rango de tolerancia mayor para la condición de pH al encontrarse en suelos ácidos hasta los alcalinos. En contraste, los MP tienen un rango menor, pues se los encontró desde los ligeramente alcalinos hasta los alcalinos. Respecto al contenido de Magnesio (Mg), en el Mapa 9, se plasman los resultados de la superficie interpolada con el mejor valor estimado según el método IDW. Se observa que 3 de 6 casos de aislados MP se ubican en zonas de bajo contenido de Mg (de 0.674 a 0.852), 2 en valores altos de 2.1 a 2.278 y uno intermedio. En contraste, 3 de 4 PATO están en el rango de 1.565 a 1.743 y solo uno en 0.674 a 0.852. Por lo anterior, por la interpretación de la superficie interpolada, no se observa un patrón específico indicativo de que la patogenicidad de *Phytophthora capsici* esté espacialmente asociada con el elemento Magnesio



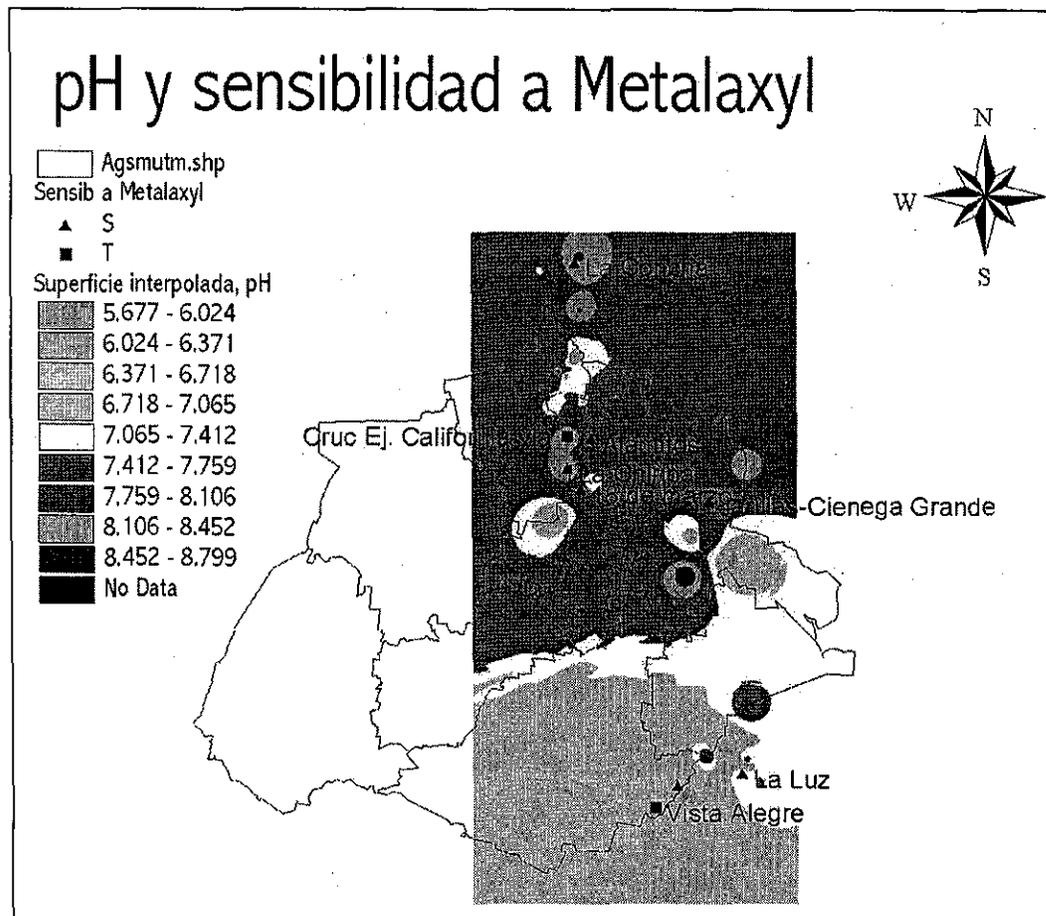
Mapa 8. Superficie mejor estimada de pH con el esquema de clasificación por nivel de patogenicidad de *Phytophthora capsici*.



Mapa 9. Superficie mejor estimada de Mg con el esquema de clasificación por patogenicidad.

Según el Grado de Sensibilidad de Phytophthora capsici a metalaxyl

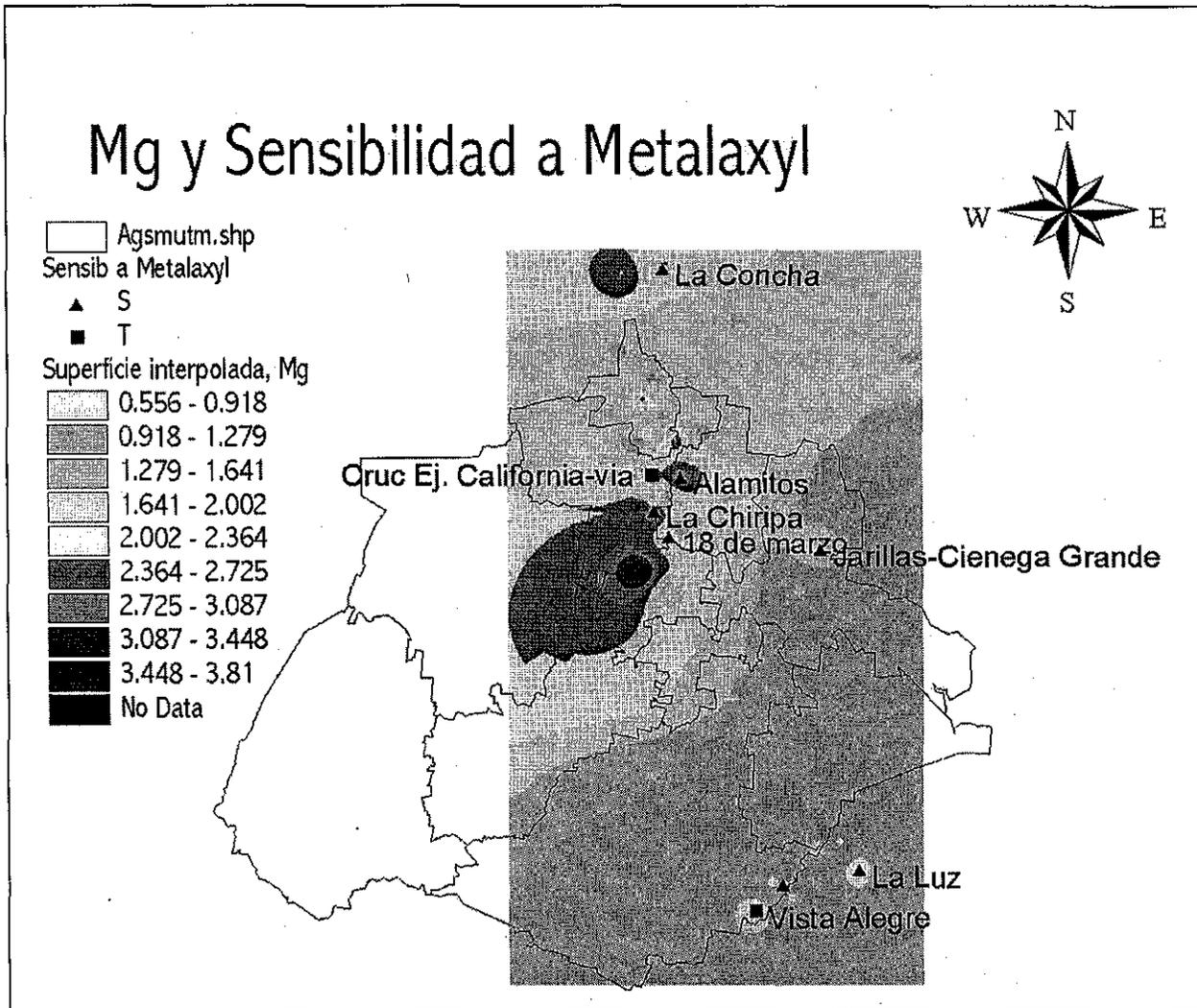
El fungicida Metalaxyl es un sistémico de amplio espectro, recomendado para el combate de pudriciones radiculares de tallo y de fruto. En el Mapa 10, se observan los datos interpolados de pH y la sensibilidad de su acción sobre los aislados evaluados.



Mapa 10. Superficie mejor estimada de pH y el esquema clasificatorio de sensibilidad a metalaxyl.
■, Tolerante; ▲, Sensible

Dadas las diferencias observadas en el laboratorio para los aislados de *Phytophthora capsici*, y considerando el esquema específico de clasificación propuesto, dos de los 10 aislados fueron declarados como tolerantes (T) al efecto de metalaxyl (VAL y TEC); sin embargo, la superficie mejor estimada de pH muestra una diferencia extrema para ambos pues VAL se ubica en suelo ácido (6.50) y TEC en alcalino (8.62). por otra parte, los aislados clasificados como sensibles (S), se los observa igualmente discrepantes, observándose valores extremos desde 5.76 hasta 8.76. Con los resultados obtenidos, se puede sentar que el pH no es un factor que discrimine a *Phytophthora capsici* como T o S al efecto de metalaxyl. Sin embargo, las diferencias en TCR observadas en el laboratorio y que dieron origen a un esquema de clasificación, indican la variabilidad existente en la población del patógeno al efecto del fungicida.

Respecto a Mg, en el Mapa 11, se observa la superficie mejor estimada de pH y la clasificación como S o T de los aislados a metalaxyl. Esto es, los aislados clasificados como S se ubican en un rango de 0.63 a 3.31; LLU2 y LCH, respectivamente. Respecto a los T, TEC se ubica en un suelo con mayor contenido de Mg (2.46) y VAL en uno con menor contenido (0.78). una vez más se hace evidente que Mg no es un factor discriminante para el grado de sensibilidad de *Phytophthora capsici* al fungicida metalaxyl.



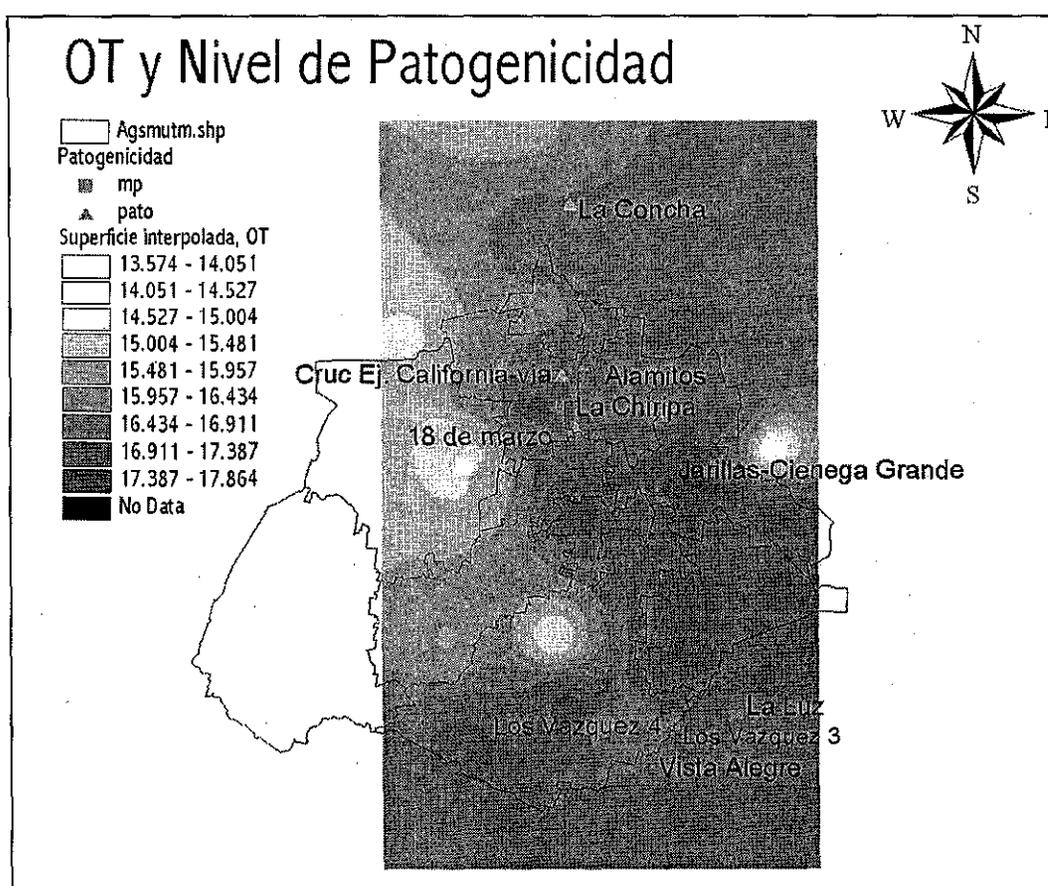
Mapa 11. Superficie mejor estimada de Mg con el esquema clasificatorio de sensibilidad a Metalaxyl.

En el análisis de las variables de suelo, en términos epidemiológicos, la mayor atención se dirige hacia las propiedades físicas. Esto es un anacronismo histórico que deberá considerarse como tal si las técnicas de análisis espacial empiezan a ser cada vez mejor utilizadas y aplicadas en el contexto epidemiológico. La búsqueda de patrones espaciales de agrupamiento para las variables del patógeno y las propiedades físicas del suelo, es tan solo una muestra del potencial de uso en aplicaciones epidemiológicas de las herramientas espaciales, pues las determinaciones en laboratorio obviamente no incluyen características de contenido de elementos edáficos de los sitios de muestreo. Deberá reconocerse también que no solo el contenido de elementos mayores (N, P, K), son los determinantes de las propiedades del suelo pues en gran medida resultan solo apropiados para tomar decisiones sobre que fertilizantes aplicar a un cultivo dado en el siguiente ciclo, pero en esta investigación tuvieron un valor muy limitado en ser determinantes para la presencia de *Phytophthora capsici*; sin embargo, las técnicas espaciales son el complemento ideal para dar soporte a estudios de alcances regionales como el presente.

Phytophthora capsici. Las condiciones específicas de las variables climáticas son la fuerza principal que determina la referencia particular de las poblaciones acorde a la dinámica de precipitación y acumulación de humedad en el suelo. De esta manera la convectividad de la relación espacial suelo-atmósfera puede conjugar el dinamismo espacial de las poblaciones de microorganismos en su medio natural de sobrevivencia. En esta investigación, las condiciones estructurales suelo-atmósfera no fueron lo espacialmente determinantes para sugerir que la dinámica poblacional de *Phytophthora capsici* estuviera influenciada por la existencia de relaciones espaciales específicas.

Oscilación térmica y grado de patogenicidad de *Phytophthora capsici*

En el Mapa 13 se muestran los datos interpolados para OT con el grado de patogenicidad de *Phytophthora capsici*. A destacarse es un fenómeno similar al observado para el tipo de compatibilidad sexual, donde en sitios muy cercanos entre sí, encontramos a *Phytophthora capsici* como MP y PATOG (BV3 y BV4).

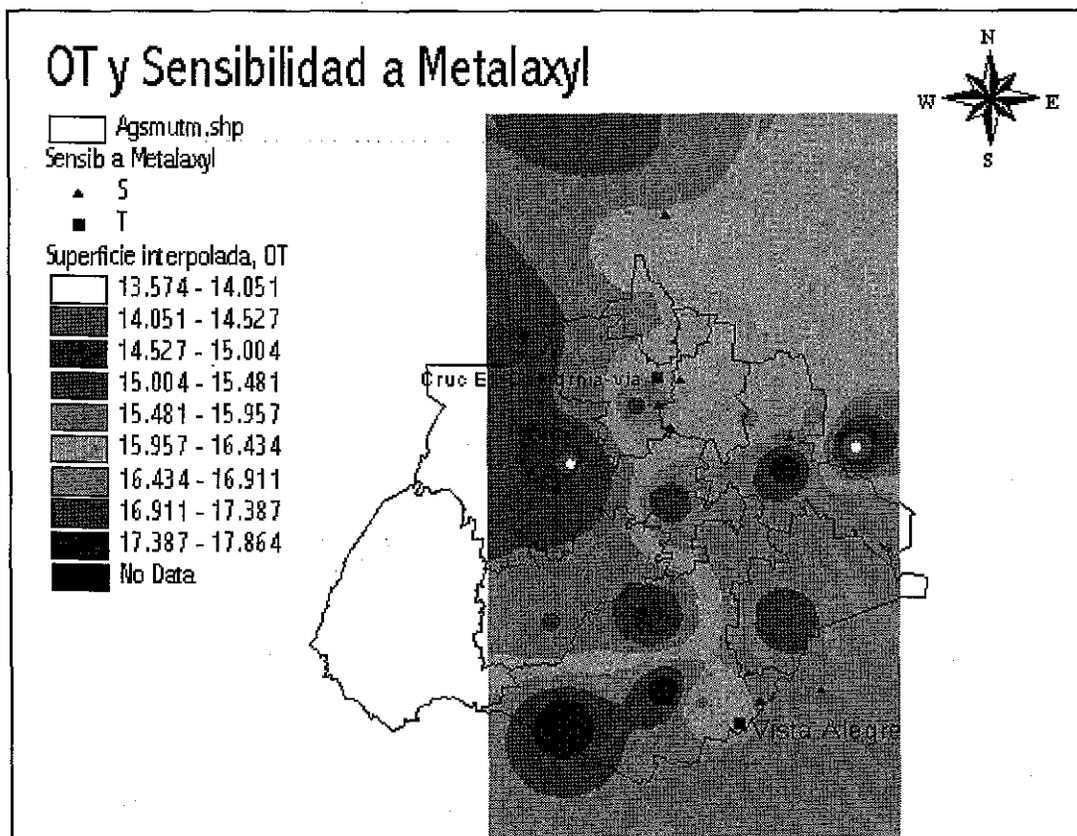


Mapa 13. Valores interpolados de OT con el esquema de clasificación por patogenicidad.

En el Mapa 13, se observa que 3 de 4 aislados PATO, se ubican en un rango de 15.956 a 16.433 °C; mientras que 4 de 6 aislados MP, se ubican en un rango de OT de 16.91 a 17.387 °C. Aquí se reafirma que la OT, para la región Centro-Norte, no puede ser considerada como un factor discriminante de agrupamiento para *Phytophthora capsici*, en base a su grado de patogenicidad.

Oscilación térmica y sensibilidad de *Phytophthora capsici* a metalaxyl

En el Mapa 14 se muestra la interpolación para OT y los datos de sensibilidad de *Phytophthora capsici* a metalaxyl.



Mapa 14. OT de la zona de estudio con el esquema de agrupamiento por sensibilidad a Metalaxyl.

La tendencia observada, mostró que la OT, no es un factor discriminante para el patrón de agrupamiento de sensibilidad a metalaxyl, pues aislados sensibles y tolerantes están entremezclados en los valores de OT, por lo tanto no es factible determinar la existencia de un patrón de agrupamiento.

Respecto a los factores ambientales y sus efectos, Dent, 1981, menciona la conveniencia de destacar que los factores ambientales varían en diferentes escalas y que el clima a menudo es relativamente uniforme en referencia a regiones agrícolas relativamente pequeñas (como es el caso de la región Centro Norte), y que los límites de tolerancia del cultivo son los límites de uniformidad. Para nuestro caso, los umbrales máximos y mínimos del patógeno pueden equipararse a los límites de tolerancia de los cultivos, de manera que *Phytophthora capsici* demostró que al menos para la región Centro-Norte, la homogeneidad de las variables climáticas no permitió visualizar la influencia determinística de los factores evaluados en esta investigación (tipo de compatibilidad sexual, sensibilidad a metalaxyl y patogenicidad).

Debemos asentar que el recurso suelo no está constituido por solamente suelo. En un patosistema tan complejo como el que estudiamos, para determinar la presencia

de *Phytophthora capsici* conjutamos la información de aspectos básicos como las características del patógeno mismo, las propiedades del suelo de donde se obtuvo el material afectado y los factores climáticos preponderantes en la región objeto de estudio. En consecuencia, encontramos que las herramientas espaciales, en el campo de la investigación agrícola, presentan problemas de credibilidad debido principalmente a su poco o nulo uso de su potencial de aplicación. En estudios epidemiológicos, la información de suelos se puede combinar con datos climáticos para dar origen a modelos predictivos. Un ejemplo de lo anterior es la predicción de riesgo de presencia de brotes poblacionales de patógenos del suelo o bien de insectos plaga, en un tiempo espacial determinado. Acorde a Dent (1981), la aplicación de sofisticados métodos de análisis estadístico involucrando el proceso de grandes volúmenes de información, con equipos de cómputo cada vez más completos y de mayor eficiencia operativa, se constituyen en la base operativa para descubrir los beneficios potenciales en aplicaciones epidemiológicas. Las herramientas espaciales tienen el formato ideal para complementar los estudios de laboratorio y de campo relativos al estudio de fenómenos epidemiológicos de importancia para la economía agrícola en las regiones productoras.

CONCLUSIONES

- I. En este trabajo de investigación, el ambiente SIG se muestra como una herramienta de integración e inmediatez visual, de utilidad en la caracterización de regiones agrícolas, conjuntando variables de clima y suelo, en función de un microorganismo altamente patogénico como *Phytophthora capsici*.
- II. Las herramientas de análisis espacial y los insumos digitales, en un SIG, se muestran como el complemento ideal para la integración de fenómenos epidemiológicos, integrando información de campo y de laboratorio.
- III. En la región Centro Norte, el patrón espacial observado para *Phytophthora capsici* no es recurrente sino que se le detectó un comportamiento aleatorio sin predisposición por algún tipo de suelo o elemento en específico constituyente del mismo o a condiciones dadas de precipitación y temperatura.
- IV. Se constató la capacidad de adaptación de *Phytophthora capsici* a ambientes naturalmente adversos al observarse creciendo en condiciones de pH en el suelo desde ligeramente ácido a alcalinos.
- V. El aislamiento en la región de estudio, de los dos tipos de compatibilidad sexual de *Phytophthora capsici* (A_1 y A_2), es una muestra clara y contundente de que la recombinación sexual es un hecho presente. Además es indicativo de que deben tomarse las medidas fitosanitarias pertinentes dada la factibilidad de que se originen nuevas razas del patógeno, con el consecuente incremento en su grado de patogenicidad.
- VI. El criterio de clasificación para patogenicidad propuesto en el presente trabajo para los aislados de *Phytophthora capsici*, difiere del especificado para *Phytophthora infestans* por el CIP-Lima; sin embargo, este se da en respuesta a las diferencias observadas entre aislados.
- VII. Se puso de manifiesto la variabilidad que existe entre aislados de *Phytophthora capsici* dada su respuesta observada al fungicida metalaxyl. Aunque las diferencias detectadas no fueron corroboradas por el análisis estadístico de los datos, si fueron lo suficientemente evidentes como para dar origen a esta disertación.

LITERATURA CITADA

1. Annual Pathological Review. 1958. Soilborne pathogens. p 73-78
2. Bosland, Paul W., et al. 1999. Growing chiles in New Mexico. Annual report. College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University.
3. Boucher, J. 1996. One darn good reason to rotate: *Phytophthora*. Annual Report. University of Connecticut, Integrated Pest management Program.
4. Chapa, S. 1999. Diseño conceptual y estructural en bases de datos. Editorial España. p 89
5. Cressie, Noel A. 1998. Statistics for spatial data. Revised edition. Wiley Interscience Publication. Iowa State University, USA. p 7-95
6. Dent, D y Young, A. 1981. Soil survey and land evaluation. School of environmental sciences, University of East Anglia, Norwich. p 116-117
7. Fuentes X., Antoja F. y Castiñeiras M.J. 1992. Manual de estilo para la redacción de textos científicos y profesionales. DAP Badalona: Badalona, Cataluña, España; p 1-78
8. Goodwin, S.B. 1977. The population genetics of *Phytophthora*. The American Phytopathological Society. 87 (4): 462-470.
9. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1994. Manual de uso y aplicaciones de IDRISI para DOS. Preparado por la Dirección de Capacitación.
10. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1998. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos.
11. Lamour, K.H. y Hausbeck, M.K. 2000. Mefenoxam insensitivity and the sexual stage of *Phytophthora capsici* in Michigan cucurbit fields. The American Phytopathological Society. 90(4): 396-400
12. Larkin, R. P. et al. 1995. Geostatistical analysis of *Phytophthora* epidemic development in commercial bell pepper fields. The American Phytopathological Society. 85 (2): 191-192
13. Leonian, 1922 emend.; Alizadeh A y Tsao PH, 1988; Tsao, 1991; Mchau y Coffey, 1995. *Phytophthora capsici*. British Mycological Society. p 262-268
14. Letham, L. 1996. GPS made easy, using global positioning system outdoors. Mountaineers, Seattle Washington, USA. p 45-48.
15. National Center for Genome Resources. *Phytophthora* Genome Initiative. North Carolina University. <http://www.ncgr.org/pgi/aboutphytophthora.htm> [Consulta: 1998-11-06]
16. Nelson, M R, et al. 1999. Applications of geographic information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management. The American Phytopathological Society. 83 (4): 308-317
17. Pérez, L. 1985. Herencia de la resistencia a la marchitez causada por tres cepas y su mezcla del hongo *Phytophthora capsici* Leo, en cuatro materiales de chile *Capsicum annum*. CINVESTAV-Unidad Irapuato. Tesis de maestría.

18. Polach, F.J. and Webster, R.K. 1972. Identification of strains and inheritance of pathogenicity in *Phytophthora capsici*. *Phytopathology* 62: 20-26
19. Ristaino, J.B. 1997. Suppression of *Phytophthora* blight in bell pepper by a no-till wheat cover crop. *The American Phytopathological Society*. 87 (3): 242-244
20. Ristaino, J.B. et al. 1993. Spatial and temporal dynamics of *Phytophthora* epidemics in commercial bell pepper fields. *The American Phytopathological Society*. 83 (12): 1312-1319.
21. Ristaino, J.B. et al. 1994. Spatial dynamics of disease symptom expression during *Phytophthora* epidemics in bell pepper. *The American Phytopathological Society*. 84 (10): 1015-1023
22. Romero, S. 1993. Hongos Fitopatógenos. Colegio de Postgraduados de Chapingo. pp 67-69
23. Scott, Pamela, et al. 1999. Tagging a root rot resistance gene in pepper (*Capsicum*) using RAPDS. Plant and Animal Genome VII Conference, San Diego California, USA.
24. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1998. SIACON.
25. Vivas, P. 1998. Cartografía y sistemas de información geográfica . Teledetección. Alcalá de Henares, España. p 19-20

APÉNDICE I

| SITIO DE MUESTREO | CE | PH | CAR | MO | CIC | PSB | NA | PSNA | K | CA | MG | P | P_EXT | ARC | LIMO | ARENA | CLASS |
|----------------------------|------|------|------|------|-------|-----|------|------|------|-------|------|--------|--------|-----|------|-------|-------|
| Los Laureles 1 | 0.51 | 7.87 | 0.93 | 1.61 | 21.90 | 70 | 0.50 | 2.3 | 2.14 | 10.60 | 2.19 | 18.25 | 7.90 | 22 | 12 | 66 | Cra |
| Los Laureles 2 | 0.11 | 7.08 | 0.78 | 1.34 | 25.32 | 69 | 0.33 | 1.3 | 3.58 | 10.60 | 3.00 | 29.26 | 12.67 | 28 | 34 | 38 | Cr |
| Rosa Luz Alegría | 0.72 | 7.33 | 0.58 | 1.00 | 10.05 | 100 | 0.50 | 5.0 | 1.23 | 0.00 | 1.20 | 77.87 | 33.71 | 16 | 18 | 66 | Ca |
| Rancho La Luz | 0.14 | 5.80 | 0.66 | 1.14 | 12.06 | 58 | 0.30 | 2.5 | 0.96 | 5.15 | 0.55 | 51.97 | 22.50 | 20 | 24 | 56 | Ca |
| El Codo | 0.17 | 5.70 | 0.81 | 1.40 | 13.86 | 56 | 0.39 | 2.8 | 1.29 | 5.20 | 0.86 | 64.31 | 27.84 | 22 | 30 | 48 | C |
| Rancho Los Angeles. | 0.11 | 6.71 | 0.58 | 1.00 | 19.89 | 78 | 0.29 | 1.5 | 2.23 | 11.10 | 1.82 | 97.25 | 42.10 | 22 | 28 | 50 | C |
| El Rocío | 0.75 | 7.70 | 0.70 | 1.20 | 16.68 | 100 | 1.20 | 7.4 | 3.23 | 0.00 | 1.36 | 54.37 | 23.54 | 18 | 26 | 56 | Ca |
| Los Vázquez 1 | 0.14 | 6.85 | 0.39 | 0.67 | 8.84 | 70 | 0.44 | 5.0 | 1.86 | 3.22 | 0.70 | 113.95 | 49.33 | 12 | 18 | 70 | Ca |
| Los Vázquez 2 | 0.19 | 7.75 | 0.81 | 1.40 | 11.05 | 100 | 0.34 | 3.1 | 3.46 | 0.00 | 1.62 | 174.77 | 75.66 | 16 | 20 | 64 | Ca |
| San Luis de Letras | 0.13 | 6.23 | 0.78 | 1.34 | 25.12 | 84 | 0.42 | 1.7 | 2.41 | 14.40 | 3.81 | 61.54 | 26.64 | 30 | 26 | 44 | Cr |
| Caseta Zoosanitaria | 0.33 | 5.90 | 0.58 | 1.00 | 10.05 | 81 | 0.95 | 9.5 | 1.88 | 4.47 | 0.88 | 70.96 | 30.72 | 22 | 28 | 50 | Cra |
| Limite Ags.-Zac. | 0.16 | 7.70 | 0.42 | 0.73 | 12.06 | 92 | 0.52 | 4.3 | 1.87 | 7.15 | 1.59 | 12.40 | 5.37 | 18 | 22 | 60 | Ca |
| Carboneras | 0.26 | 6.98 | 0.70 | 1.20 | 16.08 | 86 | 0.63 | 3.9 | 1.96 | 9.86 | 1.33 | 75.60 | 32.73 | 18 | 28 | 54 | Ca |
| La Escuela | 0.29 | 6.51 | 0.66 | 1.14 | 13.66 | 83 | 0.53 | 3.9 | 2.59 | 6.70 | 1.58 | 19.05 | 8.25 | 16 | 26 | 58 | Ca |
| Entronque Carr y Terr V. | 0.30 | 8.00 | 0.81 | 1.40 | 15.07 | 98 | 0.74 | 4.9 | 2.89 | 9.33 | 1.83 | 39.89 | 17.27 | 16 | 20 | 64 | Ca |
| Rancho La Salud | 0.35 | 8.18 | 1.01 | 1.74 | 16.28 | 100 | 0.93 | 5.7 | 4.87 | 0.00 | 2.91 | 326.47 | 141.33 | 20 | 24 | 56 | Ca |
| Rancho Guadalupano | 0.55 | 6.75 | 0.46 | 0.80 | 13.06 | 100 | 0.84 | 6.4 | 2.64 | 0.00 | 1.72 | 442.41 | 191.52 | 18 | 24 | 58 | Ca |
| Loma de Amapolas | 0.19 | 6.24 | 0.66 | 1.14 | 11.45 | 82 | 0.36 | 3.1 | 2.21 | 5.74 | 1.05 | 42.82 | 18.54 | 18 | 28 | 54 | Ca |
| Refugio de Providencia-Co | 0.30 | 8.63 | 0.81 | 1.40 | 12.26 | 100 | 1.00 | 7.9 | 4.58 | 0.00 | 2.43 | 81.17 | 35.14 | 16 | 22 | 62 | Ca |
| El Llaverero | 0.13 | 8.80 | 0.62 | 1.07 | 16.88 | 93 | 0.67 | 4.0 | 2.36 | 11.40 | 1.27 | 30.17 | 13.06 | 16 | 32 | 52 | Ca |
| Carr V. Delicias km.1 | 0.97 | 7.31 | 0.81 | 1.40 | 19.69 | 89 | 1.24 | 6.3 | 2.42 | 11.70 | 2.18 | 52.27 | 22.63 | 26 | 36 | 38 | C |
| Mar Negro | 0.20 | 7.79 | 0.66 | 1.14 | 13.66 | 87 | 0.57 | 4.2 | 1.56 | 8.37 | 1.45 | 63.87 | 27.65 | 18 | 20 | 62 | Ca |
| Sacramento | 0.22 | 8.66 | 0.74 | 1.27 | 17.88 | 100 | 0.44 | 2.5 | 3.20 | 0.00 | 2.44 | 114.48 | 49.56 | 24 | 28 | 48 | Ca |
| La Bomba | 0.23 | 7.23 | 0.58 | 1.00 | 13.46 | 81 | 0.83 | 6.2 | 1.83 | 7.17 | 1.10 | 83.34 | 36.08 | 22 | 30 | 48 | C |
| Refugio de Agua Zarca | 0.19 | 7.52 | 0.70 | 1.20 | 15.07 | 89 | 0.71 | 4.7 | 2.18 | 8.81 | 1.67 | 108.84 | 47.12 | 18 | 32 | 50 | C |
| Ejido La Unión | 0.11 | 7.85 | 0.66 | 1.14 | 12.06 | 89 | 0.82 | 6.8 | 1.47 | 7.21 | 1.22 | 115.73 | 50.10 | 20 | 30 | 50 | C |
| Cruc V. Delicias-Luis Moya | 0.50 | 7.96 | 0.66 | 1.14 | 15.27 | 100 | 1.02 | 6.7 | 1.83 | 0.00 | 1.96 | 105.52 | 45.68 | 16 | 22 | 62 | Ca |
| Potrero Los Tanques | 0.25 | 8.14 | 0.78 | 1.34 | 18.09 | 100 | 0.80 | 4.4 | 2.84 | 0.00 | 2.19 | 149.55 | 64.74 | 20 | 28 | 52 | Cra |
| Pozo Azul | 0.21 | 6.93 | 0.66 | 1.14 | 16.08 | 85 | 0.49 | 3.0 | 2.16 | 8.92 | 2.07 | 16.07 | 6.96 | 24 | 22 | 54 | Cra |
| Pozo 64 | 0.13 | 7.89 | 0.70 | 1.20 | 13.26 | 92 | 0.50 | 3.9 | 2.20 | 7.78 | 1.60 | 52.90 | 22.90 | 16 | 32 | 52 | Ca |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|-------|-----|------|-----|------|-------|------|--------|--------|----|----|----|-----|
| Congregación Matamoros | 0.16 | 8.05 | 0.54 | 0.94 | 16.08 | 92 | 1.12 | 7.0 | 2.95 | 8.81 | 1.99 | 76.97 | 33.32 | 28 | 26 | 46 | Cra |
| Kahlúa | 0.41 | 8.48 | 0.66 | 1.14 | 12.06 | 100 | 0.72 | 6.0 | 3.13 | 0.00 | 1.81 | 67.24 | 29.11 | 16 | 22 | 62 | Cra |
| El Estanque | 0.26 | 8.11 | 0.81 | 1.40 | 10.65 | 100 | 0.47 | 4.4 | 3.64 | 0.00 | 1.60 | 124.64 | 53.96 | 20 | 30 | 50 | C |
| Pozo 4 | 0.27 | 6.94 | 0.78 | 1.34 | 12.06 | 100 | 0.56 | 4.6 | 2.28 | 0.00 | 1.66 | 34.79 | 15.06 | 16 | 22 | 62 | Ca |
| Mesa El Aguila | 1.16 | 5.67 | 0.74 | 1.27 | 13.06 | 100 | 1.02 | 7.8 | 1.57 | 0.00 | 1.81 | 154.12 | 66.72 | 18 | 26 | 56 | Ca |
| Terra Refugio de Prov-EI | 0.80 | 7.14 | 0.50 | 0.87 | 9.44 | 100 | 0.81 | 8.6 | 1.27 | 0.00 | 1.54 | 8.84 | 3.83 | 12 | 24 | 74 | Ca |
| Rancho 4 Milpas 1 | 0.07 | 6.53 | 0.58 | 1.00 | 9.44 | 85 | 0.17 | 1.8 | 2.49 | 4.31 | 1.10 | 75.60 | 32.73 | 14 | 26 | 60 | Ca |
| Rancho 4 Milpas 2 | 0.27 | 8.27 | 0.66 | 1.20 | 8.84 | 100 | 0.47 | 5.3 | 2.34 | 0.00 | 0.99 | 73.85 | 31.97 | 16 | 32 | 52 | Ca |
| Ejido Ojo Zarco | 0.19 | 7.97 | 0.81 | 1.40 | 18.89 | 100 | 0.47 | 2.5 | 1.51 | 0.00 | 1.81 | 15.96 | 6.91 | 24 | 18 | 58 | Cra |
| Viudas de Poniente | 0.50 | 6.74 | 0.50 | 0.87 | 10.85 | 90 | 0.41 | 3.8 | 1.71 | 5.94 | 1.69 | 47.51 | 20.57 | 16 | 22 | 62 | Ca |
| Crisóstomos | 0.22 | 8.27 | 0.50 | 0.87 | 9.24 | 98 | 0.41 | 4.4 | 1.78 | 5.81 | 1.05 | 30.05 | 13.01 | 12 | 22 | 66 | Ca |
| Nuevo Valle | 0.33 | 8.06 | 0.62 | 1.07 | 10.05 | 100 | 0.58 | 5.8 | 1.99 | 0.00 | 1.12 | 108.36 | 46.91 | 12 | 20 | 68 | Ca |
| Vista Alegre | 0.11 | 6.50 | 0.50 | 0.87 | 7.03 | 71 | 0.18 | 2.6 | 1.25 | 2.79 | 0.78 | 51.72 | 22.39 | 12 | 18 | 70 | Ca |
| Los Vázquez 4 | 0.14 | 7.24 | 0.81 | 1.40 | 12.66 | 93 | 0.30 | 2.1 | 3.40 | 6.75 | 1.33 | 215.66 | 93.36 | 16 | 20 | 64 | Ca |
| La Concha | 0.36 | 8.14 | 0.70 | 1.20 | 14.27 | 100 | 0.42 | 2.9 | 2.99 | 0.00 | 1.78 | 47.33 | 20.49 | 18 | 22 | 60 | Ca |
| Jarillas-Cienega Grande | 0.23 | 7.71 | 0.97 | 1.67 | 19.09 | 86 | 0.31 | 1.6 | 3.91 | 10.30 | 1.92 | 43.36 | 18.77 | 26 | 36 | 38 | C |
| 18 de marzo | 0.97 | 7.90 | 0.93 | 1.61 | 26.93 | 86 | 0.88 | 3.3 | 5.06 | 14.90 | 2.25 | 212.96 | 92.19 | 26 | 28 | 46 | Cra |
| Alamitos | 0.34 | 7.83 | 1.09 | 2.07 | 26.93 | 95 | 0.97 | 3.6 | 2.93 | 18.60 | 3.07 | 41.02 | 17.76 | 36 | 28 | 36 | Cr |
| Cruc Ej. California-via FFCC | 0.48 | 8.62 | 0.97 | 1.67 | 21.70 | 100 | 1.40 | 6.5 | 3.50 | 0.00 | 2.46 | 62.00 | 26.84 | 24 | 30 | 46 | C |
| La Luz | 0.18 | 7.45 | 0.54 | 0.94 | 8.84 | 76 | 0.35 | 4.0 | 1.16 | 4.59 | 0.63 | 23.70 | 10.26 | 16 | 20 | 64 | Ca |
| Los Vázquez 3 | 0.04 | 5.76 | 0.50 | 0.87 | 9.24 | 62 | 0.20 | 2.2 | 1.20 | 3.54 | 0.79 | 83.83 | 36.29 | 16 | 20 | 64 | Ca |
| La Chiripa | 0.22 | 8.76 | 1.32 | 2.28 | 15.27 | 100 | 0.95 | 6.2 | 5.70 | 0.00 | 3.31 | 420.76 | 182.15 | 14 | 20 | 66 | Ca |

Tabla 1. Análisis Físico y Químico a las muestras de suelo.

| NÚM | SITIO DE MUESTREO | AILO | LATITUD (λ) | LONGITUD (φ) | ALTURA |
|-----|-----------------------------------|------|-----------------------|------------------------|--------|
| 1 | Los Laureles 1 | NO | 22 30 50.5 | 102 18 52.1 | 1950 |
| 2 | Los Laureles 2 | NO | 22 30 42.5 | 102 18 54.9 | 1980 |
| 3 | Rosa Luz Alegría | SI | 22 04 41.4 | 102 00 47.2 | 1980 |
| 4 | La Luz | SI | 21 45 47.7 | 102 00 51.6 | 2070 |
| 5 | Rancho La Luz | SI | 21 46 39.2 | 102 00 36.2 | 2040 |
| 6 | El Codo | NO | 21 43 59.6 | 102 06 23.3 | 2040 |
| 7 | Rancho Los Angeles, Jal. | NO | 21 36 34.5 | 102 18 55.1 | 1770 |
| 8 | Vista Alegre | SI | 21 42 52.2 | 102 09 11.5 | 2040 |
| 9 | El Rocío | SI | 22 18 49.1 | 102 12 50.6 | 1890 |
| 10 | Los Vázquez 1 | NO | 22 45 00.6 | 102 07 40.6 | 1980 |
| 11 | Los Vázquez 2 | NO | 22 44 47.0 | 102 07 02.3 | 1920 |
| 12 | Los Vázquez 3 | SI | 21 44 50.2 | 102 06 59.1 | 1920 |
| 13 | Los Vázquez 4 | SI | 21 44 50.6 | 102 07 01.7 | 1920 |
| 14 | La Concha | SI | 22 31 12.2 | 102 15 32.2 | 2070 |
| 15 | San Luis de Letras | NO | 22 08 40.1 | 102 18 04.5 | 2040 |
| 16 | Caseta Zoonitaria | NO | 21 48 02.9 | 102 02 26.6 | 2040 |
| 17 | Límite Ags.-Zac. | NO | 22 25 06.4 | 102 19 14.3 | 2070 |
| 18 | Carboneras | SI | 22 11 50.8 | 102 14 37.3 | 1890 |
| 19 | La Escuela | NO | 22 22 52.0 | 102 15 56.5 | 1950 |
| 20 | Entronque Carr y Terr V. Delicias | NO | 22 18 58.1 | 102 16 06.2 | 1980 |
| 21 | Rancho La Salud | NO | 22 18 26.2 | 102 14 45.6 | 1920 |
| 22 | Rancho Guadalupano | NO | 22 18 54.1 | 102 15 06.3 | 1920 |
| 23 | Loma de Amapolas | NO | 21 48 16.6 | 102 03 11.0 | 1980 |
| 24 | Refugio de Providencia-Cosío | NO | 22 21 33.5 | 102 17 23.7 | 2010 |
| 25 | La Chiripa | SI | 22 13 06.0 | 102 16 40.8 | 2040 |
| 26 | Jarillas-Ciénega Grande | SI | 22 09 58.2 | 102 03 27.4 | 2070 |
| 27 | El Llaverero | NO | 22 03 27.1 | 102 05 49.9 | 1890 |
| 28 | 18 de marzo | SI | 22 11 10.2 | 102 15 29.0 | 1830 |
| 29 | Alamitos | SI | 22 15 38.1 | 102 14 25.8 | 1740 |
| 30 | Carr V. Delicias km.1 | SI | 22 19 01.3 | 102 16 07.1 | 2040 |
| 31 | Cruc. Ej. California-vía FF.CC | SI | 22 15 50.7 | 102 16 46.1 | 1890 |
| 32 | Mar Negro | SI | 22 13 57.0 | 102 15 33.3 | 2010 |
| 33 | Sacramento | NO | 22 31 34.8 | 102 15 19.7 | 2040 |
| 34 | La Bomba | NO | 22 18 22.9 | 102 17 55.0 | 2040 |
| 35 | Refugio de Agua Zarca | NO | 22 21 49.7 | 102 16 24.8 | 1980 |
| 36 | Ejido La Unión | NO | 21 51 37.9 | 102 00 17.6 | 1890 |
| 37 | Cruc V. Delicias-Luis Moya | SI | 22 18 50.5 | 102 13 52.0 | 2010 |
| 38 | Potrero Los Tanques | NO | 22 13 40.4 | 102 16 45.1 | 1980 |
| 39 | Pozo Azul | NO | 22 21 08.7 | 102 16 45.5 | 2040 |
| 40 | Pozo 64 | NO | 22 23 03.9 | 102 16 51.6 | 2010 |
| 41 | Congregación Matamoros | NO | 21 47 33.7 | 102 04 05.4 | 2010 |
| 42 | Kahlúa | NO | 22 26 58.7 | 102 15 20.8 | 1920 |
| 43 | El Estanque | SI | 21 46 56.3 | 102 00 29.9 | 2040 |
| 44 | Pozo 4 | NO | 22 22 20.2 | 102 16 07.7 | 1950 |
| 45 | Mesa El Águila | NO | 22 04 46.8 | 102 01 10.0 | 2040 |
| 46 | Terr Refugio de Prov-El Durazno | NO | 22 20 16.1 | 102 16 02.3 | 1950 |
| 47 | Rancho 4 Milpas 1 | SI | 21 45 08.3 | 102 58 59.8 | 2010 |

| | | | | | |
|----|--------------------|----|------------|-------------|------|
| 48 | Rancho 4 Milpas 2 | SI | 21 45 06.0 | 101 59 06.2 | 2010 |
| 49 | Ejido Ojo Zarco | NO | 22 06 56.8 | 102 15 44.8 | 1980 |
| 50 | Viudas de Poniente | NO | 22 06 52.7 | 102 05 06.4 | 1980 |
| 51 | Crisóstomos | NO | 22 12 53.6 | 102 00 00.5 | 1950 |
| 52 | Nuevo Valle | NO | 22 06 42.6 | 102 03 23.1 | 1920 |

Tabla 2 Condición de Aislamiento y Localización Geográfica de los sitios de muestreo

A continuación se enlistan los resultados obtenidos de aplicar la 'Prueba de Homogeneidad de Datos' a los datos de las estaciones climatológicas.

Puerto La Concepción

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo | |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|--|
| 1980 | 17.6244009 | -2.12413978 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 | |
| 1981 | 14.5801997 | -5.16834101 | n = 18 | | |
| 1982 | 13.9641935 | -5.78434716 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 | |
| 1983 | 22.1125653 | 2.36402458 | | | |
| 1984 | 18.7484946 | -1.00004608 | | | |
| 1985 | 17.8617204 | -1.88682028 | | | |
| 1986 | 18.2091398 | -1.53940092 | | | |
| 1987 | 21.0949923 | 1.34645161 | | | |
| 1988 | 18.7255914 | -1.02294931 | | | |
| 1989 | 18.1823656 | -1.56617512 | | | |
| 1990 | 29.9326037 | 10.184063 | | | |
| 1991 | 31.7696697 | 12.021129 | | | |
| 1992 | 27.4810138 | 7.73247312 | | | |
| 1993 | 21.1283871 | 1.37984639 | | | |
| 1994 | 18.1473118 | -1.60122888 | | | |
| 1995 | 15.8149462 | -3.93359447 | | | |
| 1996 | 14.0278495 | -5.72069124 | | | |
| 1997 | 16.0682873 | -3.68025346 | | | |
| PROMEDIO | 19.7485407 | | | | |

HOMOGENEOS

Palo Alto, Palo Alto

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo | |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|--|
| 1980 | 15.8443856 | 0.14674006 | 7 + 1 = 8 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 | |
| 1981 | 13.4897465 | -2.20789896 | n = 18 | | |
| 1982 | 9.28548387 | -6.41216163 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 | |
| 1983 | 14.0080645 | -1.68958099 | | | |
| 1984 | 16.9524347 | 1.25478921 | | | |
| 1985 | 17.8190323 | 2.12138676 | | | |
| 1986 | 16.0145469 | 0.31690135 | | | |
| 1987 | 12.3428955 | -3.35474996 | | | |
| 1988 | 17.2947389 | 1.59709336 | | | |
| 1989 | 11.8855223 | -3.81212323 | | | |
| 1990 | 19.3587174 | 3.66107186 | | | |
| 1991 | 21.002573 | 5.30492746 | | | |
| 1992 | 23.5293011 | 7.83165557 | | | |
| 1993 | 17.0629032 | 1.36525772 | | | |
| 1994 | 13.1135484 | -2.58409712 | | | |
| 1995 | 15.200384 | -0.49726148 | | | |
| 1996 | 14.3607527 | -1.33689281 | | | |
| 1997 | 13.9925883 | -1.70505718 | | | |
| Promedio | 15.6976455 | | | | |

HOMOGENEOS

Pabellón de Arteaga

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 11.9881183 | -2.50229049 | 8 + 1 = 9 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 10.8757911 | -3.61461768 | n = 18 | |
| 1982 | 10.2170814 | -4.27332736 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 14.2991398 | -0.19126899 | | |
| 1984 | 16.810768 | 2.32035928 | | |
| 1985 | 13.4176344 | -1.07277436 | | |
| 1986 | 15.3118049 | 0.82139614 | | |
| 1987 | 13.7392089 | -0.75119986 | | |
| 1988 | 12.0356989 | -2.45470985 | | |
| 1989 | 12.1752688 | -2.31513996 | | |
| 1990 | 19.2989017 | 4.80849292 | | |
| 1991 | 24.1449386 | 9.65452978 | | |
| 1992 | 18.1845622 | 3.69415344 | | |
| 1993 | 12.5069892 | -1.98341953 | | |
| 1994 | 16.1809677 | 1.69055897 | | |
| 1995 | 13.9890553 | -0.50135347 | | |
| 1996 | 12.4169432 | -2.07346561 | | |
| 1997 | 13.2344854 | -1.25592337 | | |
| promedio | 14.4904088 | | | |

HOMOGENEOS

Palo Alto, Ags

01015

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 15.8443856 | 0.21544376 | 7 + 1 = 8 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 13.4897465 | -2.13919526 | n = 18 | |
| 1982 | 9.28548387 | -6.34345793 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 14.0047312 | -1.62421062 | | |
| 1984 | 16.9524347 | 1.32349292 | | |
| 1985 | 17.8190323 | 2.19009046 | | |
| 1986 | 16.0145469 | 0.38560505 | | |
| 1987 | 12.3428955 | -3.28604625 | | |
| 1988 | 17.2947389 | 1.66579706 | | |
| 1989 | 11.8855223 | -3.74341953 | | |
| 1990 | 19.3587174 | 3.72977556 | | |
| 1991 | 21.002573 | 5.37363117 | | |
| 1992 | 22.2959677 | 6.66702594 | | |
| 1993 | 17.0629032 | 1.43396143 | | |
| 1994 | 13.1135484 | -2.51539341 | | |
| 1995 | 15.200384 | -0.42855777 | | |
| 1996 | 14.3607527 | -1.26818911 | | |
| 1997 | 13.9925883 | -1.63635347 | | |
| promedio | 15.6289418 | | | |

HOMOGENEOS

Presa Potrerillo

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 11.5622273 | -4.38896847 | 10 + 1 = 11 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 13.8691244 | -2.08207139 | n = 18 | |
| 1982 | 11.4576575 | -4.49353836 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 17.6822581 | 1.73106225 | | |
| 1984 | 14.7888786 | -1.16231716 | | |
| 1985 | 17.0911828 | 1.13998699 | | |
| 1986 | 17.4613671 | 1.51017132 | | |
| 1987 | 15.4676882 | -0.48350764 | | |
| 1988 | 14.7221505 | -1.22904527 | | |
| 1989 | 8.98 | -6.97119581 | | |
| 1990 | 21.9846774 | 6.03348161 | | |
| 1991 | 28.041467 | 12.0902712 | | |
| 1992 | 18.4234946 | 2.47229881 | | |
| 1993 | 14.686129 | -1.26506678 | | |
| 1994 | 16.7778495 | 0.82665365 | | |
| 1995 | 13.5072427 | -2.44395311 | | |
| 1996 | 16.6042281 | 0.6530323 | | |
| 1997 | 14.0139017 | -1.93729412 | | |
| promedio | 15.9511958 | | | |

HOMOGENEOS

Presa Calles, San José de Gracia, Ags

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 11.6748003 | -4.20734042 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 12.9728264 | -2.9093143 | n = 18 | |
| 1982 | 11.2998925 | -4.58224825 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 19.0124731 | 3.13033239 | | |
| 1984 | 16.1484101 | 0.26626941 | | |
| 1985 | 18.4298771 | 2.54773639 | | |
| 1986 | 20.2926575 | 4.41051673 | | |
| 1987 | 14.7859447 | -1.09619602 | | |
| 1988 | 14.1888172 | -1.69332352 | | |
| 1989 | 14.7446237 | -1.13751707 | | |
| 1990 | 19.6760829 | 3.79394223 | | |
| 1991 | 26.4921889 | 10.6100482 | | |
| 1992 | 20.7534639 | 4.87132318 | | |
| 1993 | 11.9558065 | -3.92633427 | | |
| 1994 | 13.6502151 | -2.23192567 | | |
| 1995 | 16.6253763 | 0.74323562 | | |
| 1996 | 12.0072811 | -3.87485962 | | |
| 1997 | 11.1677957 | -4.71434502 | | |
| promedio | 15.8821407 | | | |

HOMOGENEOS

Presa Jocoqui

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 11.7694009 | -2.97030722 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 11.2912289 | -3.44847926 | n = 18 | |
| 1982 | 9.68903226 | -5.05067588 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 19.2729032 | 4.53319508 | | |
| 1984 | 15.9598925 | 1.22018433 | | |
| 1985 | 14.7506452 | 0.01093702 | | |
| 1986 | 14.8345622 | 0.09485407 | | |
| 1987 | 15.7518126 | 1.01210445 | | |
| 1988 | 9.66698925 | -5.07271889 | | |
| 1989 | 13.9788172 | -0.76089094 | | |
| 1990 | 16.6439094 | 1.90420123 | | |
| 1991 | 25.1833487 | 10.4436406 | | |
| 1992 | 19.0963978 | 4.35668971 | | |
| 1993 | 12.81 | -1.92970814 | | |
| 1994 | 12.3075269 | -2.43218126 | | |
| 1995 | 16.8158295 | 2.07612135 | | |
| 1996 | 15.9355684 | 1.19586022 | | |
| 1997 | 9.55688172 | -5.18282642 | | |
| promedio | 14.7397081 | | | |

HOMOGENEOS

Rancho Viejo, San José de Gracia, Ags

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 18.0019969 | -0.1542503 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 12.1722734 | -5.9839738 | n = 18 | |
| 1982 | 14.6473118 | -3.5089354 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 16.4967742 | -1.65947303 | | |
| 1984 | 15.4297235 | -2.72652372 | | |
| 1985 | 20.0537634 | 1.89751621 | | |
| 1986 | 23.1781874 | 5.02194018 | | |
| 1987 | 19.8139017 | 1.65765446 | | |
| 1988 | 17.2935484 | -0.86269884 | | |
| 1989 | 14.4139785 | -3.74226873 | | |
| 1990 | 19.3203533 | 1.16410608 | | |
| 1991 | 24.0483257 | 5.89207843 | | |
| 1992 | 23.9329493 | 5.77670208 | | |
| 1993 | 15.072043 | -3.08420422 | | |
| 1994 | 15.6713978 | -2.48484938 | | |
| 1995 | 23.4606759 | 5.30442866 | | |
| 1996 | 21.1364286 | 2.98018134 | | |
| 1997 | 12.6688172 | -5.48743002 | | |
| promedio | 18.1562472 | | | |

HOMOGENEOS

San Bartolo

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo | |
|----------|---------------|-------------|------------------|----------------------|-----------------|
| 1980 | 21.3717281 | 4.145195 | 11 + 1 = 12 | Límite Superior | $1 + 1.1(n/2)$ |
| 1981 | 15.5073579 | -1.7191752 | n = 18 | | = |
| 1982 | 13.7322734 | -3.49425969 | | Límite Inferior | $-1 + 0.9(n/2)$ |
| 1983 | 18.0966667 | 0.87013356 | | | = |
| 1984 | 13.6692396 | -3.55729348 | | | |
| 1985 | 17.9219355 | 0.69540237 | | | |
| 1986 | 13.5040399 | -3.72249317 | | | |
| 1987 | 18.3875422 | 1.16100913 | | | |
| 1988 | 22.5847312 | 5.35819807 | | | |
| 1989 | 14.708172 | -2.51836107 | | | |
| 1990 | 19.7939631 | 2.56743002 | | | |
| 1991 | 20.8182028 | 3.59166965 | | | |
| 1992 | 23.2523425 | 6.02580944 | | | |
| 1993 | 14.0952688 | -3.13126429 | | | |
| 1994 | 17.5939785 | 0.36744538 | | | |
| 1995 | 13.194639 | -4.03189409 | | | |
| 1996 | 16.8637942 | -0.36273895 | | | |
| 1997 | 14.9817204 | -2.24481268 | | | |
| promedio | 17.2265331 | | | | |

NO HOMOGENEOS

Tepezalá

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo | |
|----------|---------------|-------------|------------------|----------------------|-----------------|
| 1980 | 15.3293164 | 0.77918629 | 09 + 1 = 10 | Límite Superior | $1 + 1.1(n/2)$ |
| 1981 | 13.5599002 | -0.99022999 | n = 18 | | = |
| 1982 | 14.1026882 | -0.44744197 | | Límite Inferior | $-1 + 0.9(n/2)$ |
| 1983 | 21.7876344 | 7.23750427 | | | = |
| 1984 | 13.1244086 | -1.42572154 | | | |
| 1985 | 13.4347312 | -1.11539896 | | | |
| 1986 | 18.1388633 | 3.58873315 | | | |
| 1987 | 13.0391475 | -1.51098268 | | | |
| 1988 | 16.3770968 | 1.82696663 | | | |
| 1989 | 11.8576344 | -2.69249573 | | | |
| 1990 | 20.7455223 | 6.19539213 | | | |
| 1991 | 22.4942396 | 7.94410949 | | | |
| 1992 | 15.3530108 | 0.80288061 | | | |
| 1993 | 12.0044086 | -2.54572154 | | | |
| 1994 | 8.16956989 | -6.38056025 | | | |
| 1995 | 13.7706989 | -0.77943122 | | | |
| 1996 | 10.7134716 | -3.83665856 | | | |
| 1997 | 7.9 | -6.65013014 | | | |
| promedio | 14.5501301 | | | | |

HOMOGENEOS

Venaderos, Jesús María, Ags

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 14.7634793 | -2.93023425 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 15.8056068 | -1.88810676 | n = 18 | |
| 1982 | 13.6301075 | -4.06360599 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 17.0897849 | -0.60392857 | | |
| 1984 | 15.0484255 | -2.64528802 | | |
| 1985 | 17.1229032 | -0.57081029 | | |
| 1986 | 18.9354839 | 1.24177035 | | |
| 1987 | 16.8259601 | -0.86775346 | | |
| 1988 | 17.5516129 | -0.14210061 | | |
| 1989 | 11.7468894 | -5.94682412 | | |
| 1990 | 23.7103687 | 6.01665515 | | |
| 1991 | 20.9399386 | 3.24622504 | | |
| 1992 | 25.3718126 | 7.67809908 | | |
| 1993 | 17.1274194 | -0.56629416 | | |
| 1994 | 13.672043 | -4.02167051 | | |
| 1995 | 24.9807988 | 7.28708525 | | |
| 1996 | 18.3961598 | 0.70244624 | | |
| 1997 | 15.7680492 | -1.92566436 | | |
| promedio | 17.6937135 | | | |

HOMOGENEOS

Villa Juárez, Villas de Oriente

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 11.6692243 | -3.44501707 | 8 + 1 = 9 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 12.6550768 | -2.45916453 | n = 18 | |
| 1982 | 8.75664363 | -6.35759771 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 17.592043 | 2.47780167 | | |
| 1984 | 15.3541935 | 0.23995221 | | |
| 1985 | 14.5976344 | -0.51660693 | | |
| 1986 | 13.4334716 | -1.68076976 | | |
| 1987 | 14.1101459 | -1.00409541 | | |
| 1988 | 16.175768 | 1.06152671 | | |
| 1989 | 14.7197849 | -0.39445639 | | |
| 1990 | 19.9911444 | 4.87690306 | | |
| 1991 | 22.902957 | 7.78871565 | | |
| 1992 | 17.8421505 | 2.7279092 | | |
| 1993 | 15.0501152 | -0.06412613 | | |
| 1994 | 11.4070968 | -3.70714456 | | |
| 1995 | 16.5943164 | 1.4800751 | | |
| 1996 | 16.0287942 | 0.91455282 | | |
| 1997 | 13.1757834 | -1.93845793 | | |
| promedio | 15.1142413 | | | |

HOMOGENEOS

Asientos, Ags

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 15.2243625 | 1.63853388 | 13 + 1 = 14 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 11.9017358 | -1.68409285 | n = 18 | |
| 1982 | 12.7626882 | -0.82314047 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 17.9066667 | 4.32083803 | | |
| 1984 | 9.55367127 | -4.03215736 | | |
| 1985 | 12.4047312 | -1.18109746 | | |
| 1986 | 14.4577419 | 0.8719133 | | |
| 1987 | 9.5821275 | -4.00370114 | | |
| 1988 | 15.0909677 | 1.5051391 | | |
| 1989 | 10.46 | -3.12582864 | | |
| 1990 | 17.4788095 | 3.89298088 | | |
| 1991 | 24.6851767 | 11.099348 | | |
| 1992 | 14.0067742 | 0.42094555 | | |
| 1993 | 8.61700461 | -4.96882403 | | |
| 1994 | 15.7196774 | 2.13384878 | | |
| 1995 | 11.3498464 | -2.23598225 | | |
| 1996 | 9.18164363 | -4.40418501 | | |
| 1997 | 14.1612903 | 0.57546168 | | |
| promedio | 13.5858286 | | | |

NO HOMOGENEOS

Aguascalientes, Ags

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 18.184424 | 2.45719875 | 9 + 1 = 10 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 14.4868587 | -1.24036653 | n = 18 | |
| 1982 | 12.2608602 | -3.46636499 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 15.9780645 | 0.25083931 | | |
| 1984 | 13.854831 | -1.87239418 | | |
| 1985 | 15.223894 | -0.5033312 | | |
| 1986 | 18.225914 | 2.49868877 | | |
| 1987 | 13.4085561 | -2.31866914 | | |
| 1988 | 15.3912903 | -0.33593489 | | |
| 1989 | 14.9291321 | -0.7980931 | | |
| 1990 | 21.8222273 | 6.09500213 | | |
| 1991 | 20.4697312 | 4.74250597 | | |
| 1992 | 20.0250691 | 4.29784392 | | |
| 1993 | 11.3666667 | -4.36055854 | | |
| 1994 | 14.0562366 | -1.67098865 | | |
| 1995 | 19.6581106 | 3.93088539 | | |
| 1996 | 13.2779263 | -2.44929894 | | |
| 1997 | 10.4702611 | -5.25696407 | | |
| promedio | 15.7272252 | | | |

HOMOGENEOS

El Novillo, Ags

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 6.80806452 | -9.44247824 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 14.9042473 | -1.34629544 | n = 18 | |
| 1982 | 11.1962366 | -5.0543062 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 19.1408602 | 2.89031746 | | |
| 1984 | 14.4126267 | -1.83791603 | | |
| 1985 | 19.0174194 | 2.7668766 | | |
| 1986 | 15.8586022 | -0.3919406 | | |
| 1987 | 13.9481183 | -2.30242448 | | |
| 1988 | 22.8698925 | 6.61934972 | | |
| 1989 | 18.6443625 | 2.39381976 | | |
| 1990 | 21.5014286 | 5.25088582 | | |
| 1991 | 23.952212 | 7.70166923 | | |
| 1992 | 23.2446928 | 6.99415003 | | |
| 1993 | 16.1799616 | -0.07058116 | | |
| 1994 | 15.2839785 | -0.96656426 | | |
| 1995 | 12.5269048 | -3.72363799 | | |
| 1996 | 11.284086 | -4.96645673 | | |
| 1997 | 11.7360753 | -4.51446749 | | |
| promedio | 16.2505428 | | | |

HOMOGENEOS

Las Fraguas, Asientos

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 7.2955914 | -6.72518263 | 8 + 1 = 9 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 9.77956989 | -4.24120413 | n = 18 | |
| 1982 | 9.54516129 | -4.47561273 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 17.0252688 | 3.00449479 | | |
| 1984 | 14.3032258 | 0.28245178 | | |
| 1985 | 17.1883026 | 3.16752859 | | |
| 1986 | 14.226851 | 0.20607698 | | |
| 1987 | 9.13625192 | -4.8845221 | | |
| 1988 | 17.5777419 | 3.55696791 | | |
| 1989 | 11.6252688 | -2.39550521 | | |
| 1990 | 23.8751152 | 9.85434118 | | |
| 1991 | 21.9857911 | 7.96501707 | | |
| 1992 | 18.4713518 | 4.45057774 | | |
| 1993 | 13.8258065 | -0.19496757 | | |
| 1994 | 13.4989247 | -0.52184929 | | |
| 1995 | 14.1028802 | 0.08210616 | | |
| 1996 | 8.81182796 | -5.20894607 | | |
| 1997 | 10.0990015 | -3.92177249 | | |
| promedio | 14.020774 | | | |

HOMOGENEOS

Sandoval

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 3.99591398 | -9.10125363 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 7.16487711 | -5.93229049 | n = 18 | |
| 1982 | 8.62311828 | -4.47404933 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 15.1811828 | 2.08401519 | | |
| 1984 | 14.1683948 | 1.07122717 | | |
| 1985 | 15.5115207 | 2.41435313 | | |
| 1986 | 17.6018433 | 4.50467571 | | |
| 1987 | 12.0831029 | -1.01406469 | | |
| 1988 | 12.0215054 | -1.07566223 | | |
| 1989 | 9.95053763 | -3.14662997 | | |
| 1990 | 16.1150538 | 3.01788616 | | |
| 1991 | 19.9605223 | 6.86335467 | | |
| 1992 | 22.5990015 | 9.50183393 | | |
| 1993 | 11.6172043 | -1.4799633 | | |
| 1994 | 10.5643011 | -2.53286653 | | |
| 1995 | 11.996851 | -1.10031661 | | |
| 1996 | 14.188172 | 1.09100444 | | |
| 1997 | 12.405914 | -0.69125363 | | |
| promedio | 13.0971676 | | | |

HOMOGENEOS

Cieneguilla

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 11.2415054 | -4.95141193 | 2 + 1 = 3 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 14.2851613 | -1.90775602 | n = 18 | |
| 1982 | 13.2291935 | -2.96372376 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 14.7924731 | -1.40044419 | | |
| 1984 | 18.9399386 | 2.74702125 | | |
| 1985 | 18.5623656 | 2.36944828 | | |
| 1986 | 22.9183564 | 6.72543907 | | |
| 1987 | 20.3296467 | 4.13672939 | | |
| 1988 | 17.3330108 | 1.14009345 | | |
| 1989 | 16.3596774 | 0.16676011 | | |
| 1990 | 21.9655376 | 5.77262033 | | |
| 1991 | 21.337212 | 5.14429467 | | |
| 1992 | 20.7075269 | 4.51460958 | | |
| 1993 | 17.0983871 | 0.90546979 | | |
| 1994 | 11.8217204 | -4.37119688 | | |
| 1995 | 13.0971966 | -3.09572069 | | |
| 1996 | 13.4409063 | -2.75201101 | | |
| 1997 | 4.01269585 | -12.1802215 | | |
| promedio | 16.1929173 | | | |

NO HOMOGENEOS

Montoro

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo | |
|----------|---------------|-------------|------------------|----------------------|-----------------|
| 1980 | 14.0005376 | -2.48164619 | 11 + 1 = 12 | Límite Superior | $1 + 1.1(n/2)$ |
| 1981 | 12.421828 | -4.06035586 | n = 18 | | = 10.9 |
| 1982 | 14.4124731 | -2.0697107 | | Límite Inferior | $-1 + 0.9(n/2)$ |
| 1983 | 17.944086 | 1.4619022 | | | = 7.1 |
| 1984 | 14.4997312 | -1.98245264 | | | |
| 1985 | 18.0767742 | 1.59459037 | | | |
| 1986 | 10.8293625 | -5.6528213 | | | |
| 1987 | 15.4180722 | -1.06411162 | | | |
| 1988 | 18.4402151 | 1.95803123 | | | |
| 1989 | 15.9036406 | -0.57854327 | | | |
| 1990 | 23.2075192 | 6.72533538 | | | |
| 1991 | 17.5188018 | 1.03661802 | | | |
| 1992 | 25.5520123 | 9.06982847 | | | |
| 1993 | 15.7672043 | -0.71497952 | | | |
| 1994 | 15.435914 | -1.04626984 | | | |
| 1995 | 18.4062519 | 1.9240681 | | | |
| 1996 | 11.6334409 | -4.84874296 | | | |
| 1997 | 17.2114439 | 0.72926011 | | | |
| promedio | 16.4821838 | | | | |

NO HOMOGENEOS

Rincón de Romos, Ags

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo | |
|----------|---------------|-------------|------------------|----------------------|-----------------|
| 1980 | 13.1672043 | 0.04586619 | 9 + 1 = 10 | Límite Superior | $1 + 1.1(n/2)$ |
| 1981 | 9.72258065 | -3.39875747 | n = 18 | | = 10.9 |
| 1982 | 9.03333333 | -4.08800478 | | Límite Inferior | $-1 + 0.9(n/2)$ |
| 1983 | 16.4897849 | 3.36844683 | | | = 7.1 |
| 1984 | 12.9621352 | -0.15920294 | | | |
| 1985 | 12.7258065 | -0.39553166 | | | |
| 1986 | 9.81290323 | -3.30843489 | | | |
| 1987 | 13.1919355 | 0.07059737 | | | |
| 1988 | 17.0564516 | 3.9351135 | | | |
| 1989 | 11.6263441 | -1.49499403 | | | |
| 1990 | 14.114977 | 0.99363885 | | | |
| 1991 | 18.5062826 | 5.38494453 | | | |
| 1992 | 18.2327189 | 5.11138078 | | | |
| 1993 | 9.85376344 | -3.26757467 | | | |
| 1994 | 11.9032258 | -1.21811231 | | | |
| 1995 | 15.4615207 | 2.34018263 | | | |
| 1996 | 10.5326421 | -2.58869602 | | | |
| 1997 | 11.7904762 | -1.33086192 | | | |
| promedio | 13.1213381 | | | | |

HOMOGENEOS

San Francisco de los Romo, Ags

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 9.85623656 | -3.24305854 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 9.90962878 | -3.18966633 | n = 18 | |
| 1982 | 11.0200461 | -2.07924902 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 16.477957 | 3.37866189 | | |
| 1984 | 13.3310983 | 0.23180321 | | |
| 1985 | 17.067957 | 3.96866189 | | |
| 1986 | 16.4541475 | 3.35485236 | | |
| 1987 | 13.537788 | 0.43849292 | | |
| 1988 | 5.99820789 | -7.10108722 | | |
| 1989 | 7.46789555 | -5.63139956 | | |
| 1990 | 10.9882463 | -2.11104881 | | |
| 1991 | 25.1811444 | 12.0818493 | | |
| 1992 | 19.2855914 | 6.1862963 | | |
| 1993 | 10.0510753 | -3.04821983 | | |
| 1994 | 10.4155914 | -2.6837037 | | |
| 1995 | 12.318126 | -0.78116914 | | |
| 1996 | 13.5994624 | 0.50016726 | | |
| 1997 | 12.8271121 | -0.27218297 | | |
| promedio | 13.0992951 | | | |

HOMOGENEOS

San Gil, Asientos

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 8.93978495 | -4.2810693 | 5 + 1 = 6 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 7.91656938 | -5.30428486 | n = 18 | |
| 1982 | 7.64024578 | -5.58060847 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 14.7801075 | 1.55925329 | | |
| 1984 | 12.5745008 | -0.64635347 | | |
| 1985 | 11.755914 | -1.46494026 | | |
| 1986 | 10.7327957 | -2.48805854 | | |
| 1987 | 11.86851 | -1.35234426 | | |
| 1988 | 15.8283154 | 2.60746117 | | |
| 1989 | 14.124808 | 0.90395375 | | |
| 1990 | 22.2671275 | 9.04627325 | | |
| 1991 | 25.0849462 | 11.864092 | | |
| 1992 | 17.5082181 | 4.28736388 | | |
| 1993 | 9.75698925 | -3.46386499 | | |
| 1994 | 11.5645161 | -1.65633811 | | |
| 1995 | 11.6682796 | -1.55257467 | | |
| 1996 | 11.288172 | -1.9326822 | | |
| 1997 | 12.675576 | -0.5452782 | | |
| promedio | 13.2208542 | | | |

NO HOMOGENEOS

Presa 50 aniversario

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 28.3637634 | 11.1042604 | 10 + 1 = 11 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 12.0928623 | -5.16664078 | n = 18 | |
| 1982 | 12.3569739 | -4.90252916 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 17.3624731 | 0.10297007 | | |
| 1984 | 13.1797619 | -4.07974114 | | |
| 1985 | 19.5074194 | 2.24791631 | | |
| 1986 | 21.4377419 | 4.17823889 | | |
| 1987 | 13.7557066 | -3.50379644 | | |
| 1988 | 17.3873477 | 0.12784463 | | |
| 1989 | 14.4555914 | -2.80391165 | | |
| 1990 | 18.9832412 | 1.72373812 | | |
| 1991 | 25.1786636 | 7.91916055 | | |
| 1992 | 19.7081106 | 2.44860756 | | |
| 1993 | 14.2349462 | -3.02455681 | | |
| 1994 | 15.3507527 | -1.90875036 | | |
| 1995 | 18.4735714 | 1.21406838 | | |
| 1996 | 15.5997465 | -1.6597565 | | |
| 1997 | 13.242381 | -4.01712209 | | |
| promedio | 17.259503 | | | |

HOMOGENEOS

Loreto, Zacatecas

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 12.2947312 | -2.38011918 | 8 + 1 = 9 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 8.14271889 | -6.53213146 | n = 18 | |
| 1982 | 9.27073733 | -5.40411303 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 15.376129 | 0.70127867 | | |
| 1984 | 13.5004608 | -1.17438953 | | |
| 1985 | 14.965768 | 0.29091769 | | |
| 1986 | 12.5940297 | -2.08082066 | | |
| 1987 | 15.5718802 | 0.89702983 | | |
| 1988 | 14.4543011 | -0.22054928 | | |
| 1989 | 14.9137634 | 0.23891308 | | |
| 1990 | 17.7927419 | 3.11789158 | | |
| 1991 | 18.120169 | 3.44531861 | | |
| 1992 | 18.2643318 | 3.58948144 | | |
| 1993 | 16.9158897 | 2.2410393 | | |
| 1994 | 18.2335484 | 3.55869803 | | |
| 1995 | 17.3737634 | 2.69891308 | | |
| 1996 | 11.7107834 | -2.96406695 | | |
| 1997 | 14.6515591 | -0.02329122 | | |
| promedio | 14.6748504 | | | |

HOMOGENEOS

San Pedro Piedra Gorda, Zacatecas

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 1980 | 11.3776498 | -3.26866871 | 8 + 1 = 9 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 |
| 1981 | 13.3199693 | -1.32634921 | n = 18 | |
| 1982 | 7.69139785 | -6.95492063 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 |
| 1983 | 13.7387097 | -0.90760881 | | |
| 1984 | 15.4988479 | 0.85252944 | | |
| 1985 | 13.1260369 | -1.52028162 | | |
| 1986 | 12.2908602 | -2.35545827 | | |
| 1987 | 17.2569124 | 2.61059396 | | |
| 1988 | 13.6295699 | -1.01674859 | | |
| 1989 | 11.4876344 | -3.15868408 | | |
| 1990 | 18.5506528 | 3.90433436 | | |
| 1991 | 20.8246544 | 6.17833589 | | |
| 1992 | 17.5440092 | 2.89769073 | | |
| 1993 | 14.0806452 | -0.56567332 | | |
| 1994 | 24.0801075 | 9.43378904 | | |
| 1995 | 14.2833333 | -0.36298515 | | |
| 1996 | 14.4370046 | -0.20931388 | | |
| 1997 | 10.4157373 | -4.23058116 | | |
| promedio | 14.6463185 | | | |

HOMOGENEOS

Villa García, Zacatecas

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo |
|----------|---------------|-------------|------------------|---|
| 1980 | 11.2590323 | -3.61585299 | 9 + 1 = 10 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.35 |
| 1981 | 9.8072427 | -5.06764254 | n = 17 | |
| 1982 | 8.28183564 | -6.59304961 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 6.65 |
| 1983 | 17.4639785 | 2.58909325 | | |
| 1984 | 14.3019585 | -0.57292672 | | |
| 1985 | 10.8491782 | -4.02570706 | | |
| 1986 | 11.9927419 | -2.88214331 | | |
| 1987 | 15.9362212 | 1.06133595 | | |
| 1988 | 11.2917435 | -3.58314177 | | |
| 1989 | 22.503871 | 7.62898572 | | |
| 1990 | 20.5954147 | 5.7205295 | | |
| 1991 | 23.8810599 | 9.00617466 | | |
| 1992 | 17.4503533 | 2.57546806 | | |
| 1993 | 11.7175269 | -3.15735836 | | |
| 1994 | 17.9705376 | 3.09565239 | | |
| 1995 | 12.6673118 | -2.20757342 | | |
| 1996 | 14.9030415 | 0.02815623 | | |
| promedio | 14.8748852 | | | |

HOMOGENEOS

Villa González Ortega, Zacatecas

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo | |
|----------|---------------|-------------|------------------|---|--|
| 1980 | 14.6087404 | 2.19762516 | 9 + 1 = 10 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 11.45 | |
| 1981 | 8.53596006 | -3.87515517 | n = 19 | | |
| 1982 | 11.1088172 | -1.30229803 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.55 | |
| 1983 | 12.2897849 | -0.12133029 | | | |
| 1984 | 10.0723656 | -2.33874964 | | | |
| 1985 | 13.5658065 | 1.15469122 | | | |
| 1986 | 7.90368664 | -4.5074286 | | | |
| 1987 | 5.64122888 | -6.76988636 | | | |
| 1988 | 7.33763441 | -5.07348083 | | | |
| 1989 | 30.334086 | 17.9229708 | | | |
| 1990 | 12.0557911 | -0.35532415 | | | |
| 1991 | 16.4039401 | 3.99282486 | | | |
| 1992 | 19.5828264 | 7.17171119 | | | |
| 1993 | 9.41623656 | -2.99487868 | | | |
| 1994 | 9.70444444 | -2.70667079 | | | |
| 1995 | 11.8322581 | -0.57885717 | | | |
| 1996 | 10.3223349 | -2.08878037 | | | |
| 1997 | 12.6841321 | 0.27301687 | | | |
| 1998 | 9.02741935 | -3.38369588 | | | |
| promedio | 12.4111152 | | | | |

HOMOGENEOS

Palmillas, Ojo Caliente, Zacatecas

| año | Precipitación | Desviación | Cambios de Signo | Cálculo de intervalo | |
|----------|---------------|-------------|------------------|--|--|
| 1980 | 6.96946237 | -5.69597912 | 6 + 1 = 7 | Límite Superior $1 + 1.1(n/2)$ = 10.9 | |
| 1981 | 7.11681004 | -5.54863145 | n = 18 | | |
| 1982 | 7.64870968 | -5.01673181 | | Límite Inferior $-1 + 0.9(n/2)$ = 7.1 | |
| 1983 | 11.803871 | -0.86157052 | | | |
| 1984 | 11.3678955 | -1.29754594 | | | |
| 1985 | 7.66806452 | -4.99737697 | | | |
| 1986 | 6.96946237 | -5.69597912 | | | |
| 1987 | 16.4080645 | 3.74262303 | | | |
| 1988 | 12.3490323 | -0.31640923 | | | |
| 1989 | 11.3800614 | -1.28538004 | | | |
| 1990 | 15.855023 | 3.18958156 | | | |
| 1991 | 21.4341398 | 8.7686983 | | | |
| 1992 | 19.7172273 | 7.05178586 | | | |
| 1993 | 12.0804301 | -0.58501138 | | | |
| 1994 | 18.5522581 | 5.88681658 | | | |
| 1995 | 13.6764516 | 1.01101013 | | | |
| 1996 | 16.9947158 | 4.32927434 | | | |
| 1997 | 9.98626728 | -2.6791742 | | | |
| promedio | 12.6654415 | | | | |

HOMOGENEOS

PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO CON JUGO DE VERDURAS (V8) PARA
EVALUAR RESISTENCIA DE *Phytophthora capsici* AL SUBDUE 2E (METALAXYL)

OBJETIVO

Preparar medio de cultivo con el fungicida *Metalaxyl* a diferentes concentraciones para evaluar la resistencia al mismo de *Phytophthora capsici*

MATERIAL VIVO

- Aislados de *P capsici* (tantos como se quieran evaluar)

MATERIAL DE LABORATORIO

- Autoclave
- Balanza de Precisión
- Vaso de Precipitado
- Pipetas graduadas
- Mechero de Bunsen
- Matraz Earlenmayer de 2 lt
- Matraz Earlenmayer de 1 lt
- Cajas de Petri
- Campana extractora

REACTIVOS A UTILIZAR

- Agua destilada
- CaCO_3 .
- Jugo de tomate V-8
- Papa Dextrosa Agar
- Metalaxyl

PROCEDIMIENTO

- ✓ Las concentraciones a evaluar son 100, 50, 5 ppm (partes por millón) y un testigo.
- ✓ Se realizarán cinco (5) repeticiones por concentración.
- ✓ El Metalaxyl tiene una concentración de 240 g de IA / galón
- ✓ 1 ml / lt equivale a 1 000 ppm
- ✓ Para 25 cajas de Petri \approx 0.5 lt de medio de cultivo

Aplicando la técnica de diluciones se obtendrán las concentraciones que se evaluarán.

Para este ejemplo se tomaron 11 aislados de *P capsici*

| | |
|---|--|
| <p>Matraz 1</p> <p>0.5 lt de agua 0.125 lt de jugo de tomate V-8 10 g de agar</p> <p>0.625 lt de preparado ≈ 0.25 ml de metalaxyl</p> | <p>Matraz 2</p> <p>0.5 lt de agua 0.125 lt de jugo de tomate V-8 10 g de agar</p> <p>0.625 lt de preparado ≈ 0.25 ml de metalaxyl</p> |
| <p>Matraz 3</p> <p>0.600 lt de agua 0.150 lt de jugo de tomate V-8 12 g de agar</p> <p>0.750 lt de preparado ≈ 0.30 ml de metalaxyl</p> | <p>Matraz 4</p> <p>0.600 lt de agua 0.150 lt de jugo de tomate V-8 12 g de agar</p> <p>0.750 lt de preparado + 100 ml del matraz 3</p> |
| <p>Matraz 5</p> <p>0.900 lt de agua 225 ml de jugo de tomate V-8 18 g de agar + 100 ml del matraz 4</p> | |

Para incorporar el metalaxyl al medio de cultivo, se utiliza una pipeta graduada a 1/10 de ml. El medio de cultivo debe estar a punto de vacío para que la temperatura no afecte su naturaleza química. Se agrega y se agita para facilitar su homogenización con el preparado. Luego se vacía a las cajas de Petri.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL ACUMULADA 1970-98.

| Estación | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
|----------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1008 | 27.38 | 11.36 | 3.62 | 9.97 | 21.14 | 80.17 | 161.54 | 114.63 | 87.12 | 46.41 | 13.63 | 13.15 |
| 1010 | 28.3 | 12.1 | 4.2 | 7.8 | 25.6 | 104 | 162.6 | 131.2 | 109 | 46.2 | 18.1 | 15.1 |
| 1014 | 19 | 8.18 | 2.7 | 5.2 | 20.7 | 61.7 | 122.9 | 95.92 | 69.3 | 36.2 | 10.2 | 11.7 |
| 1015 | 18.4 | 7.9 | 2.3 | 9.8 | 23.7 | 64.6 | 116.8 | 108.8 | 64.6 | 39.4 | 10.9 | 10.7 |
| 1017 | 19.8 | 8.09 | 2.9 | 7.3 | 19.3 | 75.4 | 125.2 | 100.4 | 77.8 | 40.4 | 12.9 | 12.3 |
| 1018 | 19.1 | 6.4 | 2.1 | 4.7 | 23.5 | 79 | 114.7 | 99.89 | 74.4 | 40.7 | 10.4 | 10.8 |
| 1019 | 18.7 | 5.23 | 1.4 | 5.3 | 22 | 69.7 | 113.7 | 96.09 | 70.5 | 34.6 | 11.8 | 10.6 |
| 1021 | 22 | 8.41 | 4.7 | 6.3 | 21.1 | 75.7 | 134.3 | 115.3 | 85.7 | 45.4 | 11.8 | 12 |
| 1022 | 15.5 | 7.39 | 2.4 | 7.1 | 23.1 | 77.7 | 130.1 | 126.5 | 86 | 37.2 | 12.2 | 11.6 |
| 1026 | 17.5 | 7.79 | 2.8 | 6.8 | 19 | 55.4 | 127.3 | 98.55 | 71.2 | 32.2 | 10.6 | 10.8 |
| 1027 | 19.5 | 8.59 | 1.6 | 8 | 16.4 | 81.7 | 133.2 | 119.4 | 98.3 | 38.4 | 13.7 | 11.8 |
| 1028 | 19.1 | 7.76 | 2 | 6.6 | 21.4 | 66.4 | 108.3 | 102.9 | 69.7 | 31.7 | 11.4 | 11.1 |
| 1029 | 21.2 | 7.67 | 6.8 | 11 | 25.9 | 45.8 | 110.8 | 75.2 | 59.1 | 29.2 | 10.6 | 10.4 |
| 1030 | 15.7 | 8.8 | 1.2 | 6.6 | 18.1 | 72.7 | 121.9 | 124.6 | 82.6 | 33.8 | 9.35 | 10.9 |
| 1031 | 16.1 | 5.28 | 1.6 | 11 | 18.9 | 64.3 | 118.3 | 88.33 | 58.1 | 31.6 | 10.9 | 8.54 |
| 1032 | 14 | 5.22 | 0.7 | 6.5 | 17.7 | 61.5 | 113.2 | 79.57 | 53.4 | 25.9 | 8.59 | 10.3 |
| 1034 | 10.9 | 2.8 | 0.7 | 4.8 | 13 | 44.1 | 107.6 | 79.45 | 48.7 | 31.8 | 6.75 | 7 |
| 1074 | 13.2 | 3.23 | 0.6 | 1.8 | 10.7 | 47.8 | 86.29 | 66.72 | 45.5 | 19.9 | 5.39 | 7.59 |
| 1075 | 12.5 | 3.44 | 1 | 5.3 | 10 | 40.5 | 89.49 | 58.49 | 42.2 | 24.3 | 7.13 | 7.64 |
| 1082 | 15.1 | 3.62 | 1.1 | 3.6 | 12.4 | 32.1 | 62.58 | 42.62 | 34.4 | 27.9 | 5.73 | 7.43 |
| 1083 | 16.8 | 3.48 | 0.4 | 2.9 | 8.52 | 37.3 | 65.78 | 36.62 | 30.8 | 23.1 | 7.58 | 8.66 |
| 1084 | 15.8 | 4.17 | 1.6 | 5.9 | 12.3 | 28.8 | 70.9 | 43.79 | 31.1 | 21.8 | 7.93 | 7.68 |
| 1089 | 15.5 | 3.68 | 2.7 | 3.6 | 10.7 | 50.9 | 84.31 | 53.8 | 39.7 | 28.1 | 6.18 | 6.37 |
| 32033 | 15.1 | 5.88 | 2.7 | 7.7 | 32.6 | 59.6 | 157.5 | 86.27 | 59.9 | 33.7 | 10.6 | 10.1 |
| 32051 | 18.5 | 7.26 | 1.7 | 6.7 | 18.9 | 65.2 | 93.58 | 82.27 | 76.7 | 39.5 | 11.6 | 10.8 |
| 32072 | 16.3 | 6.15 | 1.8 | 6 | 23.6 | 55.8 | 102 | 111.5 | 45.9 | 28.3 | 11.8 | 9.48 |
| 32114 | 13.8 | 5.08 | 1.1 | 4.6 | 13 | 26 | 62.41 | 52.19 | 37.2 | 31 | 6.31 | 12.8 |
| 32126 | 18.9 | 5.66 | 1.1 | 9.8 | 19.5 | 47.8 | 74.7 | 58.48 | 43.6 | 33.3 | 6.14 | 8.13 |

TEMPERATURA MAXIMA

| MES | est_01008 | est_01010 | est_01014 | est_01015 | est_01017 | est_01018 | est_01019 | est_01021 | est_01022 | est_01026 | est_01027 | est_01028 | est_01029 | est_32114 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ENERO | 21.12 | 18.30 | 21.47 | 22.12 | 19.75 | 21.12 | 21.16 | 21.67 | 21.37 | 22.04 | 21.75 | 21.15 | 21.06 | 20.18 |
| FEBRERO | 22.35 | 20.14 | 23.47 | 24.15 | 22.04 | 23.11 | 23.51 | 23.55 | 23.67 | 23.96 | 23.49 | 23.40 | 22.70 | 22.18 |
| MARZO | 24.42 | 22.07 | 25.90 | 26.46 | 24.51 | 25.87 | 26.19 | 25.80 | 26.37 | 26.56 | 26.19 | 26.10 | 24.71 | 25.10 |
| ABRIL | 26.62 | 24.67 | 27.86 | 28.75 | 26.29 | 27.96 | 28.29 | 28.00 | 28.53 | 29.01 | 28.38 | 27.86 | 27.05 | 27.44 |
| MAYO | 28.50 | 26.38 | 29.63 | 30.36 | 28.46 | 29.81 | 29.75 | 29.84 | 30.15 | 30.60 | 30.09 | 29.35 | 28.21 | 28.68 |
| JUNIO | 27.44 | 25.33 | 28.63 | 28.69 | 27.04 | 28.29 | 27.87 | 28.33 | 29.05 | 29.39 | 28.87 | 28.15 | 27.18 | 27.90 |
| JULIO | 25.23 | 22.33 | 26.02 | 26.24 | 24.47 | 25.48 | 25.19 | 25.60 | 26.13 | 27.02 | 26.27 | 26.40 | 25.05 | 26.07 |
| AGOSTO | 25.19 | 22.18 | 26.02 | 25.96 | 24.51 | 25.50 | 25.14 | 25.27 | 25.87 | 26.67 | 25.72 | 26.08 | 25.10 | 25.94 |
| SEPTIEMBRE | 24.64 | 21.68 | 25.35 | 25.75 | 23.87 | 24.95 | 24.58 | 24.84 | 25.56 | 25.89 | 25.41 | 25.64 | 24.39 | 24.92 |
| OCTUBRE | 23.67 | 21.18 | 24.89 | 25.33 | 23.41 | 24.59 | 24.42 | 24.93 | 24.95 | 25.83 | 24.99 | 25.15 | 23.85 | 24.03 |
| NOVIEMBRE | 22.76 | 20.34 | 23.69 | 24.14 | 22.33 | 23.85 | 23.70 | 23.96 | 24.06 | 24.20 | 23.70 | 23.93 | 23.15 | 22.88 |
| DICIEMBRE | 21.47 | 18.65 | 22.01 | 22.53 | 20.28 | 21.77 | 21.80 | 21.97 | 22.23 | 22.38 | 22.20 | 22.27 | 21.21 | 21.37 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>n</i> | 343 | 330 | 330 | 328 | 329 | 329 | 329 | 328 | 329 | 344 | 331 | 332 | 330 | 252 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

| MES | est_01030 | est_01031 | est_01032 | est_01034 | est_01074 | est_01075 | est_01082 | est_01083 | est_01084 | est_01089 | est_32033 | est_32051 | est_32072 | est_32126 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ENERO | 22.05 | 21.50 | 20.74 | 21.14 | 23.73 | 22.80 | 20.42 | 22.67 | 20.71 | 20.81 | 22.29252 | 20.9099 | 18.53 | 20.06 |
| FEBRERO | 24.02 | 23.61 | 23.01 | 23.08 | 26.55 | 25.47 | 23.08 | 25.82 | 23.40 | 23.23 | 24.50816 | 22.77525 | 20.99 | 22.35 |
| MARZO | 26.48 | 25.18 | 25.84 | 25.74 | 28.68 | 28.25 | 25.51 | 28.19 | 25.91 | 25.39 | 27.34186 | 25.18317 | 23.92 | 24.07 |
| ABRIL | 28.61 | 28.00 | 27.80 | 27.85 | 30.66 | 30.56 | 27.58 | 29.99 | 28.02 | 26.79 | 29.3817 | 27.42644 | 26.04 | 26.27 |
| MAYO | 30.56 | 29.71 | 29.68 | 29.52 | 32.21 | 31.88 | 28.96 | 31.65 | 29.83 | 28.51 | 30.81313 | 29.18273 | 27.77 | 28.69 |
| JUNIO | 29.53 | 28.93 | 28.12 | 27.98 | 31.13 | 30.88 | 28.17 | 30.53 | 28.59 | 27.88 | 29.7251 | 27.65517 | 26.16 | 27.01 |
| JULIO | 27.09 | 26.30 | 25.78 | 25.85 | 28.01 | 27.89 | 25.31 | 28.59 | 26.22 | 24.87 | 27.27002 | 25.04867 | 23.98 | 25.12 |
| AGOSTO | 26.81 | 26.18 | 25.63 | 25.42 | 28.09 | 27.66 | 25.91 | 28.58 | 26.52 | 25.33 | 26.90959 | 25.27994 | 24.32 | 24.71 |
| SEPTIEMBRE | 26.29 | 25.42 | 25.24 | 24.87 | 27.09 | 26.36 | 24.89 | 27.94 | 25.66 | 24.83 | 26.67521 | 24.53563 | 23.50 | 23.17 |
| OCTUBRE | 25.68 | 25.40 | 24.26 | 24.79 | 27.03 | 25.83 | 24.68 | 26.13 | 25.24 | 24.38 | 26.22506 | 23.75324 | 23.00 | 23.09 |
| NOVIEMBRE | 24.34 | 24.07 | 23.52 | 23.43 | 26.42 | 25.87 | 23.14 | 25.80 | 23.86 | 23.52 | 25.07644 | 23.52048 | 21.20 | 22.50 |
| DICIEMBRE | 22.66 | 22.71 | 21.75 | 21.82 | 24.83 | 24.08 | 21.50 | 23.71 | 21.98 | 22.05 | 23.18873 | 21.99543 | 19.32 | 20.09 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>n</i> | 332 | 315 | 317 | 317 | 231 | 233 | 232 | 235 | 232 | 222 | 348 | 348 | 324 | 228 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Tabla 3. Temperatura máxima en la región baio estudio

TEMPERATURA MINIMA

| MES | est_01008 | est_01010 | est_01014 | est_01017 | est_01018 | Est_01019 | est_01021 | est_01022 | est_01026 | est_01027 | est_01028 | est_01029 | est_01030 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| enero | 4.57 | 2.22 | 1.79 | 4.13 | 4.01 | 3.40 | 4.30 | 2.82 | 4.11 | 5.45 | 0.74 | 5.45 | 4.41 |
| febrero | 5.06 | 2.62 | 2.52 | 4.97 | 5.01 | 4.41 | 4.85 | 3.42 | 5.17 | 5.97 | 1.22 | 5.91 | 5.57 |
| marzo | 7.12 | 5.28 | 5.09 | 7.19 | 7.41 | 6.81 | 6.99 | 5.77 | 7.81 | 8.07 | 4.09 | 7.79 | 8.40 |
| abril | 9.31 | 7.85 | 7.94 | 9.74 | 10.11 | 9.54 | 9.30 | 8.18 | 9.76 | 10.48 | 6.26 | 10.08 | 11.15 |
| mayo | 11.23 | 9.71 | 10.82 | 12.14 | 12.59 | 11.98 | 11.84 | 11.10 | 11.80 | 12.84 | 8.98 | 11.83 | 14.14 |
| junio | 11.34 | 10.23 | 13.06 | 13.74 | 13.82 | 13.28 | 12.81 | 13.03 | 12.83 | 14.31 | 11.86 | 12.31 | 15.35 |
| julio | 10.91 | 9.55 | 12.67 | 13.14 | 13.39 | 12.75 | 12.45 | 12.85 | 12.24 | 13.97 | 11.72 | 11.94 | 14.67 |
| agosto | 11.12 | 9.39 | 12.24 | 12.98 | 13.02 | 12.47 | 11.94 | 12.35 | 11.76 | 13.80 | 11.26 | 11.65 | 14.34 |
| septiembre | 10.35 | 8.24 | 11.54 | 12.36 | 12.41 | 11.94 | 11.34 | 11.66 | 11.57 | 13.42 | 10.57 | 11.19 | 13.73 |
| octubre | 8.88 | 6.89 | 8.30 | 9.86 | 9.89 | 9.40 | 8.85 | 8.65 | 9.90 | 10.68 | 7.50 | 9.84 | 11.07 |
| noviembre | 6.82 | 4.47 | 4.25 | 6.70 | 6.52 | 6.08 | 6.33 | 4.88 | 6.16 | 7.96 | 3.81 | 6.72 | 7.37 |
| diciembre | 5.37 | 3.36 | 2.86 | 5.37 | 5.13 | 4.59 | 4.87 | 3.69 | 4.86 | 6.48 | 1.89 | 5.80 | 5.37 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>n</i> | 344 | 330 | 330 | 329 | 329 | 329 | 328 | 329 | 344 | 331 | 332 | 330 | 332 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

| MES | est_01031 | est_01032 | est_01034 | est_01074 | est_01075 | est_01082 | est_01083 | est_01084 | est_01089 | est_32033 | est_32051 | est_32072 | est_32114 | est_32126 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| enero | 3.45 | 2.69 | 2.61 | 3.62 | 2.96 | 2.61 | 3.44 | 2.64 | 3.52 | 3.19 | 2.49 | 3.67 | 2.89 | 4.38 |
| febrero | 4.00 | 3.28 | 2.68 | 4.81 | 3.73 | 3.34 | 4.12 | 3.37 | 4.78 | 4.03 | 3.61 | 4.30 | 3.60 | 5.64 |
| marzo | 5.59 | 5.20 | 4.96 | 6.94 | 5.52 | 5.56 | 6.24 | 5.42 | 6.76 | 6.63 | 5.54 | 6.58 | 5.01 | 6.90 |
| abril | 8.22 | 7.63 | 7.20 | 8.86 | 8.34 | 7.27 | 8.92 | 7.70 | 9.58 | 9.41 | 8.23 | 9.22 | 7.84 | 9.16 |
| mayo | 10.65 | 10.40 | 9.17 | 12.18 | 11.68 | 10.15 | 12.29 | 11.19 | 11.84 | 12.39 | 10.41 | 11.60 | 10.62 | 11.54 |
| junio | 12.57 | 11.81 | 11.32 | 13.52 | 13.67 | 11.09 | 14.03 | 12.84 | 13.15 | 14.11 | 11.84 | 12.89 | 12.34 | 11.72 |
| julio | 12.11 | 11.43 | 11.74 | 13.50 | 13.38 | 10.97 | 13.98 | 12.55 | 12.58 | 13.39 | 11.56 | 12.38 | 12.13 | 11.93 |
| agosto | 12.17 | 11.25 | 11.22 | 12.72 | 12.84 | 10.74 | 13.34 | 12.31 | 12.46 | 13.16 | 11.50 | 12.44 | 11.83 | 11.56 |
| septiembre | 11.42 | 10.59 | 10.74 | 12.16 | 12.02 | 9.81 | 12.57 | 11.40 | 11.73 | 12.57 | 10.89 | 11.93 | 10.88 | 10.51 |
| octubre | 9.21 | 8.17 | 8.07 | 9.65 | 8.96 | 7.33 | 9.48 | 8.96 | 9.22 | 9.74 | 8.24 | 9.46 | 8.28 | 8.65 |
| noviembre | 5.67 | 5.15 | 4.26 | 5.85 | 5.77 | 4.17 | 5.89 | 4.85 | 6.21 | 5.70 | 5.09 | 6.37 | 4.36 | 6.62 |
| diciembre | 4.39 | 3.83 | 3.29 | 4.21 | 4.21 | 3.30 | 4.52 | 3.48 | 4.65 | 4.27 | 3.57 | 4.95 | 3.21 | 4.73 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>n</i> | 315 | 317 | 317 | 231 | 233 | 232 | 235 | 232 | 222 | 348 | 348 | 312 | 252 | 228 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Tabla 4. Temperatura Mínima en la región bajo estudio

Analysis of Variance (agrup.sta)

Marked effects are significant at $p < .05000$

| | SS | df | MS | SS | df | MS | F | p |
|---------|--------|--------|--------|-----------|-------|----------|------|------|
| | Effect | Effect | Effect | Error | Error | Error | | |
| CE | 0.17 | 1 | 0.17 | 0.49 | 8 | 0.06 | 2.71 | 0.14 |
| PH | 5.76 | 1 | 5.76 | 4.73 | 8 | 0.59 | 9.73 | 0.01 |
| CAR_ORG | 0.15 | 1 | 0.15 | 0.47 | 8 | 0.06 | 2.61 | 0.15 |
| MO | 0.50 | 1 | 0.50 | 1.52 | 8 | 0.19 | 2.62 | 0.14 |
| CIC | 115.80 | 1 | 115.80 | 318.85 | 8 | 39.86 | 2.91 | 0.13 |
| PSB | 852.04 | 1 | 852.04 | 1442.86 | 8 | 180.36 | 4.72 | 0.06 |
| NA | 0.45 | 1 | 0.45 | 1.16 | 8 | 0.14 | 3.11 | 0.12 |
| PSNA | 5.03 | 1 | 5.03 | 20.52 | 8 | 2.56 | 1.96 | 0.20 |
| K | 6.55 | 1 | 6.55 | 16.61 | 8 | 2.08 | 3.16 | 0.11 |
| CA | 4.78 | 1 | 4.78 | 376.91 | 8 | 47.11 | 0.10 | 0.76 |
| MG | 3.74 | 1 | 3.74 | 4.65 | 8 | 0.58 | 6.44 | 0.03 |
| P | 149.57 | 1 | 149.57 | 139360.67 | 8 | 17420.08 | 0.01 | 0.93 |
| P_EXT | 28.03 | 1 | 28.03 | 26116.97 | 8 | 3264.62 | 0.01 | 0.93 |

Tabla 5. Análisis de Varianza agrupando variables edáficas el tipo de compatibilidad sexual.

Analysis of Variance (agrup.sta)

Marked effects are significant at $p < .05000$

| | SS | df | MS | SS | df | MS | F | p |
|----------|-----------|--------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|
| | Effect | Effect | Effect | Error | Error | Error | | |
| PPEC_MIN | 810.315 | 1 | 810.315 | 7134.2431 | 8 | 891.78038 | 0.9086486 | 0.3683831 |
| PPEC_MAX | 2417.37 | 1 | 2417.37 | 7610.4764 | 8 | 951.30955 | 2.5410972 | 0.1495836 |
| TMIN_MAX | 0.1624632 | 1 | 0.1624632 | 0.7220589 | 8 | 0.0902574 | 1.8 | 0.2165473 |
| TMAX_MAX | 0.161963 | 1 | 0.161963 | 0.7198354 | 8 | 0.0899794 | 1.8 | 0.2165473 |
| TMIN_MIN | 0.4934876 | 1 | 0.4934876 | 0.5428364 | 8 | 0.0678545 | 7.2727273 | 0.0272086 |
| TMAX_MIN | 0.4921312 | 1 | 0.4921312 | 0.5421584 | 8 | 0.0677698 | 7.2618074 | 0.027294 |
| OT | 0.0894455 | 1 | 0.0894455 | 1.1677561 | 8 | 0.1459695 | 0.6127684 | 0.4562919 |

Tabla 6. Análisis de Varianza agrupando variables de clima según el tipo de compatibilidad sexual.