

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

**POSGRADO EN MANEJO DE AREAS DE TEMPORAL**



**INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE MARCHITEZ Y PUDRICIÓN DEL  
COGOLLO DEL AGAVE (*Agave tequilana* Weber variedad azul) EN LA  
ZONA SUR DE JALISCO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**ROBERTO ANTONIO CASTRO VALERA**

**ZAPOPAN, JALISCO. DICIEMBRE DE 2003**

La presente tesis titulada “**INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE MARCHITEZ Y PUDRICIÓN DEL COGOLLO DEL AGAVE (*Agave tequilana* Weber variedad azul) EN LA ZONA SUR DE JALISCO**” fue realizada por el alumno Roberto Antonio Castro Valera bajo la dirección del Consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
MANEJO DE AREAS DE TEMPORAL**

**Consejo Particular**

**Director:** \_\_\_\_\_

**DR. Gil Virgen Calleros**

**Asesor:** \_\_\_\_\_

**DR. José Luis Martínez Ramírez**

**Asesor:** \_\_\_\_\_

**M. C. Ramón Rodríguez Ruvalcaba**

Zapopan, Jalisco, Diciembre del 2003.

## DEDICATORIAS

A mi esposa

**Elpidia Sevilla Castro**

A mis hijos

**Roberto Jorge, Mario Alejandro, Víctor Hugo**

A mis padres

**Roberto Castro Mendoza (†) y Teresa Margarita Valera Almaraz**

A mis hermanos

**Martha Elena,**

**Blanca Estela**

**Jorge Arturo**

**Raquel Ana**

**Mario Arnulfo,**

**Karina Paola**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Universidad de Guadalajara**

Por mi formación.

Al **MC. Salvador Mena Munguía**

Rector del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Por sus enseñanzas como maestro y amigo y el apoyo que me ha brindado como Rector del Centro.

**MC. Santiago Sánchez Preciado**

Srio. Académico del C.U.C.B.A.

Por la generosidad dispensada a mi persona y el apoyo para concluir este trabajo, y por permitirme gozar de su valiosa amistad.

A mi cuerpo tutorial

**Dr. Gil Virgen Calleros**

**Dr. José Luis Martínez Ramírez**

**MC. Ramón Rodríguez Ruvalcaba**

Al **Dr. Juan Francisco Casas Salas**

Por el impulso fraterno que me brindó para concluir este trabajo.

Al **MC. Salvador Hurtado de la Peña**

Gracias Maestros, Compañeros y Amigo

Al **MC. Aurelio Pérez González**

Por el ánimo y apoyo para concluir este trabajo y su amistad.

**Sra. Ana Maria Sánchez**

**Sra. Esther Guadalupe Abarca**

Por la bondad de sus atenciones para resolver los contratiempos que se suscitaron durante el transcurso de esta investigación.

**A mi amigo Edgardo Encarnación Maldonado**

Por su amistad y el apoyo que me brindó para la redacción de este trabajo de investigación.

**A mi amigo Gabriel Eduardo Torres Rodríguez**

Por su amistad

**A mis amigos**

**Lic. Roberto Guzmán Neri**

**Ing. Mario Méndez Jiménez,**

**Lic. José de Jesús Quintana Contreras**

**Ing. Ricardo Vázquez González**

**Ing. Victor Hugo Larios Barragán**

Por su sincera amistad.

**INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE MARCHITEZ Y PUDRICIÓN DEL COGOLLO  
DEL AGAVE (*Agave tequilana* Weber variedad azul) EN LA ZONA SUR DE  
JALISCO**

## CONTENIDO

|              |   |         |
|--------------|---|---------|
| RESUMEN      | .....   | I       |
| ABSTRACT     | .....   | II      |
| CAPITULO I   | INTRODUCCIÓN  | ..... 1 |
| CAPITULO II  | REVISIÓN DE LITERATURA  | 4       |
|              | 2.1. Jalisco como zona de denominación de origen del tequila...                       | 4       |
|              | 2.2. El cultivo de agave ( <i>Agave tequilana</i> Weber var. azul).....               | 4       |
|              | 2.2.1. Etnobotánica.....  | 5       |
|              | 2.2.2. El cultivo del agave.....  | 5       |
|              | 2.2.3. Taxonomía.....   | 6       |
|              | 2.2.4 <i>Agave tequilana</i> Weber.....   | 7       |
|              | 2.2.5 Descripción botánica.....   | 7       |
|              | 2.3 Requerimientos Agroecológicos del agave.....                                      | 8       |
|              | 2.4 Antecedentes patológicos del género agave.....                                    | 9       |
|              | 2.5 Enfermedades del <i>Agave tequilana</i> Weber variedad azul....                   | 11      |
|              | 2.5.1. Criterio para evaluación de daño.....  | 13      |
|              | 2.5.2. Enfermedades causantes de la pudrición del cogollo<br>y marchitez.....         | 15      |
|              | 2.5.2.1. Pudrición del cogollo <i>Erwinia sp.</i> ....                                | 15      |
|              | 2.5.2.2. Marchitez por <i>Fusarium oxysporum</i> .....                                | 18      |
|              | 2.6 Monitoreo de enfermedades.....  | 22      |
|              | 2.7 Métodos recientes de muestreo.....  | 22      |
|              | 2.7.1. Parámetros de confiabilidad.....   | 23      |
| CAPITULO III | MATERIALES Y METODOS.....   | 24      |
|              | 3.1 Descripción del área de estudio.....  | 24      |
|              | 3.2 Elección de los sitios a muestrear.....   | 25      |
|              | 3.3 Tipo de muestreo.....   | 25      |
|              | 3.4 Cuantificación de incidencia y severidad.....                                     | 26      |
|              | 3.5 Incidencia y severidad de <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Erwinia</i><br><i>sp</i> | 27      |
|              | 3.5.1. Diseño experimental.....   | 27      |
|              | 3.6 Toma de muestras de material enfermo en campo.....                                | 28      |
|              | 3.7 Aislamiento de patógenos en el laboratorio.....                                   | 29      |
|              | 3.7.1. Aislamiento e identificación de <i>Erwinia sp.</i> .....                       | 29      |
|              | 3.7.2. Aislamiento e identificación de <i>Fusarium sp.</i> .....                      | 29      |
|              | 3.8 Prueba de patogenicidad para <i>Erwinia sp.</i> .....                             | 29      |

|   |    |
|---|----|
| CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 31 |
| 4.1 Calificación del grado de daño..... | 31 |
| 4.2 Análisis estadístico.....           | 38 |
| 4.3 Discusión.....                      | 39 |
| <br>                                    |    |
| CAPITULO V CONCLUSIONES.....            | 42 |
| CAPITULO VI LITERATURA CITADA.....      | 43 |
| CAPITULO VII APÉNDICE.....              | 55 |



## INDICE DE CUADROS

| Cuadro  | Pág. |
|---|------|
| 1 Fitopatógenos asociados al cultivo del <i>Agave tequilana</i> Weber variedad azul (1998)..... | 12   |
| 2 Escala para evaluar el daño por marchitez provocada por <i>Fusarium oxysporum</i> .....       | 14   |
| 3 Escala para evaluar el daño por marchitez del agave por <i>Erwinia</i> sp.....                | 14   |
| 4 Resultados de la esperanza y presencia de enfermedades.....                                   | 39   |

## INDICE DE FIGURAS

| Figura   |    |
|--|----|
| 1 Síntomas de pudrición del cogollo <i>Erwinia</i> sp.   | 17 |
| 2 Sintomatología de marchitez por <i>Fusarium oxysporum</i>  | 20 |
| 3 Grado de severidad por <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Erwinia</i> sp. en el municipio de Autlan de Navarro.....              | 31 |
| 4 Grado de severidad por <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Erwinia</i> sp. en el municipio de Cocula, Jalisco.....                | 32 |
| 5 Grado de severidad por <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Erwinia</i> sp. en el municipio de Jocotepec, Jalisco. ....            | 33 |
| 6 Grado de severidad por <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Erwinia</i> sp. en el municipio de Villa Corona, Jalisco.....          | 34 |
| 7 Grado de severidad por <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Erwinia</i> sp. en el municipio de Tonaya, Jalisco.....                | 34 |
| 8 Grado de severidad por de <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Erwinia</i> sp. en el municipio de San Gabriel, Jalisco.....        | 35 |
| 9 Grado de severidad por de <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Erwinia</i> sp. en el municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco..... | 36 |
| 10 Grado de severidad e incidencia por <i>Erwinia</i> sp en la zona Sur del Estado de Jalisco.....                             | 37 |
| 11 Grado de severidad e incidencia por <i>Fusarium oxysporum</i> en la   |    |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Sur del Estado de Jalisco..... | 38 |
|--------------------------------|----|

## **APÉNDICE**

### Gráficos

|  |    |
|--|----|
| 1 Formato de Recolección de datos de campo.....              | 56 |
| 2 Información estadística Enero – Diciembre, 1995-2002 ..... | 57 |
| 3 Consumo de agave para tequila y exportación.....           | 58 |
| 4 Exportación de tequila.....                                | 59 |

## RESUMEN

La región Sur del Estado de Jalisco, se ha destacado por un incremento acelerado en la siembra de agave, pero aunado a este crecimiento se ha presentado un notable incremento de enfermedades que afectan al agave (*Agave tequilana* Weber variedad azul), lo que ha provocado considerables pérdidas en este cultivo, encarecimiento del mismo, costos del producto final, además de la falta de información sobre las enfermedades que lo atacan y su manejo adecuado. Ante esta situación, con el presente trabajo se determinó: el estado fitosanitario en el cultivo de agave (*Agave tequilana* L. Weber variedad azul) en la región Sur del Estado de Jalisco en relación a *Fusarium* sp y *Erwinia* sp. y se estableció la distribución espacial de la marchitez y la pudrición del cogollo en agave. El trabajo se realizó durante los años 2001 y 2002. Se aislaron los patógenos *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp, en laboratorio para la determinación de su patogenicidad. Respecto a la distribución de *Erwinia* sp y *Fusarium* sp se encontraron en todos los municipios de la zona Sur, así mismo *Erwinia* tuvo una incidencia del 64 %, mientras que *Fusarium* tuvo una incidencia del 40%.

Palabras clave: Agave, *Fusarium*, *Erwinia*.

## ABSTRACT

The increase diseases that affect agaves (*Agave tequilana* Weber var. azul), have produced high losses in this crop, price raises, as well as raises in costs of the final product, the are the small amount of information about the diseases that attack this crop and not adequate management strategies. There has been an excessive use of pesticide that has only expensibility the cost of crop production. This work have the next goals: stabilished the phytosanitary status in agave crop (*Agave tequilana* L. Weber blue variety ) in the South of the Jalisco State; on *Fusarium oxysporum* and *Erwinia* sp. Diseases plants of agave where collected with different degree of damage and by *Fusarium oxysporum* and *Erwinia* sp from the production areas of the South State of Jalisco, during the years 2001 to 2002, the samples where

processed in the laboratory, the isolation showed the presence of : *Fusarium oxysporum* and *Phytophthora sp.*. The bacteria *Erwinia sp.* was isolated and identified. Was determined that *Fusarium oxysporum* and *Erwinia sp.* are the most important pathogens. Respect to the *Erwinia sp.* And *Fusarium sp.* Distribution there was found in all of the south counties, so was the *Erwinia* that had a 64 % incidence while the *Fusarium sp.* had an incidence of 40%.

Key words: Agave, *Fusarium*, *Erwinia*.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

Con los tratados de libre comercio con América del Norte y Europa se ha dado la apertura comercial con mayor auge en los últimos 10 años, hecho que ha favorecido a nuestro país en su comercio exterior, mejorando sustancialmente su economía gracias a la calidad y competitividad de sus productos (Luna, 1998).

Tal es el caso del tequila, la bebida alcohólica de mayor tradición en el país que en pocos años a pasado a convertirse en uno de los mercados más promisorios para el comercio internacional mexicano (Valenzuela, 1997).

México es el único productor de *Agave tequilana* Weber, variedad azul en el mundo, siendo Jalisco el principal abastecedor nacional de esta importante materia prima indispensable para la elaboración del tequila, rebasando las 201 millones de plantas de diversas edades, distribuidas en 54 municipios de las tres regiones principales del Estado, la zona de los Altos, la zona Centro y la zona Sur del mismo (CRT, 1998).

El consumo de agave procesado aumentó considerablemente, en el año de 1995 se produjeron 283 millones 617,306 kilogramos, para 1998 ésta fue de 672 millones 130,177 kilogramos (CRT, 1999).

En el renglón de las exportaciones se tiene que para 1998 se enviaron 86 millones 534,000 litros de esta popular bebida siendo los Estados Unidos de Norteamérica el principal consumidor con un 80 %, el resto se envió a más de 60 países de Europa y Asia principalmente, dichas ventas arrojaron una derrama económica que oscila en los 200 millones de dólares (SAGAR, 1999).

La reciente demanda de agave en la industria tequilera ha provocado un aumento en la superficie cultivada de dicho cultivo, representando una actividad agrícola importante para Jalisco, así mismo para la región sur del propio Estado, sin embargo a pesar de ello existen diversos factores que limitan la producción de esta especie vegetal entre los cuales destacan los problemas fitosanitarios de plagas y malezas.

La importancia de las enfermedades de las plantas no sólo radica en las pérdidas económicas que representan y que deben medirse por el daño que ocasionan, sino también por los costos de los tipos de plantas que pueden cultivarse en determinadas zonas (Martínez, 1978).

El agave al igual que otros cultivos es atacado por un sin número de fitopatógenos a pesar de la aparente rusticidad que presenta dicha planta, esto ha traído como consecuencia problemas de mercadotecnia en virtud de la escasez de material vegetativo tanto para la industria así como para la propagación del mismo cultivo, ya que los métodos alternativos de reproducción vegetativa aún se encuentran en fase experimental sin comprobar su efectividad en campo (Rodríguez, 2002).

En la región Sur no obstante de conocer algunas de las enfermedades de tipo infeccioso dentro de los factores limitantes del cultivo no se cuenta con suficiente información que ubique la formación del problema. Por ello se considera necesario realizar estudios regionales que muestren la condición fitosanitaria que prevalece en una zona ya que son de suma utilidad para determinar la incidencia, distribución y el riesgo potencial de ciertos patógenos y las enfermedades que inducen, especialmente aquellas contempladas en el síndrome de marchitez y pudrición del cogollo en *Agave tequilana*, con ello se podrán establecer las estrategias de control fundamentadas en los aspectos antes señalados.

Por tales motivos, para el desarrollo de este trabajo de investigación se plantean los objetivos y la hipótesis que a continuación se detallan:

#### OBJETIVO GENERAL

Determinar el estado fitosanitario en el cultivo de *Agave tequilana* Weber, variedad azul, en la zona Sur de Jalisco en relación a *Fusarium oxysporum* y *Erwinia sp.*

#### OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.- Precisar la etiología de los patógenos involucrados en la marchitez y pudrición del cogollo en agave en la zona Sur del Estado.

2.- Ubicar la distribución espacial de la marchitez y la pudrición del cogollo en agave, en la zona Sur de Jalisco.

#### HIPOTESIS

Los fitopatógenos que provocan la marchitez y pudrición del cogollo en *Agave tequilana* son debido a hongos y bacterias.

La incidencia, distribución y severidad de la pudrición y marchitez del cogollo en agave será mayor en predios de 4 años.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Jalisco como zona de denominación de origen del tequila

Dentro de las zonas de denominación de origen del tequila se encuentran Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Nayarit y Tamaulipas. De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación del 13 de octubre de 1997, los Estados y municipios que conforman la Denominación de Origen del Tequila, *Agave tequilana* Weber var. azul, son:

|            |                |
|------------|----------------|
| Jalisco    | 124 municipios |
| Guanajuato | 7              |
| Michoacán  | 30             |
| Nayarit    | 8              |
| Tamaulipas | 11             |

Las especificaciones físico-químicas del tequila son parte de la Norma Oficial Mexicana (NOM-006-SCFI-1994, Bebidas Alcohólicas Tequila Especificaciones) que fue publicada como proyecto de norma el 30 de agosto de 1994, aprobada el 13 de agosto de 1997 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de septiembre de 1997 (SECOFI, 1997). Las diferencias mas sobresalientes con respecto a la anterior radican en mencionar un método de prueba de la genuinidad, las condiciones de marcas, envases de origen, etiqueta y publicidad de los tequilas ciento por ciento de agave. El fabricante que cumpla las normas de esta elaboración podrá ostentar la leyenda “Elaborado 100 por ciento de agave”. Los fabricantes que utilizan una mezcla de azúcares de agave y otros azúcares deberán manifestar los porcentajes que utilizan de ambos para la elaboración de su tequila sin presentar leyendas alusivas a una autenticidad del ciento por ciento. (Vicente, 2002).

#### 2.2. El cultivo de agave (*Agave tequilana*, Weber variedad azul)

De ser un cultivo de traspasío, de terrenos de agostadero, o de ocupación en terrenos que no eran aptos para la agricultura de productos básicos, se ha



transformado en un cultivo importante dentro de lo que se denomina cultivos industrializables, y es precisamente en el Estado de Jalisco en donde su cultivo ha tenido en los últimos 13 años una influencia muy fuerte en la economía estatal, al generar fuentes de empleo y divisas nacionales e internacionales (Pérez, 2002).

### **2.2.1 Etnobotánica**

Los agaves fueron utilizados por las tribus mesoamericanas como alimento, bebidas y fibras principalmente y que junto con las cactáceas del género (*Opuntia*) fueron las primeras plantas domesticadas por las poblaciones prehispánicas que tuvieron sus asentamientos en las regiones áridas de México, las mismas han sido parte de la dieta humana desde hace más de 9,000 años (Nóbel, 1984).

El maguey era una creación divina representada por la diosa azteca del pulque llamada Mayahuel, deidad de los pueblos indígenas del Valle de Anauhac, las bebidas fermentadas obtenidas de los agaves eran de suma importancia para ellos, las incorporaban a sus ceremonias religiosas y místicas (Muria, 1990).

El pulque o jugo del agave es una bebida rústica, poco o no destilada elaborada a partir de la pulpa de agave fermentado que ha sido conocido como la bebida de los plebeyos entre los indígenas y mestizos de la mesa central (Gentry, 1982).

### **2.2.2. El cultivo del *agave***

El nombre “Agave”, viene del vocablo griego *Agavus* que significa “admirable” o “noble” y fue a partir de la especie *Agave americana* que Carlos Linneo empleó en 1753 para designar un grupo de plantas oriundas de América de mayor importancia comercial (de la Cerda, 1967). Salm Dyck en 1834 y 1869 describió 45 especies, Berger en 1915 describió 274 especies estableciendo tres subgéneros; *Manfreda*, *Littaea*, *Euagave*, su concepto de especie se basa en las variaciones vegetativas más que en la morfología floral (Gentry, 1982).

### 2.2.3. Taxonomía

|              |   |
|--------------|---|
| Reino:       | Vegetal.  |
| División:    | Fanerógamas.  |
| Subdivisión: | Angiospermas.   |
| Clase:       | Monocotiledóneas.   |
| Familia:     | Agavaceas.  |
| Género:      | Agave.  |
| Especie:     | tequilana   |
| Weber:       | Nombre del botánico europeo que la clasificó (López, 1990). |

El origen de la diversidad de variedades y morfoespecies de agave son el resultado de varias acciones, destacando entre ellas la selección de fenotipos sobresalientes en poblaciones nativas, la hibridación natural cuando algunos de éstos fenotipos coincidían en un mismo sitio y la dispersión de esta variación por los mismos habitantes, lo que semeja un caso de selección masal recurrente (Gil, 1997).

Por lo general la clasificación de las especies estuvo basada en características vegetativas y cuando las plantas presentaban diferencias significativas se consideraban como nuevas especies (Gil, 1997). Gentry (1982), consideró mejor la taxonomía basada en la morfología de la hoja y de la flor, la clasificación en grupos fue llevada a cabo basada principalmente en la morfología de hojas y flores y zonas geográficas donde se encontraron éstas plantas, identificando de ésta manera dos formas distintas en la inflorescencia, una que agrupó dentro del subgénero *Littaea*, presenta flores unidas al eje floral, en pares, agrupadas y rara vez en racimos en pequeños grupos distintos, un ejemplo *Agave obscura*.

Por otro lado, las plantas con flores paniculadas en grandes grupos con umbelas en ramas laterales fueron agrupados en el Subgénero *Agave* (subgénero *Euagave* de autores previos), con *Agave tequilana* como un ejemplo típico (Gil, 1997).

Durante varias décadas la elaboración de tequila se llevó a cabo a partir de diferentes variedades o especies afines a *Agave tequilana*. Pérez (1987) mencionó que los agaves con los cuales se producía el tequila eran diferentes variedades y

que se conocían con los nombres regionales de: “mezcal chino”, “azul”, “bermejo”, “siguin”, “mano larga”, “zopilote”, “pata de mula” y otros más, sin especificar cuales.

#### **2.2.4. *Agave tequilana* Weber**

En la actualidad la especie de *agave* (*Agave tequilana* Weber variedad azul) es cultivada en alrededor de 50,000 ha bajo condiciones de temporal en el Estado de Jalisco, misma que sirve como materia prima para la elaboración del tequila y es señalada como la mayor agavacea cultivada en el mundo.

*Agave tequilana* Weber pertenece al subgénero *Agave* y a la selección Rigidae, misma que pertenecen las especies cultivadas para producción de fibras, como el henequén (*A. fourcroydes* em.) y el (*A. angustifolia* Perrine) para la elaboración del mezcal en Oaxaca (Gentry, 1982)

#### **2.2.5. Descripción botánica.**

Es una planta surculosa que se extiende radicalmente, de 1.2 a 1.8 metros de altura. Su tallo es grueso, corto de 30 a 50 cm. de altura al madurar. Las hojas de 90 a 120 x 8 a 12 cm lanceoladas, acuminadas, de fibras firmes, casi siempre rígidamente estiradas, cóncavas, de ascendentes a horizontales. Lo más ancho de las hojas se encuentran hacia la mitad y son angostas y gruesas hacia la base, generalmente de color glauco azulado a verde grisáceo. El margen de las hojas es recto ondulado o repando; los dientes generalmente son de tamaño regular y espaciados irregularmente, en su mayoría de 3 a 6 mm de largo a la mitad de la hoja. Los ápices de los dientes son delgados, curvos o flexos desde poca altura de la base piramidal. Los dientes son de color café claro oscuro, de 1 a 2 cm de separación; rara vez son remotos o largos. La espina por lo general es corta de 1 a 2 cm de largo, rara vez larga achatada o abiertamente surcada de arriba, su base es ancha, de color café oscura decurrente o no decurrente. La inflorescencia es una panícula de 5 a 6 metros de altura y densamente ramosa o largo, con 20 a 25 umbelas largas difusas de flores verdes y estambres rosados. Las flores son de 68 a 75 mm de largo con bractéolas sobre los pedicelos de 3 a 8 mm de longitud. El ovario es de 32 a 38

mm de largo, cilíndrico con cuello corto, inconstricto, casi terminado en punta sobre la base. El tubo floral es de 10mm de profundidad, de 12 mm de ancho, funeliforme y surcado. Los pétalos son desiguales de 25 a 28mm de longitud por 4mm de ancho, lineares, erectos pero rápidamente flojos en la anthesis, cambiando entonces a cafesosos y secos. Los filamentos miden de 45 a 50 mm de largo doblados hacia adentro junto al pistilo, insertados de 7 a 5 mm cerca de la base del tubo; las anteras son de 25 mm de largo. El fruto es una cápsula ovada o brevemente cuspidada (Gentry, 1982).

### **2.3. Requerimientos agroecológicos del agave**

La altitud que requiere la planta de agave para su desarrollo es de 1000 - 2400 msnm, con respecto a precipitación, las regiones productoras mas importantes de agave, localizadas en el estado de Jalisco, México, presentan una precipitación anual que va de 700 a 1000 mm (Ruiz *et al.*, 1997; Flores *et al.*, 2000).

El agave prospera en regiones con atmósfera seca a moderadamente seca en la mayor parte del año. Presenta una pobre tolerancia a las bajas temperaturas. La absorción celular se reduce a la mitad cuando las temperaturas descienden al nivel de 6°C. El agave que es menos tolerante a bajas temperaturas (*Agave sisalana*) reduce a la mitad su absorción celular a 6.4° C y los dos agaves mas tolerantes (*Agave parryi* y *Agave utahensis*) reduce su absorción celular a -19° C. Por esta razón *Agave tequilana* probablemente no puede ser cultivado en regiones donde ocasionalmente ocurren temperaturas de -7°C ó inferiores. Por otro lado, la hoja de este agave puede tolerar temperaturas de hasta 55° C (Nobel *et al.*, 1998). Trece de las 19 especies de agave que han sido examinadas a la fecha, presentan mayor tolerancia a las bajas temperaturas que *Agave tequilana* (Nobel *et al.*, 1998).

La asimilación de CO<sub>2</sub> es favorecida por temperaturas diurnas/nocturnas de bajas a moderadas y disminuye drásticamente en ambientes donde las temperaturas del aire diurnas/nocturnas son altas (Pimienta *et al.*, 2001). La asimilación neta diaria de CO<sub>2</sub> sobre periodos de 24 horas para hojas de esta especie es mayor para temperaturas diurnas/nocturnas 15° C/5° C, disminuyendo 19% a 25° C/15° C y 72% a 35° C/25° C (Nobel *et al.*, 1998); (Ruiz *et al.*, 1999). El agave presenta Q10

(Incremento fraccional de la respiración por cada incremento de 10° C en la temperatura del aire) promedio de 2.17 al pasar de 5 a 15° C, 2.55 al pasar de 15° a 25° C y 2.67 de 25° a 35° C (Nobel *et al.*, 1998). La temperatura base de desarrollo del agave se encuentra en los 11° C, requiriendo 85 unidades calor para la emisión de una hoja en agave de un año y 45 unidades calor en agaves de siete años (Flores *et al.*, 2000). En cuanto a la luz solar, *agave tequilana* prefiere días soleados la mayor parte del año (Ruiz *et al.*, 1999).

Los agaves prefieren suelos de textura media, por ejemplo suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos. Aunque en zonas con baja precipitación prefieren suelos con mayor retención de humedad, es decir suelos de textura pesada, como arcillosos o limo-arcillosos, pero pueden desarrollarse adecuadamente en suelos delgados a profundos. Además el género *Agave* presenta una ligera a intermedia tolerancia a sales y prospera mejor en un rango de pH de 6.0 a 8.0; no son recomendables suelos con problemas de acidez o alcalinidad (FAO, 1994).

El agave puede desarrollarse en terrenos con alto grado de pendiente, con drenaje superficial muy eficiente, y considerados no aptos para la agricultura tradicional. Sin embargo, bajo estas condiciones deben realizarse prácticas de conservación de suelo y agua para asegurar un ambiente favorable para el cultivo. En terrenos planos se corre el riesgo de tener problemas de encharcamientos, lo cual es perjudicial para el cultivo ya que puede propiciar la aparición de enfermedades (Ruiz *et al.*, 1999). Los agaves requieren suelos con drenaje de bueno a excelente (FAO, 1994). Dado que el *Agave tequilana* frecuentemente se cultiva en terrenos de ladera, es conveniente procurar no plantar en terrenos de ladera norte, sobre todo en regiones donde las heladas de tipo advectivo son frecuentes. En regiones de altitud superior a 1800 – 2000 msnm, donde comúnmente, se presentan asentamientos de aire muy frío (Ruiz *et al.*, 1999).

#### **2. 4. Antecedentes patológicos del género *Agave*.**

Cualquier alteración de una planta que interfiera con su estructura normal, funcionamiento o valor económico se le denomina enfermedad ( Agrios , 1985). El daño causado por enfermedades de las plantas se observa a simple vista y es consecuencia del desarrollo de microorganismos dañinos dentro de ellas. Los

patógenos consumen de la planta sus alimentos y producen ciertas sustancias tóxicas que interfieren en su funcionamiento. La planta se defiende y en algunas ocasiones la enfermedad sucumbe sola, pero en otras prosigue hasta llegar a ser crónica o letal (Valenzuela, 1985).

La prevalencia y severidad de las enfermedades depende de la cantidad presente de inóculo, condiciones existentes en un área geográfica determinada, temperatura y humedad, pH y nutrientes del suelo, microflora, virulencia del patógeno y considera que la planta ha funcionado como vínculo eficaz para periodos de tiempo sobre todo si no se tiene el cuidado de eliminar la planta infectada.

El cultivo del *agave* tiene arraigo en México de mucho tiempo atrás ya que se viene cultivando desde el siglo XVII, no se habían presentado problemas fitosanitarios fuertes o bien eran considerados leves, de poca importancia económica, que atrajeran la atención de diversas investigaciones aunque esporádicas. (Luna, 1996). Sin embargo existen algunos antecedentes del género *agave* con relación a las enfermedades cuyos agentes causales son muy variados (Valenzuela, 1994). Señala una enfermedad llamada “gangrena” que afecta al *agave* en las raíces y la cabeza.

Otros autores señalan ciertos problemas fitosanitarios en torno al género *Agave*. Lezama (1952), menciona algunas de las plagas que afectan al cultivo del *agave*. Pérez (1980); y Villalvazo (1986), consignan que dos de las enfermedades fungosas más importantes que atacan al maguey pulguero (*Agave atrovirens* Kart), en la mesa central de México al igual que el *Agave tequilana* en Jalisco son la mancha negra (*Asterina mexicana* Ell y ev.) y la antracnosis (*Colletotrichum agaves*). Mesa (1959), señala al hongo (*Phytophthora* sp), como el causante de la pudrición del cogollo en el henequén (*Agave fourcroydes*). López (1990); señaló que el *agave* espadín (*Agave angustifolia*) del cual se obtiene mezcal de Oaxaca es atacado por diferentes enfermedades y agentes causales mancha cebra (*Alternaria* sp), punta seca (*Fusarium* sp), fumagina (*Capnodium*), secazón (*Erwinia*). Otras enfermedades en *Agave tequilana* lo son el tizon de las pencas causada por *Alternaria* sp, y *Stagonospora gigantea*; la pudrición roja de las pencas es causada

por *Chalariopsis sp*; pudrición de la raíz causada por los hongos *Armillaria melloso* y *Fusarium sp*, (Granados, 1993).

## **2.5. Enfermedades del *Agave tequilana* Weber, variedad azul**

Son muchos los factores que limitan la producción de *Agave tequilana*, Weber siendo las enfermedades uno de los más importantes. La literatura agrícola regional existente menciona que este cultivo es afectado por varias enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus principalmente (Ibarra, 2001). Las enfermedades del *Agave tequilana* representan grandes pérdidas económicas ya que el 23.3% del total de la superficie plantada con ésta especie vegetal en el Estado de Jalisco se encuentra dañada según el (CRT, 1997).

La cadena productiva agave – tequila enfrenta actualmente graves problemas de tipo fitosanitario causados principalmente por el hongo *Fusarium oxysporum* y la bacteria *Erwinia carotovora*. Se cree que el problema es causado por los patógenos solos o en asociación, pero aún no se ha demostrado cual de los dos es el más agresivo o cual inicia primero, ya que ambos patógenos están presentes en las plantas enfermas, está confirmado plenamente la presencia de dichos patógenos (Loera, 2000).

Los fitopatógenos que más daño ocasionan a este importante cultivo son aquellos asociados a la marchitez del agave, este síntoma se ha atribuido a fitopatógenos como *Erwinia sp.* y *Fusarium o.* (Martínez, 1994; y Vélez *et al.*, 1996). Los síntomas típicos de pudrición bacteriana son lesiones necróticas y acuosas en las hojas que en la mayoría de los casos inician en la espina apical o en las espinas laterales, estas lesiones avanzan hacia el centro de la hoja, y en el centro del cogollo causan una pudrición descendente que llega hasta la piña y puede provocar la muerte de la planta. Por otra parte el hongo *Fusarium sp* produce síntomas iniciales tales como: encarrujamiento y decoloración de las hojas que contrasta con el azul típico de las plantas sanas, también causa una pudrición seca del sistema radicular, dejando una apariencia polvosa la cual avanza hasta la piña (muerte ascendente). A diferencia de la pudrición bacteriana no existen lesiones acuosas en las hojas (Martínez *et al.*, 1998).

De acuerdo con las observaciones realizadas, los principales fitopatógenos identificados hasta ahora y que se encuentran en diferentes partes de la planta son los que se consideran de mayor importancia por sus efectos sobre el desarrollo de la planta así como por su distribución fueron *Erwinia sp.* (pudrición del cogollo) y *Fusarium oxysporum* (marchitez o encarrujamiento). La presencia de éstos fitopatógenos no es constante durante todo el año, al menos con la misma intensidad ya que dependen directamente del inoculo y este a su vez del hospedero, así como de las condiciones climáticas existentes.

Aunque se trabajó principalmente, con *Erwinia* y *Fusarium* se encontraron otros hongos y bacterias causantes de enfermedades como son: anillo rojo (*Erwinia sp.*), mancha foliar (*Botryodiplodia sp.*) mancha foliar negra (*Erwinia sp.*) mancha anular (*Didymosphaeria sp.*) y algunos nemátodos de los géneros *Helicotylenchus* y además se ha encontrado agaves con síntomas de enfermedades virales (Cuadro 1)

Cuadro 1. *Fitopatógenos* asociados al cultivo de *Agave tequilana* Weber variedad azul,

| <b>Enfermedad</b>    | <b>Nombre científico</b>                     | <b>Parte afectada</b> |
|----------------------|--|-----------------------|
| Anillo rojo          | <i>Erwinia sp</i>                            | Hojas                 |
| Marchitez bacteriana | <i>Erwinia sp</i>                            | Hojas y piña          |
| Pudrición de la raíz | <i>Fusarium oxysporum</i>                    | Raíces y piña         |
| Pudrición de la raíz | <i>Phytophthora sp</i>                       | Raíces                |
| Mancha foliar        | <i>Didymosphaeria sp (Asterina mexicana)</i> | Hojas                 |
| Mancha foliar        | <i>Botryodiplodia sp</i>                     | Hojas                 |
| Viruela              | <i>Pleospora sp</i>                          | Hojas                 |
| Virus                | <i>No identificado</i>                       | Hojas                 |
| Nematodos            | <i>Pratylenchus sp</i>                       | Raíces                |
| Nematodos            | <i>Dorylaimus</i>                            | Raíces                |
| Nematodos            | <i>Helicotylenchus</i>                       | Raíces                |



Estos fitopatógenos han provocado un incremento considerable en el desarrollo de las enfermedades, lo cual puede ocurrir debido a que existe poca variabilidad genética en esta planta (Gil, 1996).

Recientemente Fucikovsky (2002), aisló al hongo *Thielaviopsis paradoxa* y lo señala como el causante de la tristeza y muerte del agave (TMA), misma que ataca a plantas de diversas edades y esta muy distribuida en Jalisco. Así mismo identificó a la bacteria *Pseudomona fluorescens* biotipo I, la cual causa la pudrición y muerte de plantas jóvenes en la región de Tequila, Jalisco.

### **2.5.1. Criterio para evaluación de daño**

El daño causado a una planta se determina por la intensidad de la enfermedad requiriendo para ello conocer el grado de incidencia y distribución de la misma y este criterio se aplica solamente en las enfermedades en las cuales las plantas dañadas son severamente afectadas o inutilizadas en su totalidad, ejemplo marchitez, pudrición etc.

Para evaluaciones en las cuales el daño es tomado como el criterio, los métodos de estimación son generalmente utilizados tomando como base los recuentos. Para esto se emplean unas escalas que consisten en un rango, rangos grandes, categorías u otros diferentes, los datos a registrar son los que expresaron en porcentajes del área foliar afectada. Para obtener este criterio es muy importante calcular el área foliar (Mendoza, 1995).

También es de mucho interés la clasificación de la incidencia de la enfermedad dentro de los rangos estimados, las escalas se hacen basándose en el más alto nivel de infección posible y la diferenciación deseada de la severidad .

El promedio de categorías que normalmente se utilizan son de 5 hasta 10 con medidas bien definidas y límites claros. Las categorías de ajuste o intermedios para estimar el nivel de una enfermedad son determinadas por procedimientos diferentes (Mendoza, 1995).

Se sugiere en forma general que las escalas sean practicas y eficientes para no perder demasiado tiempo en la evaluación y que además sean fáciles de manejar, confiables y representativas (Mendoza, 1995).

Considerando que la marchitez es una de las principales enfermedades en el *agave tequilero* (Martínez et, al. 1998), propusieron una escala para evaluar el daño por *Fusarium sp* y *Erwinia sp*. (Cuadros 2 y 3 respectivamente).

Cuadro 2. Escala para evaluar el daño por marchitez provocada por *Fusarium sp*.

| INDICE | DESCRIPCIÓN   |
|--------|---|
| 1      | Planta sana.  |
| 2      | De una a cinco hojas externas con encarrujamiento ligero. |
| 3      | De 6 a 10 hojas externas con encarrujamiento.             |
| 4      | Planta con más de 10 hojas con encarrujamiento acentuado. |
| 5      | Planta muerta fácil de desprender del suelo.              |

Cuadro 3. Escala para evaluar el daño por pudrición del agave por *Erwinia sp*

| INDICE | DESCRIPCIÓN  |
|--------|--|
| 1      | Planta sana.   |
| 2      | De una a cinco lesiones acuosas con una longitud de 1 a 30 cm., iniciando en las espinas apicales o laterales. |
| 3      | Una o más lesiones acuosas de más de 30 cm., o bien, más de 6 lesiones de 5 a 30 cm.                           |
| 4      | Lesiones necróticas en el cogollo que avanzan hasta casi llegar a la piña.                                     |
| 5      | Cogollo completamente dañado, llegando hasta la piña, planta evidentemente muerta.                             |

## 2.5.2. Enfermedades causantes de la pudrición del cogollo y marchitez

Los fitopatógenos más importantes por sus efectos sobre el desarrollo de la planta como lo es la incidencia, severidad así como su distribución son *Erwinia carotovora* (pudrición del cogollo) y *Fusarium oxysporum* (marchitamiento), (Virgen, et al, 2000).

### 2.5.2.1. Pudrición del cogollo *Erwinia sp.*

Esta enfermedad junto con la marchitez del agave, son el factor fitopatológico más importante que afecta la producción del cultivo.

**Síntomas:** Los síntomas típicos de la pudrición del cogollo son lesiones necróticas y acuosas en las hojas, que en la mayoría de los casos inician en la espina apical o en las espinas laterales; estas lesiones avanzan hacia el centro de la hoja y al centro del cogollo, causan una pudrición descendente que llega hasta la piña y puede causar la muerte de la planta. (Figura 1).

**El patógeno:** a la fecha se han aislado diferentes especies de bacterias asociadas a la pudrición del cogollo; la más común es *Erwinia carotovora* misma que se ha diagnosticado en dicho síndrome (Velez et al., 1996). *E. carotovora* pertenece a la familia de las enterobacteriaceas. Es un bacilo corto de uno a tres  $\mu\text{m}$  y tiene flagelos peritricos, son anaerobios facultativos y causan un gran número de pudriciones acuosas. Generalmente las colonias son pequeñas y hundidas en el medio de cultivo CVP (cristal violeta pectato).

**Epifitología:** El avance de *Erwinia* depende de la humedad que se forme en las hojas internas del cogollo, esto aparentemente se debe a la película de humedad que se forma sobre las hojas, las cuales desplaza los niveles de oxígeno favoreciendo el desarrollo de la bacteria. Lo anterior se ha demostrado para la maceración de tejido en tubérculos de papa provocado por *E. carotovora* encontrándose que es menor en condiciones de oxígeno adecuado (Maher y Kelman 1983) considerándose que es más severa cuando existen condiciones bajas de oxígeno (Lund y Wyatt 1972).

Precisamente la humedad que se forma en el tejido puede causar una reducción en el nivel de oxígeno a cero a 2.5 hr a 21° C, tal como lo ha demostrado Burton y Wigginton (1970). Se conoce además, que en la degradación del tejido por *Erwinias* que causan pudriciones blandas , intervienen enzimas pectolíticas como pectato – liasas, poligalacturonasas y pectin - liasas (Kotoujansky,1987), mismas que pueden verse involucradas en la pudrición del cogollo en agave. Así mismo, se ha determinado que la severidad de ésta enfermedad se incrementa en predios infestados de maleza.

*Erwinia carotovora* es aislada e identificada a partir de plantas de *Agave tequilana* que presentaban pudrición blanda en el cogollo y cabeza y fue realizada por Vélez (1997) y Monroy (1999). Más tarde Sánchez (2000), logra reproducir la enfermedad causada por *E. carotovora* en hijuelos y bulbillos al utilizar como vector de la bacteria al coleóptero *Scyphophorus acupuntatus*. La bacteria *Erwinia carotovora* puede desarrollarse principalmente como organismo parásito en plantas hospederas o como saprofitos en el suelo (Agrios, 1998; y Palm, 1985).

La taxonomía del género *Erwinia* ha sido complicada por la heterogeneidad de las formas incluidas en la clasificación (Holt *et al.*,1994), y han sido reclasificadas en diferentes grupos basados en las características bioquímicas del DNA (Kwon *et al.*; 1997; Hauben *et al.*; 1998; Sproer *et al.*; 1999).

Se propuso que *Erwinia* debe ser limitada a patógenos que causan enfermedades por marchiteces (*E. amilovora. E.tracheiphila*), con la más activa pudrición blanda de *Erwinias* colocadas en géneros separados *Pectobacterium* son nombres válidos para este grupo de patógenos pero en el papel usaremos *Erwinia* . El nuevo género *Pantoea* incluye cepas anteriores *Erwinia herbícola* y *Enterobacter agglomerans*, a pesar de esos cambios hay *Erwinias* que tienen características que no son estrictamente de un grupo o de otro (Beji *et al.*, 1998., Holt *et al.* 1994., Kwon *et al.* 1997., Spröer *et al.*, 1999., Jiménez *et al.*, 2003).



**Figura 1 síntomas de pudrición del cogollo *Erwinia* sp.**

A.- planta mostrando pudrición del cogollo B.- pudrición avanzada del cogollo, flacidez del mismo.

C.- pudrición de la base del cogollo D.- pudrición interna del cogollo.

También se ha identificado a *Erwinia cacticida* como uno de los patógenos con los síntomas de pudrición blanda. Además se identificó a *Pantoea agglomerans* (sinónimo de *E. agglomerans*) y *Pseudomonas* sp, que están presentes en hojas mostrando los síntomas de pudrición blanda en *Agave tequilana* (Jiménez et al., 2003).

#### **2.5.2.2. Marchitez por *Fusarium oxysporum***

El hongo *Fusarium oxysporum* es el organismo causal de gran número de marchitamientos, ya que tiene diversas formas especiales las cuales ataca a diversos cultivos altamente rentables y que sirven de hospederos para este patógeno por ejemplo: *F. oxysporum* f sp. *niveum* (E.F. Smith) Snyder & Hans, causa el marchitamiento de la sandía, mientras que el melón es producido por la misma especie pero por la f sp *melonis*, el marchitamiento del tomate es causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. (Virgen 1997)., la fresa es susceptible a marchitez causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *Fragariae* (Toyoda y col., 1991). Por otra parte el frijol es muy susceptible a la marchitez causada por *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* (Salgado y col., 1994).

*Fusarium oxysporum* es una especie que incluye tanto a cepas patógenas así como no patógenas. Aunque muchas o la mayoría de las cepas no patógenas pueden ser habitantes comunes del suelo, el concepto “forma” o “forma especializada”, parece delimitar cepas morfológicamente similares o indistinguibles, las cuales tienen la habilidad de causar enfermedades en diferentes plantas (Loera, 2000).

Hasta hace algunos años *Fusarium oxysporum* era una enfermedad que se observaba frecuentemente en plantas de más de tres años en la actualidad es común encontrarla al siguiente año de plantadas, mostrando con ello que la presencia de dicho patógeno se ha favorecido con el uso de plantas provenientes de plantas enfermas.

**Síntomas:** los síntomas incluyen una decoloración de las hojas que contrasta con el azul típico de las plantas sanas., también provoca que las hojas se marchiten enrollándose hacia el centro de las mismas (encarrujamiento o acigarramiento). A medida de que la enfermedad avanza se intensifica el

encarrujamiento de las hojas, el patógeno causa una destrucción de las raíces y provoca una lesión rojiza en la piña, tanto el daño a raíces como a la piña causa una apariencia polvosa de los tejidos, y esta avanza hacia la piña (muerte ascendente), provocando un desprendimiento fácil de la planta. (Figura 2).

**El patógeno:** el hongo responsable de esta enfermedad es *Fusarium oxysporum*, el cual produce tres tipos de esporas asexuales: macroconidios, microconidios y clamidosporas. El hongo forma una masa algodonosa de micelio que puede ser de color blanco al inicio de su crecimiento y posteriormente adquiere tonalidades violáceas. Los macroconidios generalmente tienen 5 septos, tienen la célula basal atenuada y la célula basal en forma de pie., las clamidosporas se pueden formar solas o en cadena y generalmente intercaladas, son de forma esférica y con pared celular gruesa lo que le permite sobrevivir por un periodo largo en el suelo por más de 15 años, en ausencia de plantas hospederas, estas son las estructuras de sobrevivencia. (Virgen, 2002).

**Epifitiología:** algunos de los factores que favorecen el desarrollo de este patógeno en un gran número de cultivos son pH, temperatura y nivel de humedad en el suelo, presencia de otros organismos que dañen las raíces ejemplo nematodos e insectos así como la fertilización especialmente nitrogenada. La temperatura óptima promedio para la germinación de los macro y micro conidios es de 20° C y de 15 a 20° C y las clamidosporas germinan a 20° C todas ellas en un pH de 5.5 (Bernal *et al.*, 2000).

Luna (1996) reportó que en el agave tequilero, la pudrición de raíz causada por *Fusarium oxysporum* es una de las enfermedades más frecuentes, causando grandes pérdidas económicas, el mismo autor señala, a este patógeno como agente causal de la pudrición del tallo en *A. tequilana*. Esta enfermedad presenta la siguiente sintomatología: decoloración progresiva de las hojas, alcanzando una clorosis y amarillamiento, que se combina con una marchitez y enroscamiento de las hojas, después aparecen manchas negras que al pasar el tiempo se convierten en lesiones necróticas que aumentan en la superficie de la hoja hasta alcanzar áreas de pudrición mayores; estos síntomas corresponden a la etapa final de la enfermedad, seguida de la muerte de la planta.



Figura 2.-Sintomatología de marchitez por *Fusarium oxysporum*

A.- Daño Severo en una plantación de agave B.- Una planta con daño total

C.- daño a la piña mostrando una apariencia polvosa en los tejidos D.- destrucción de los tejidos en la piña.



En un estudio realizado sobre la marchitez en plantas de *Agave tequilana* L. Weber cultivadas en macetas, el análisis microbiológico, se identificó y se hicieron conteos de *Fusarium sp.* en tierras estériles, no estériles e interior y exterior de las plantas. El análisis de clorofila mostró valores mayores en los grupos de plantas sembradas en tierras estériles en relación a las sembradas en tierras no estériles indicándose una correlación entre el contenido de clorofila y el estado de marchitez de la planta causado por *Fusarium sp.* (Salinas *et al.*, 1999).

El clavo (*Fusarium sp.*) síntoma que presenta la planta por falta de crecimiento y desprendimiento de las hojas del cogollo. Al desenterrarla y partirla en dos, el daño se observa desde el tronconcito del rizoma hasta la cabeza. Se observa además un endurecimiento vertical de color rojizo a ocre. Cuando está presente en hijuelos de reciente plantación, al cabo de un tiempo mueren (Valenzuela, 1997).

En condiciones de laboratorio *Fusarium oxysporum* muestra mayor crecimiento del micelio a 10°C, este se dio en pH de 5.0 a 8.0 y requiere de 46 días para alcanzar el diámetro total de la caja de Petri (8.5 cm). A 15°C requiere 19 días y el crecimiento fue mayor a 5.5 de pH. El desarrollo del micelio total a 20°C fue a los 9 días de incubación con pH de 5.0 a 7.5. El crecimiento micelial del hongo avanzó más rápido a 25°C requiere de 7 días de incubación para su crecimiento total y el pH fue de 5.0 a 7.5. En la mayoría de las temperaturas estudiadas el pH favorable fue de 5.0 a 7.5 (Bernal *et al.*, 2001).

En *Fusarium oxysporum* la germinación de microconidias a 15°C se ve favorecida desde un pH de 5.0 en adelante. A 20 y 25°C la germinación se favorece de 5.0 a 6.0 de pH. A 15°C se da la mayor germinación de macroconidios a 5.0-6.5 de pH. a 20°C la germinación se favorece a 5.0 y 5.5 de pH; y a 25° C la mayor germinación se dio a pH de 5.5 y 6.0. La germinación de clamidosporas se ve favorecida a 10 y 25° C con un pH de 5.5 (Bernal *et al.*, 2001).

## **2.6. Monitoreo de enfermedades**

Para la recolección de datos en campo en lo que se refiere a los aspectos fitosanitarios en *Agave tequilana* Weber, es necesario implementar algunas estrategias que determinen el grado de intensidad, distribución y severidad en el cultivo para precisar con certeza la magnitud del problema, para ello se utilizan una serie de herramientas y técnicas objetivas, destacando el monitoreo y muestreo de enfermedades como métodos eficientes para los fines que persigue este tipo de estudios. El monitoreo es una técnica útil que auxilia a la toma de decisiones cuando se refiere al diseño y operación de estrategias de manejo con fines de control fitosanitario. (Pedroza, 2002).

El monitoreo de enfermedades es una tarea muy laboriosa para cualquier productor y aún para un fitopatologo experimentado por el análisis de la información recopilada (toma y registro de datos) que es necesario realizar al muestrear un área determinada todo ello para hacer conclusiones y posterior toma de decisiones, refiriéndose a los posibles daños por enfermedades en este caso en agave, sobre todo cuando no se cuenta con apoyo estadístico básico que se aplique a un estudio epidemiológico en particular como lo consigna (Camacho, 1997).

## **2.7. Métodos recientes de muestreo**

El muestreo es una técnica que se utiliza para inferir sobre algún parámetro de la población por medio de una muestra, entendiendo que un parámetro poblacional es un atributo de la población que no sufre cambio alguno. Diferenciando de un censo, el muestreo es sólo una inspección parcial que tiene por objeto hacer una estimación; este método es ágil y de bajo costo y la ventaja que ofrece el mismo es la varianza que se reduce y por lo tanto se incrementa el nivel de precisión (Infante,1983).

Hoy en día la estimación de la severidad (gravedad) de algunas enfermedades foliares y radicales pueden realizarse con el uso de la termometría infrarroja y radiometría multiespectral. La primera se logra correlacionando la temperatura de la

planta con la severidad de la necrosis foliar. Este tipo de métodos son exactos moderno y rápidos (Pedroza, 1995).

### **2.7.1. Parámetros de confiabilidad**

Los parámetros de confiabilidad son aquellos factores deseables en toda evaluación de enfermedades sobre todo cuando se refiere a evaluaciones de grandes extensiones donde es necesaria la participación de más de una persona y en la que no se puede aceptar variaciones entre los tratamientos y para lograr esto es necesario efectuar un muestreo preliminar. Los factores o parámetros a buscar en las evaluaciones son la exactitud, precisión y la confiabilidad de datos o valores dentro de una estimación de plagas o enfermedades (Pedroza, 2002).

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se realizo en condiciones de campo y laboratorio

#### **3.1. Descripción del área de estudio**

La región Sur de Jalisco establecida con *Agave tequilana* Weber esta conformada por los municipios de Autlan de Navarro, Cocula, Jocotepec, San Gabriel, Tonaya, Villa Corona y Zacoalco de Torres.

La zona de influencia del agave en la región Sur de Jalisco se ubica entre las coordenadas extremas de 103°03'16" a 103°50'24" longitud oeste y 19°41'57" latitud norte, con una altura que oscila entre los 800 y los 3900 metros sobre el nivel del mar, cuenta con una extensión territorial de 295.5 km.

El clima es semiseco y semicalido, con una pequeña parte húmeda, con otoño e invierno secos, semicalidos, sin cambio térmico invernal bien definido. La temperatura media anual oscila entre los 25°C y 38°C con máximas de 15°C y mínima de 5°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de Junio, Julio y Agosto, contando con una precipitación media de 700 a 1200 mm, el nivel promedio anual de días con heladas es de 30 (SAGARPA, 1980).

La región en estudio posee una fisiografía variada destacando al poniente los terrenos llanos y extensos. En el centro se encuentra una cuenca cerrada de Acatlan de Juárez a Zapotlan el Grande (Ciudad Guzmán), está cerrada de sureste a noreste por serranias de Jilotlán, el Tigre, Tapalpa y Atemajac de Brizuela, al sureste el terreno es montañoso con cañadas y valles.

Los suelos predominantes son los del tipo chernozen, vertisoles, solanchack, rocas calizas y pizarras de textura arcillosa.

El agave se cultiva en los suelos de lomerío y llanuras destacando los municipios de Autlan de Navarro, Zacoalco de Torres, San Gabriel, y Tonaya principalmente.

La vegetación preponderante se compone principalmente de pastos naturales e inducidos, bosque de encino, pino y roble, selva baja espinosa, con huizache, nopal, palo dulce y algunas especies frutales (SAGARPA, 1980).

Los municipios muestreados para el trabajo de investigación fueron los siguientes: Autlan de Navarro, Cocula, Jocotepec, San Gabriel, Tonaya, Villa Corona y Zacoalco de Torres, que corresponden a la zona Sur de Jalisco.

### **3.2. Elección de los sitios a muestrear.**

Se realizaron muestreos continuos a las parcelas o sitios de muestreo seleccionados previamente al azar, generalmente fueron predios con agave de 3 años de edad en adelante, para ello se contó con un padrón de productores, información de la superficie sembrada de agave por municipio, buscando cubrir toda el área de estudio y que la toma de datos fuera más confiable

Los muestreos se realizaron del año 2001 al año 2002, para determinar el estado fitosanitario que tiene el cultivo señalado en la zona Sur de Jalisco sobre todo refiriéndose a *Fusarium oxysporum* y *Erwina carotovora*, se realizó una inspección o recorrido a una parcela o sitio de muestreo por cada 100 ha de agave establecidas por municipio indicado; así mismo se recabaron los datos de las plantas que determinó el muestreo según el modelo propuesto por *Martínez et al* (1998), en donde por predio seleccionado se calificaron 100 plantas por parcela para los fines estadísticos que requería el presente estudio, en donde el estimador principal fue la densidad de población de el cultivo de agave.

### **3.3. Tipo de muestreo**

Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado, ya que las zonas geográficas presentaron diferentes condiciones ambientales, por lo que el estrato que se evaluó fue de 100 ha como la unidad de superficie de cada zona productora para todos los

bioensayos a evaluar (Martínez *et al*, 1998). El trabajo de muestreo se realizó en los municipios del Sur de Jalisco señalados, en forma sistemática tomando 5 surcos o hileras por parcela o sitio y 20 plantas de cada hilera o surco seleccionado.

La metodología empleada para tomar los datos de cada sitio de muestreo se detalla de la siguiente manera; una vez localizado el predio a muestrear se contaron 5 hileras las cuales se dejaron como borde y en la sexta hilera se inició el conteo de plantas esto se repitió 5 veces hasta completar las 5 hileras contabilizadas por predio. De igual manera se realizó el conteo de las plantas en dichas hileras, dejando las primeras 5 plantas con respecto a la cabecera del predio para evitar el efecto de orilla y se inició el levantamiento de datos a partir de la sexta planta de cada hilera a muestrear, después se anotaron los datos en unos formatos especiales elaborados con este fin, en donde se anotó la información como: nombre del predio, nombre del productor, régimen de propiedad, edad del cultivo, distancia entre plantas, distancia entre sucos, municipio, superficie con agave, pH del suelo, además de los índices de sanidad con respecto a **pudrición y marchitez** según fuera el caso; dichos datos fueron recolectados para determinar el porcentaje de plantas enfermas y el grado de severidad (figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

### **3.4. Cuantificación de incidencia y severidad**

Con el objeto de calificar y analizar el grado de incidencia de las enfermedades se procedió a realizar muestreo de plantas de agave en diversos predios de los municipios de la zona Sur de Jalisco, con fines fitosanitarios para este caso enfermedades, (marchitez y pudrición del cogollo en *Agave tequilana*), después de haber obtenido todos los datos de los muestreos en campo, se procedió a analizarlos. Para obtener el porcentaje de incidencia de cada municipio el cual se obtuvo por medio de la escala utilizada, efectuándose una sumatoria por el numero de daño (2,3,4,5) por separado de todos los sitios de un mismo municipio y dividiéndose entre el numero de sitios muestreados, obteniendo así el porcentaje de incidencia en cada municipio y de cada una de las enfermedades.

La severidad se obtuvo de la sumatoria del grado a tratar de acuerdo a la escala arbitraria de 1 a 5. En el caso donde se presentaron ambas enfermedades en

la misma planta se procedió a hacer la sumatoria de las plantas en todos los sitios de muestreo de todos los municipios seleccionados y se dividió entre el total de sitios muestreados.

### **3.5. Incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp.**

Para conocer los efectos sobre el desarrollo de la planta, incidencia y severidad en las zonas de estudio y predeterminar la importancia de las dos principales enfermedades (“pudrición del “cogollo” y “marchitez” en *Agave tequilana*), se midieron éstas, empleando una escala arbitraria de 1 a 5 propuesta por Martínez *et al* 1998; describiéndola de la siguiente manera: para *Fusarium* el índice 1 dentro de la escala significa planta sana, índice 2 planta con 1 a 5 hojas externas con encarrujamiento ligero, índice 3 planta con 6 a 10 hojas externas con encarrujamiento medianamente acentuado, índice 4 planta con mas de 10 hojas dañadas con un encarrujamiento acentuado, índice 5 planta muerta fácilmente se desprende del suelo (cuadro 2).

Para el caso de *Erwinia* la escala es la siguiente: índice 1 se refiere a una planta sana, índice 2 es una planta que presenta de 1 a 5 lesiones acuosas con una longitud de 1 a 30 cm., iniciando con las espinas apicales o laterales, índice 3 planta con 1 a 6 lesiones acuosas de mas de 30 cm., de longitud o bien 6 o mas lesiones de 30 a 50 cm. de longitud, índice 4 se refiere a una planta con lesiones necróticas en el cogollo que avanza hasta casi llegar a la piña, por último índice 5 es una planta evidentemente muerta con el cogollo completamente dañado, llegando hasta la piña (cuadro 3).

#### **3.5.1. Diseño experimental.**

Se utilizo para la interpretación de datos un modelo no paramétrico propuesto por Kreyszig (1973) “Ordinary run” (Método de las rachas), para determinar la presencia de enfermedades, de acuerdo a la siguiente función:

$$E(U): 1 + 2M(N - M)/N = 1 + 2M - \frac{2m^2}{N}$$

En donde:

E(U): es la enfermedad esperada

M: es el número de plantas infectadas en una fila

N: plantas contadas en una fila

m: número de plantas sanas

A las plantas sanas se les dio un valor de 0 y a las plantas enfermas un valor de 1 (Kreyszig 1973), lo que tendrá una corrida de N valores, ejemplo:

0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0 etcétera.

Después de esta evaluación se procedió a realizar una submuestra tomando a 20 plantas que se calificaron con el valor de 1 (incidencia), y se realizó la evaluación del grado de daño (severidad) a las plantas calificadas con el valor de (0) mediante la escala propuesta por Martínez *et al* (1998).

### **3.6.Toma de muestras de material enfermo en campo**

Se procedió a muestrear plantas de agave en campo, de los sitios seleccionados cuyas partes tuvieran síntomas de enfermedad esto con el fin de obtener muestras de tejidos enfermos(tizón, manchas foliares, marchitez, etc..) siguiendo la metodología que se describe: las muestras de hojas enfermas de algunas plantas de agave se guardaron en bolsas de plástico para ser llevadas al laboratorio. También se tomó un kg. de suelo de la parcela, esto se hizo 5 veces y después fueron mezclados los 5 kg y se dejó una submuestra de aproximadamente 1 kg para posteriormente determinar el pH en el laboratorio. Se recabaron datos de densidad de población de cada sitio de muestreo de agave (distancia entre hileras, entre plantas, así como altura de plantas).



### **3.7. Aislamiento de patógenos en el laboratorio.**

#### **3.7.1. Aislamiento e identificación de la bacteria *Erwinia sp.***

Procedimiento:

Del tejido de las muestras de agave se cortaron trozos de 0.5 cm de diámetro de las áreas dañadas, se desinfectaron con hipoclorito de Sodio al 3 % durante unos segundos, después se enjuagaron con agua destilada estéril tres veces. Luego se tomó el asa y se calentó hasta adquirir un rojo incandescente para luego dejarla enfriar e introducir el asa al tejido dañado y extraer material para estriar en cajas Petri con papa, dextrosa agar (PDA) como medio de cultivo, se sembraron las bacterias en las cajas Petri y se incubaron a  $20 \pm 2^{\circ}$  C por 48 horas, para luego identificarlas por medio de las pruebas bioquímicas específicas para bacterias.

#### **3.7.2. Aislamiento e identificación del hongo *Fusarium sp.***

Procedimiento:

Las muestras de raíz de agave se lavaron con agua destilada esterilizada, para eliminar residuos de suelo y materia orgánica adherido al tejido posteriormente se cortaron trozos del borde de avance de la lesión de 2 cm. del área dañada y de la parte sana del mismo trozo, se desinfectó con hipoclorito de Sodio al 1% durante un minuto, después se enjuagaron los trocitos con agua destilada para eliminar el desinfectante y se sembraron en medio de cultivo PDA o Komadas (papa dextrosa agar) 5 trozos por caja Petri. Se incubaron éstas a una temperatura  $18 \pm 25^{\circ}$  C por espacio de 5 días, revisándose diariamente para observar el desarrollo del patógeno, el hongo fue identificado mediante las claves taxonomicas de Barnett y Hunter (1972).

### **3.8. Pruebas de patogenicidad para *Erwinia sp.***

Se realizaron inoculaciones en plantas sanas de agave de un año de edad y sobre plantas de sábila mediante la inyección de una suspensión bacteriana a una concentración de  $10^7$  (7)/ml. La inoculación se llevo a cabo en tres plantas, tomando cada una de ellas como una unidad experimental. Así mismo se realizo también la inoculación de agua destilada estéril en tres niveles de la planta en el ápice del

cogollo, parte media de la planta y en la base de cogollo. Después de ser inoculadas las plantas se cubrieron con bolsas de plástico para favorecer el desarrollo de la pudrición. En todos los casos la inoculación fue subepidérmica o por infiltración de la suspensión bacteriana

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Calificación del grado de daño

Una vez que se cuantificaron las evaluaciones de los daños causados por los fitopatógenos que afectan al agave, en los diferentes municipios que conforman la zona Sur del Estado de Jalisco, y mediante la escala arbitraria anteriormente expuesta se encontró que la pudrición bacteriana causada por *Erwinia* predomina sobre el hongo *Fusarium*.

En el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco la incidencia de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp., puede favorecerse por la humedad relativa provocada por el temporal, ya que los porcentajes de incidencia fueron altos en los grados uno y dos en la escala para evaluar el daño por *Erwinia* sp. y *Fusarium oxysporum*, mismos que de no tratarse adecuadamente pasarán a los grados siguientes, existiendo la probabilidad de que la incidencia de *Erwinia carotovora* sin humedad disminuya, pero en el caso de *Fusarium* se favorece con la falta de humedad en el suelo, llegando a un valor de severidad del 54% para *Erwinia* y 46% para *Fusarium* (Figura 3).

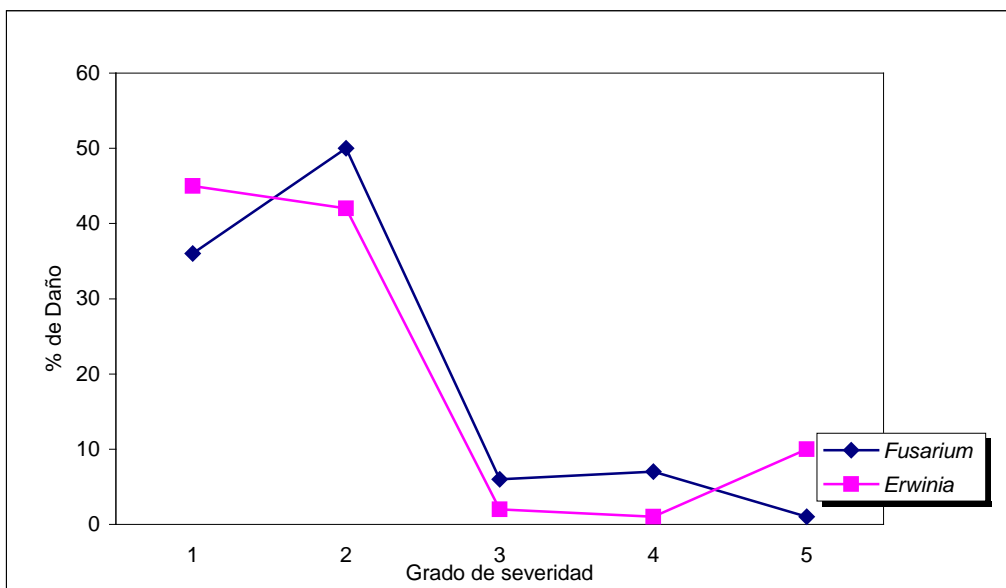


Figura 3. Grado de severidad por *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp. en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, junio - diciembre 2002

Para el municipio de Cocula, Jalisco los resultados fueron similares con la diferencia que la mayor incidencia de *Erwinia* sp. se presentó para el grado uno donde las enfermedades fueron un 60 % para el caso de *Fusarium* y cerca del 80 % para *Erwinia* (Figura 4).

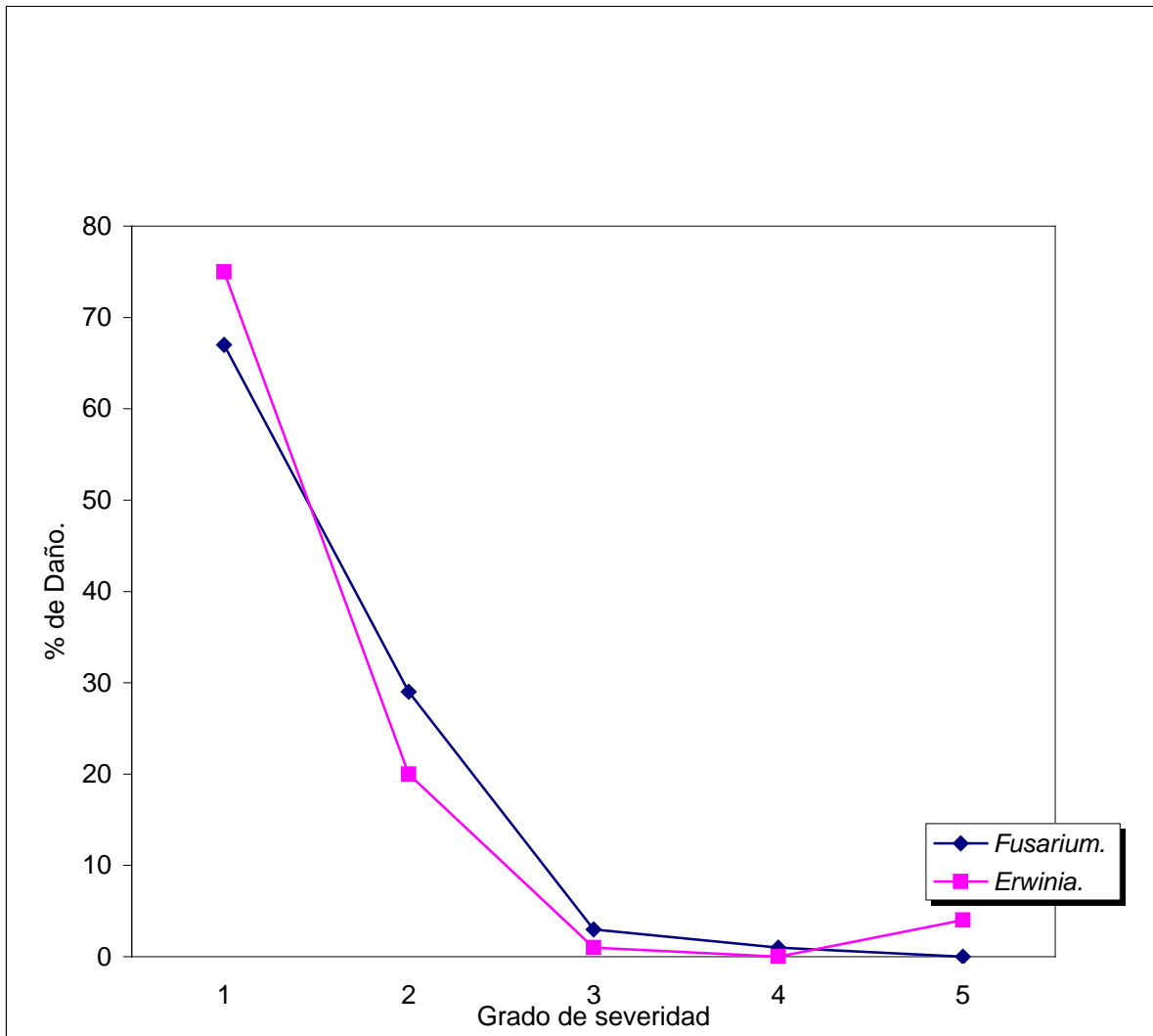


Figura 4. Grado de severidad por *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp. en el municipio de Cocula, Jalisco, junio - diciembre 2002

En el municipio de Jocotepec, Jalisco fue notoria la diferencia entre estas enfermedades destacando *Erwinia* en el grado dos con un 60 % en comparación con *Fusarium* para el mismo grado con un 30 % de incidencia; sin embargo para los grados tres, cuatro y cinco, la incidencia fue muy baja. (Figura 5).

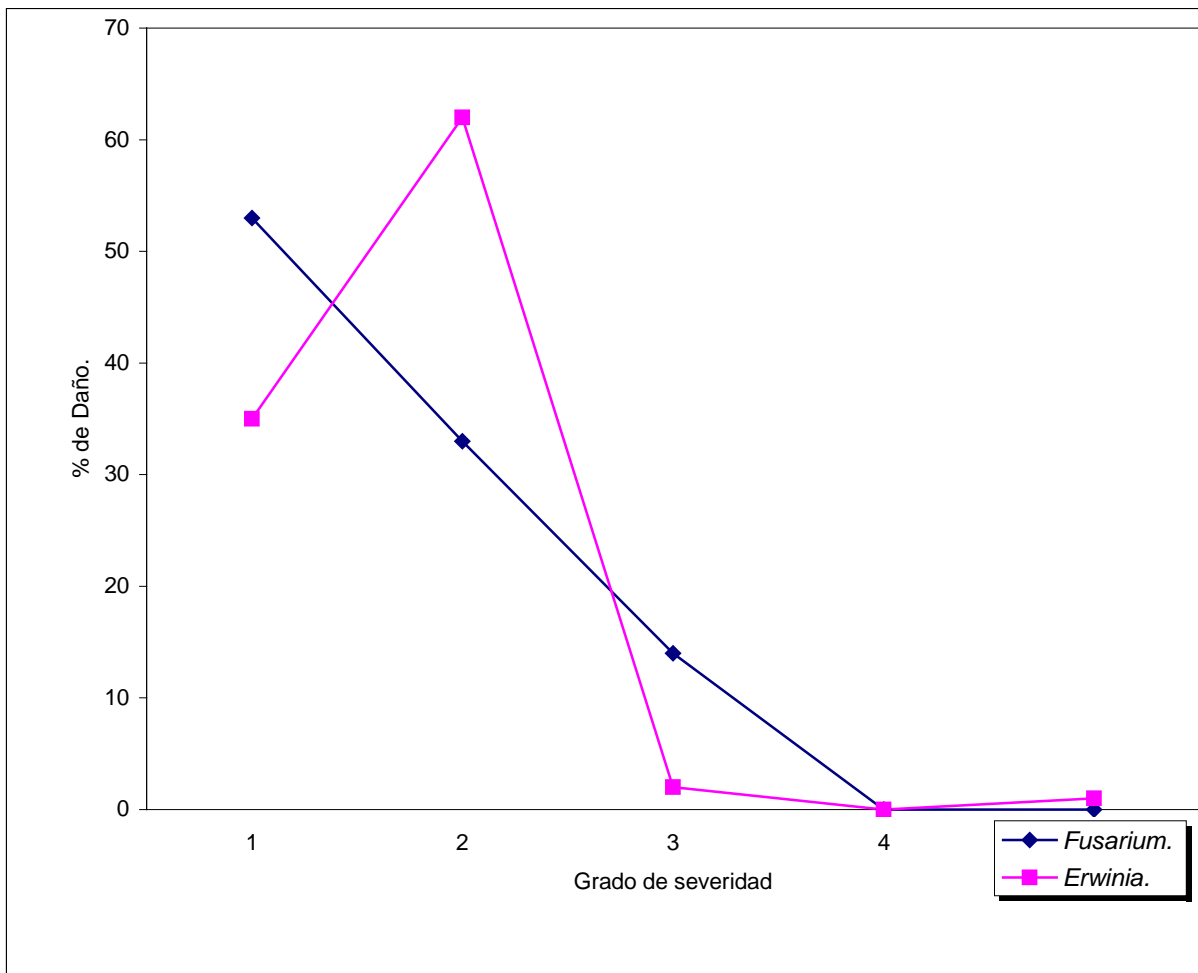


Figura 5. Grado de severidad de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp. en el municipio de Jocotepec, Jalisco, junio-diciembre 2002.

En Villa Corona, Jalisco se presentó la misma tendencia que en el municipio de Jocotepec con un grado dos de *Erwinia* con más del 70% de severidad, lo que ocasiona un daño considerable (Figura 6).

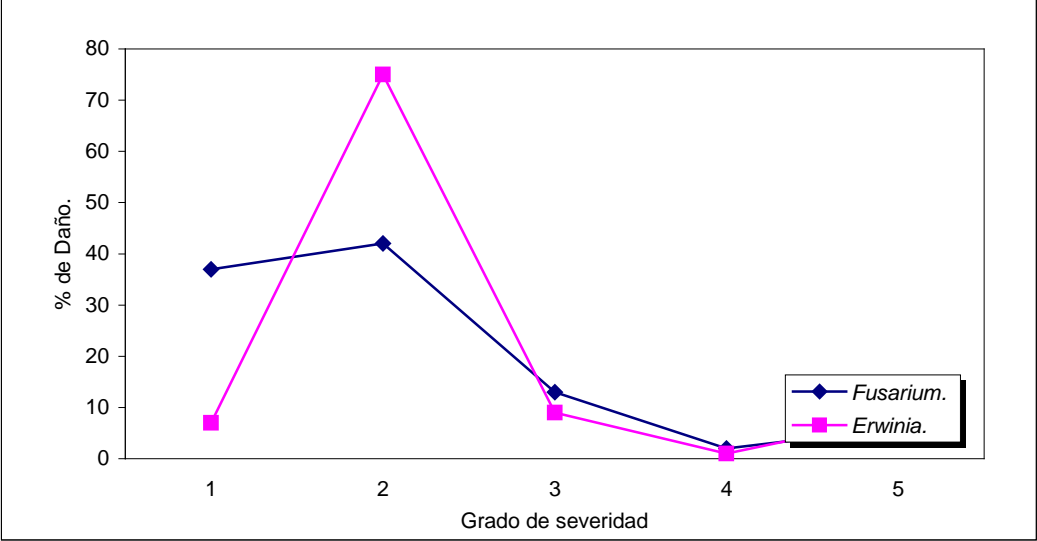


Figura 6. Grado de severidad de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp. en el municipio de Villa Corona, Jalisco, junio - diciembre 2002

En el municipio de Tonaya, Jalisco, *Fusarium* y *Erwinia* se presentaron en la misma proporción, donde hubo un ascenso del grado uno al tres llegando los dos al 60 % (Figura 7).

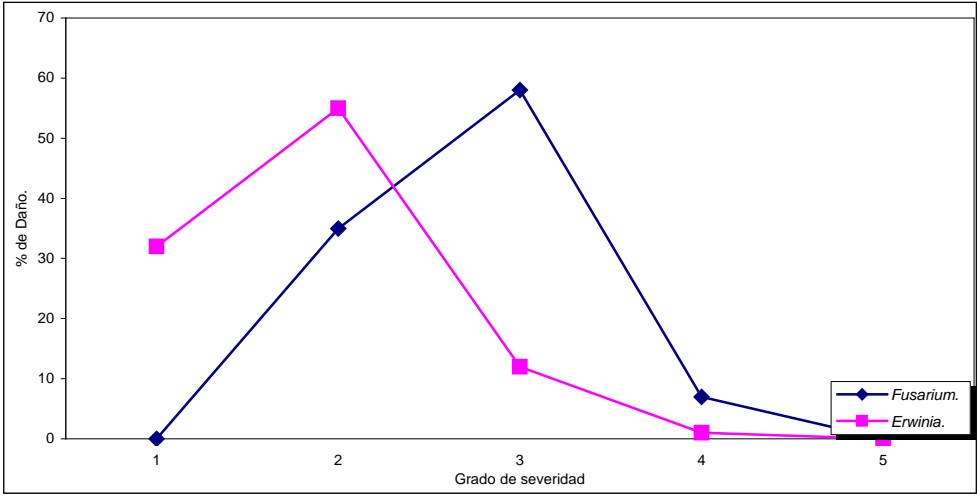


Figura 7. Grado de severidad de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp. en el municipio de Tonaya, Jalisco, junio - diciembre 2002

En el municipio de San Gabriel, Jalisco fue significativa la diferencia entre los dos patógenos evaluados significando *Erwinia* en el grado dos con un 60 % en comparación con *Fusarium* para el mismo grado con un 30 % de incidencia; sin embargo para los grados tres, cuatro y cinco, la incidencia fue muy baja. (Figura 8).

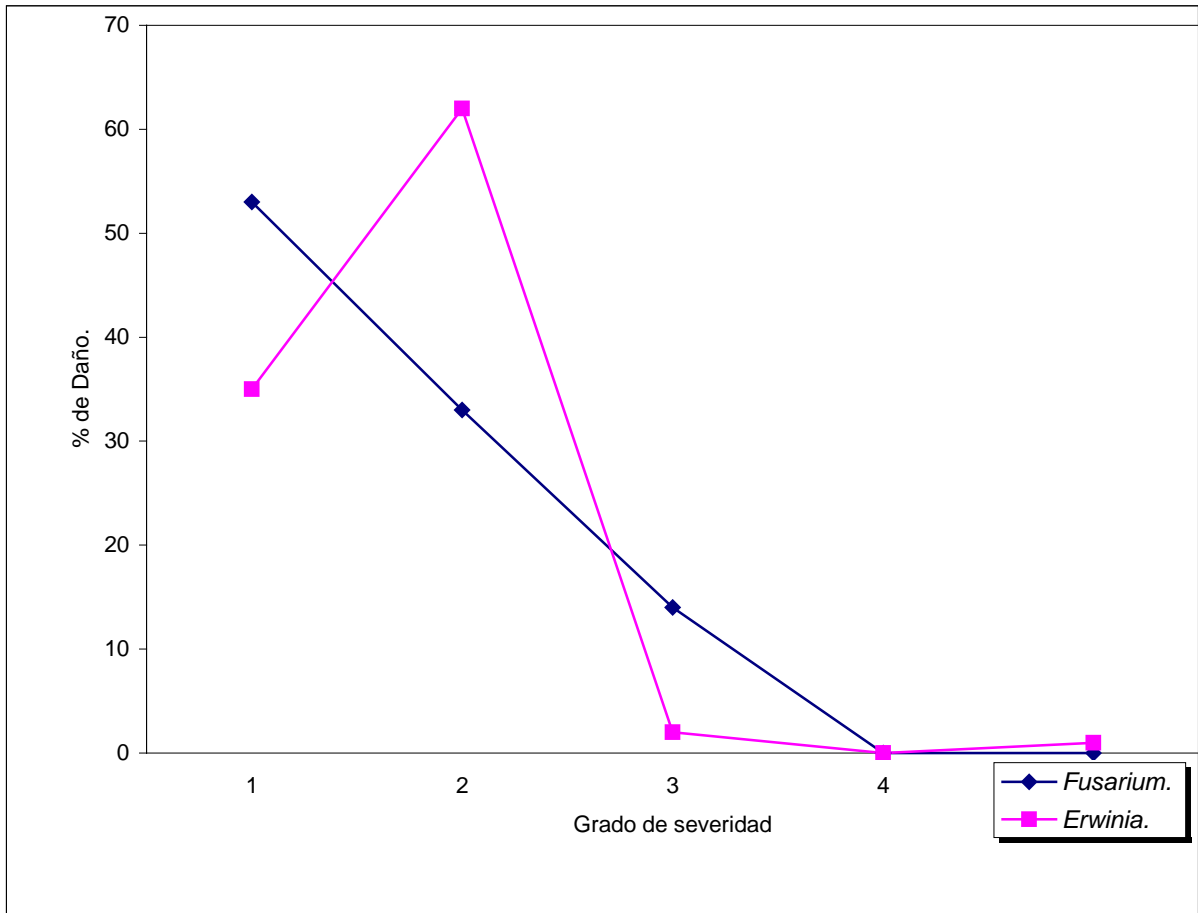


Figura 8. Grado de severidad de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp. en el municipio de San Gabriel, Jalisco, junio - diciembre 2002

El estado fitosanitario para la región de Zacoalco de Torres, la mayor incidencia de la pudrición bacteriana causada por *Erwinia* sp. se presentó para el grado uno donde las enfermedades fueron un 60 % para el caso de *Fusarium* y cerca del 80 % para *Erwinia*. *Fusarium* presentó valores de 38.8% en la escala de 1; 50.8% para la escala de 3; 3.4% para el grado 4 y 1.4% en el grado 5 (Figura 9).

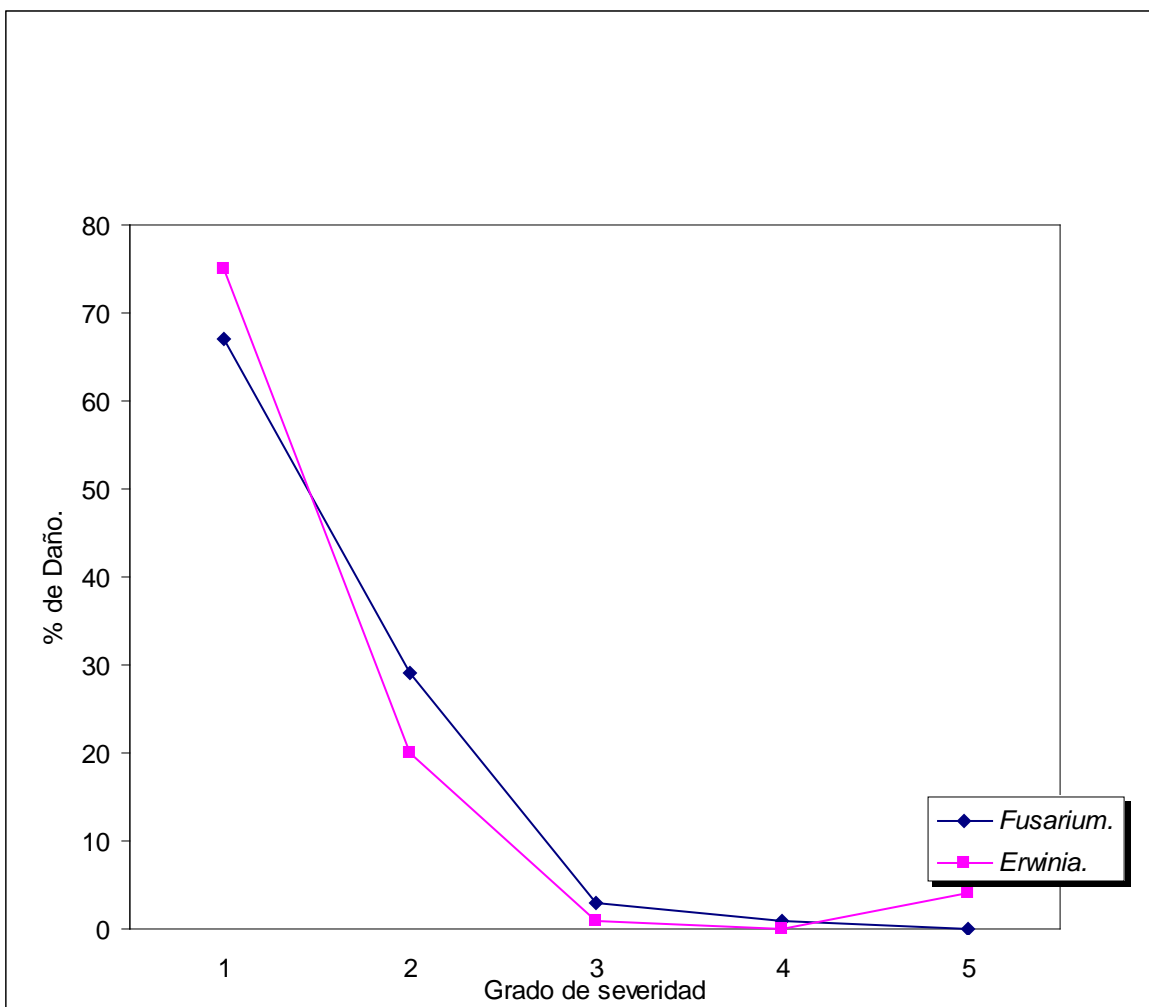


Figura 9. Grado de severidad de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia* sp. en el municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco, junio - diciembre 2002



En la zona Sur, específicamente en los municipios de Autlán de Navarro, y Tonaya la incidencia de *Erwinia* inició fuertemente con un 58% en la escala de 1 el cual disminuyó en los siguientes valores de la escala de incidencia (Figura 10), de mantenerse esta tendencia esta región tendrá problemas con esta enfermedad, ya que avanza 2 cm por día en forma descendente (Martínez *et al*, 1999).

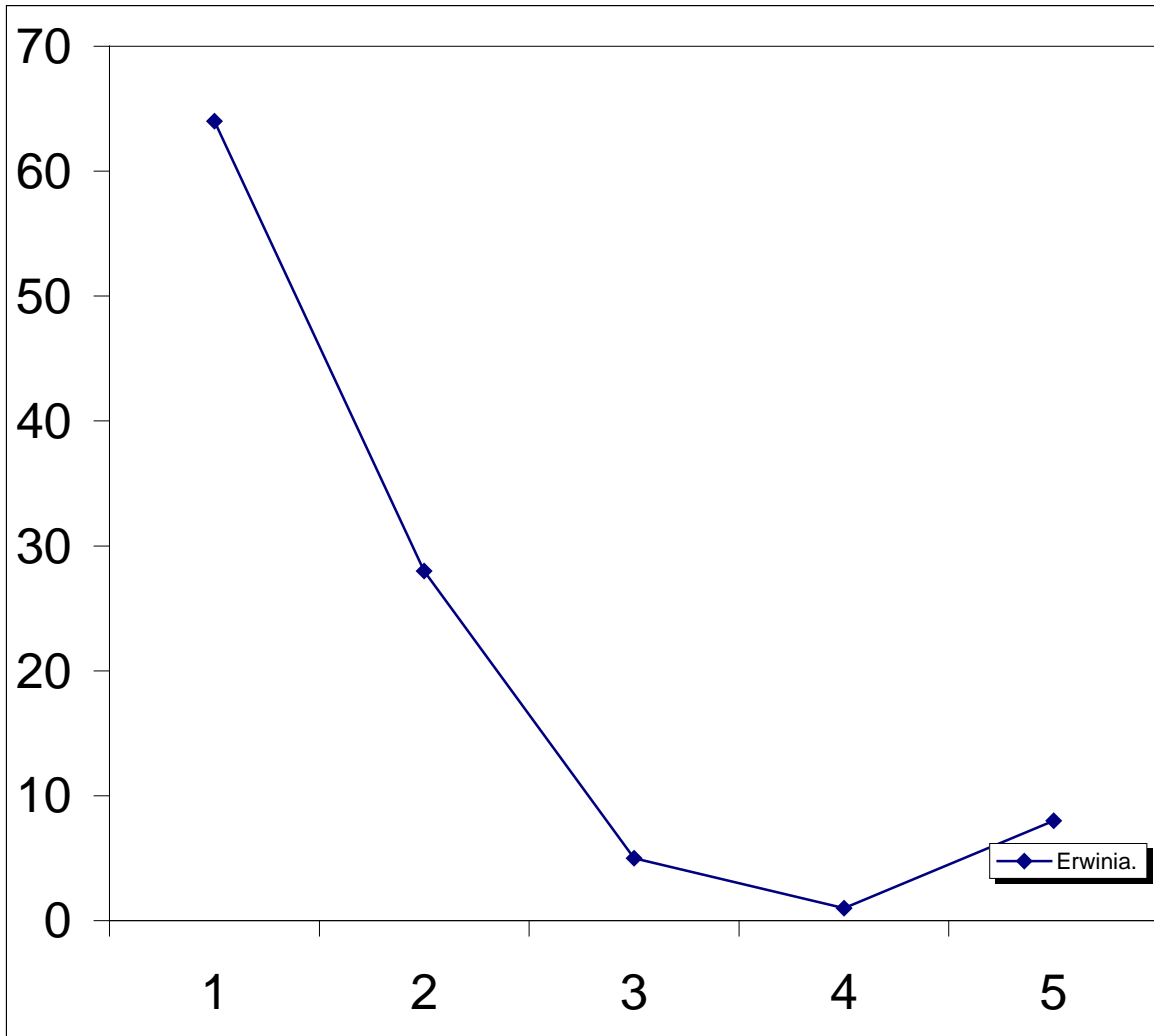


Figura 10. Calificación de los 5 grados de severidad e incidencia de *Erwinia* sp. en la región Sur, del Estado de Jalisco, junio - diciembre 2002

En la zona Sur, específicamente en los municipios de Cocula, Tonaya y Zacoalco de Torres la incidencia de *Fusarium* presento parámetros similares con un 60% en la escala de 1 el cual disminuyó en los siguientes valores de la escala de incidencia (Figura 11).

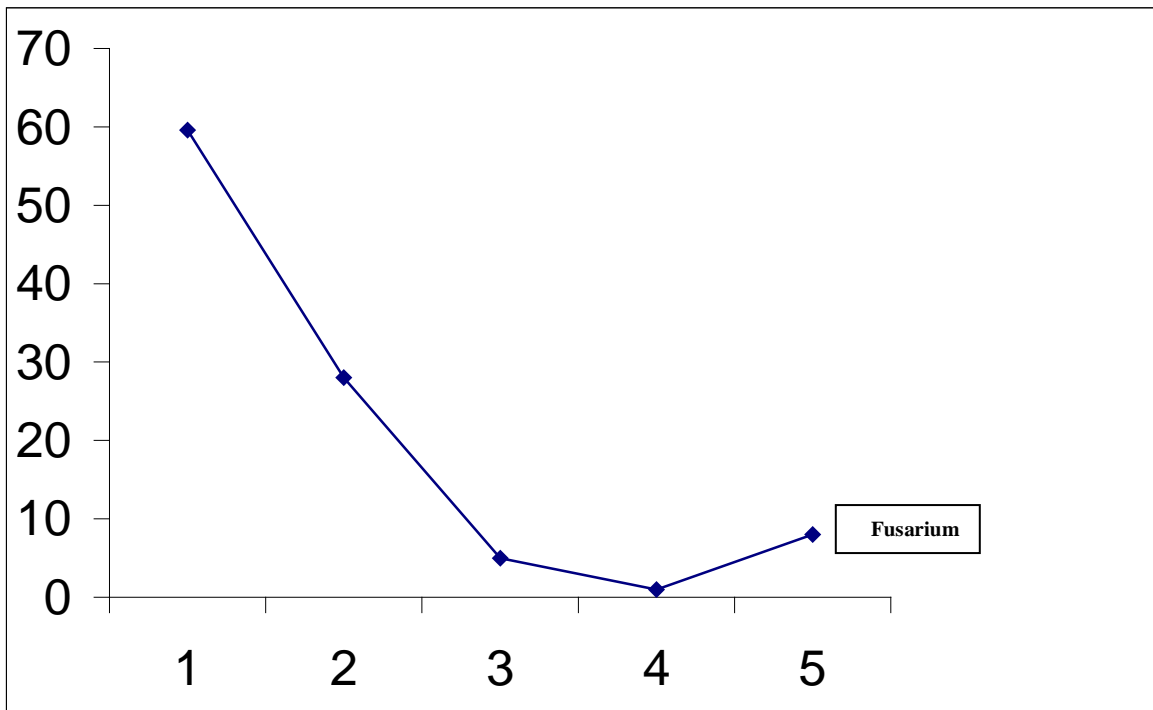


Figura 11. Calificación de los 5 grados de severidad e incidencia de *Fusarium*. en la región Sur, del Estado de Jalisco, junio - diciembre 2002

#### 4.2. Análisis estadístico

Los resultados que se presentaron en ambos patógenos, fueron manejados e interpretados por un modelo no paramétrico, el cual se caracteriza por realizar de una manera sencilla si existe o no una enfermedad, que para el caso de este estudio, sí fue posible manifestar la presencia de las enfermedades como pudrición y marchitez, en relación a la enfermedad esperada según el modelo, y la enfermedad encontrada según el muestreo, además de la prueba de medias y la seguridad en un nivel de confianza del .05%

El análisis estadístico del modelo no paramétrico (Cuadro 4) mostró que hubo diferencias estadísticamente significativas entre la pudrición bacteriana y la marchitez fungosa, en relación a la esperanza y a la presencia de enfermedades

Cuadro 4. Análisis para la determinación en la esperanza y presencia de enfermedades

| <b>Municipio</b>   | <b>E(U) %</b> | <b>Presencia %</b> | <b>Erwinia %</b> | <b>Fusarium %</b> |
|--------------------|---------------|--------------------|------------------|-------------------|
| Autlán de Navarro  | 80            | 75                 | 54               | 46                |
| Cocula             | 70            | 70                 | 80               | 60                |
| Jocotepec          | 69            | 70                 | 60               | 30                |
| San Gabriel        | 78            | 75                 | 79               | 21                |
| Tonaya             | 89            | 89                 | 63               | 37                |
| Villa Corona       | 80            | 80                 | 56               | 44                |
| Zacoalco de Torres | 74            | 70                 | 58               | 42                |

### 4.3. DISCUSIÓN

Datos reportados en los municipios incluidos en este estudio de Gil (1997), señala que la presencia de marchitez y pudrición del cogollo es una situación fitosanitaria que debe atenderse con prontitud dado que de lo contrario ésta situación puede presentar en corto tiempo una pérdida económica significativa para los productores de agave, esto fue confirmado en este trabajo en el cual se tuvo una incidencia de *Erwinia* del 64 % y de *Fusarium* con el 40 % .

El que la incidencia de marchitez y pudrición del cogollo sea alta en la región Sur probablemente se deba como lo ha manifestado Bernal *et al* (2000), a que *Fusarium oxysporum* prospera en suelos resacos, mientras que la bacteriosis se incrementa con la humedad Burton y Wiggington (1970), los suelos de esta región presentan estas condiciones, que son las favorables para la manifestación rápida de dichas enfermedades.

De acuerdo a lo reportado por Ruiz (1997) y a los indicadores que se encontraron en este estudio, la relación de *Erwinia* y *Fusarium* , se encuentra

fuertemente ligada a las condiciones climatológicas que se presentan en la región Sur, ya que las temperaturas diurnas y nocturnas son las que requieren estos patógenos para su desarrollo.

En relación al diseño de muestreo aleatorio estratificado que se eligió para este estudio coincide a lo señalado por Nobel *et al* (1998), quienes señalan que para la estratificación dentro del potencial agroecológico se incluyen de manera directa las variables de diagnóstico, la altitud, pendiente del suelo y precipitación anual, variables dependientes para la manifestación de la marchitez provocada por bacterias y hongos, por lo que para la toma de datos de esta región fue acertado realizar la estratificación.

El potencial fitosanitario para la región Sur de Jalisco, lo manifiesta Ruiz *et al.*, (1999), al señalar que las variables de temperatura media con riesgo para la presencia de marchitez es de 20 a 23.9 °C, y la humedad relativa mayor del 60%, lo que coincide a los rangos encontrados en esta parte del Estado, por lo que se puede señalar que la producción de agave para la región Sur del Estado, está en la zona de riesgo para contraer enfermedades.

Con respecto a la altitud, y de acuerdo a lo señalado con Ruiz *et al.*, (1999), la zona de Autlán y Tonaya, presentan las condiciones más desfavorables y propicias para el desarrollo de patógenos del agave, ya que la poca altura provoca climas demasiado cálidos que pueden provocar una alta tasa de transpiración nocturna, favoreciendo a *Erwinia* y *Fusarium*.

La mayor parte del Estado de Jalisco, tiene una precipitación adecuada para el establecimiento del cultivo del agave, y la región Sur manifiesta esta característica, más sin embargo, ésta misma condición aunada a los problemas de filtración por drenaje lento hace a la planta susceptible para el ataque de enfermedades y pudriciones, situación que así se presenta de acuerdo a lo reportado por Ruiz *et al.*, (1999).

En muchas zonas de esta región, los suelos son planos o con poca pendiente como lo es el caso de Jocotepec y Zacoalco de Torres, situación propicia para el cultivo de agave, pero es esta misma condición la que los ubica en la zona de riesgo para el desarrollo de enfermedades como pudrición y marchitez, al presentarse encharcamientos y suelos de textura pesada, coincidiendo a lo señalado por Ruiz *et al.*, (1999).

En un análisis comparativo de zonas de riesgo clasificadas como bajo, medio y alto, nos encontramos que para la región Sur, no existen zonas sin riesgo, lo que hace al cultivo de agave propicio para enfrentarse con una situación de medio y alto riesgo para contraer enfermedades, de acuerdo a lo encontrado por Flores *et al.*, (2000).

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

De acuerdo con los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, así como la hipótesis científica, se ha llegado a las conclusiones siguientes:

- 1.- Todos los municipios tuvieron la presencia de *Erwinia* sp. Y *Fusarium oxysporum*.
  
- 2.-La incidencia de *Erwinia carotovora*, en promedio fue del 64 % siendo Cocula el más alto con un 80 % y Autlan de Navarro el menos afectado por este patógeno, con un 54 % .
  
- 3.- La incidencia de *Fusarium oxysporum*, en promedio fué del 40 % siendo el municipio de Cocula el más afectado en un 60 %, mientras que el municipio de San Gabriel fue el menos afectado por este patógeno con un 21 %.
  
- 4.- Los patógenos que causan la marchitez por *Fusarium oxysporum* y pudrición del cogollo causada por *Erwinia* sp. en *Agave tequilana* Weber mostraron un daño más severo en plantaciones de 4 años.

## VI LITERATURA CITADA

Agrios, G.N. Fitopatología 1985. Traducción del plant pathology, Editorial Limusa, México D.F.

Agrios, G.N. 1998 Fitopatología UTEHA. Editorial Limusa, S.A de C.V. México pp. 531-608.

Barfield, B.J. 1979. Systems for reducing environmental stress. In : Modification of the environment of crops. ASAE Monograph. B.J. Barfield and J.F. Garber Eds. Pp. 13-21.

Barnett, H. L., Barry, B.H. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Third edition. Editorial Burgess publishing company, Minneapolis, Minnesota. 241 pp.

Bernal Alcocer, A, López Rocha,A.,Martínez Ramírez, J.L., Rodríguez Ruvalcaba,R. y Virgen Calleros, G.2000. Germinación de Micro y Macroconidios *in vitro* de *Fusarium oxysporum* aislado de *Agave tequilana* W. var. azul a diferentes niveles de pH y temperatura. XXVII Congreso Nacional de Fitopatología Puerto Vallarta , Jalisco, México.

Beji. A. Mergaert. J. Gavini. F. Izard. D. Kerster. K. Leclerc H. And Deley (1998). Subjectivo synonymy of *Erwinia* herbícola. *Erwinia* milletiae and Enterobacter agglomerans, and redefinition of the taxon by genotypic and phenotypic data Int. J. Syst. Bacterial. 38: 77-88.

Burton, W., Wigginton, M.J. 1970. The effect of a film of water the oxygen status of a potato tuber. Potato Res. 13: 180-186.

Bernal Alcocer A. y López Rocha A.J. 2001. Germinación in vitro de conidios y clamidosporas de *Fusarium oxysporum* aislado de *Agave tequilana* Weber var.

azul a diferentes niveles de pH y temperatura. Tesis licenciatura. Universidad de Guadalajara. p. 43.

Camacho, S.J, y Carbonell, E. 1997. Problemas en la utilización de la estadística en la investigación agrícola. En: Enseñanza de la Biometría, experiencias y soluciones. International Biometría Society Network for América and the caribbean. Xalapa. Veracruz. Pp. 29 – 45.

De la Cerda, J.A. 1967. Fibras duras. La ciencia en las zonas áridas, serie aridocultura Tomo III México. 385 pp.

Consejo Regular del Tequila 1997. Inventario general del cultivo de *Agave tequilana* Weber en la zona protegida con la denominación de origen del tequila. Guadalajara, Jalisco, México pp. 35-49.

Consejo Regulador del Tequila, A.C. 1998. Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva Agave – Tequila Avances a Diciembre 1998.

Consejo Regulador del Tequila 1999 [en línea] <http://www.crt.org.mx>.

FAO. 1994. ecoocrop 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.

Flores L.,H.E., K.F. Byerly, J.J. Aceves R.,J. Ireta M., R. Soltero Q., C. Alvarez M.,H. Castañeda V., J.A. Ruiz C.,P. Rodríguez G. y F.J. Flores M. 2002. Análisis agroecológico *Agave tequilana* Weber var. Azul con énfasis en problemas fitosanitarios en Jalisco. Publicación Especial Núm. 1. INFAP-CIRPAC-CEAJAL. Tepatitlán, Jal. México. 161 p.



Flores, M.F.J.1998. El cultivo de agave azul tequilana (Weber), Foro de análisis de la problemática de la cadena productiva agave-tequila, p.57-66.

Flores L., H.E. 2000. Informe final del proyecto CONACYT Análisis agroecológico del *Agave tequilana Weber* var. azul, con énfasis a problemas fitosanitarios. INIFAP Universidad de Guadalajara. Documento de circulación interna. Tepatitlán, Jalisco. 153 p.

Fucikovsky., Z.L. 2002. Bacteriosis y otros problemas en *Agave tequilana Weber* var. azul. Curso Acreditación en Fitosanidad., del *Agave tequilana Weber*, var. azul. Tlajocumlo de Zúñiga, Jalisco, México p27.

García, G.R.,González, G.F.J. 1995. *Agave*, alternativa económica para la zona de Arandas, Jal. Tesis de Licenciatura C.U.C.B.A., U de G.

Gentry, Howard S. 1982. *Agaves of Continental North America*, The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. P.p.61,p.p. 382-586.

Gil, V.K. 1997. Caracterización genética del *Agave* sp utilizando marcadores moleculares. Tesis de Maestría en Ciencias, CINVESTAV. Irapuato, Guanajuato. México.

González, H.H. 1998. Avances del proyecto: Determinación de las principales plagas del agave en Jalisco y algunas medidas de control. Programa general de apoyo y desarrollo tecnológico a la cadena productiva *Agave – Tequila*.

Granados, S.D.1993. Los agaves de México, Universidad Autónoma de Chapingo.

Hauben. L.. Moore E.R.B.. Vautern. L.. Steenackers. M. Megaert. J.. Verdonck. L. And Swings. L. 1998. Phylogenetic position of phytopathogens within the Eterobacteriaceae Systematic applied Microbiology 21: 384-397.

Holt. J. G. Krieg. N.R., Sneath. PH., Staley. J. Tand Williams. ST 1994 Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9<sup>th</sup> edition (pp 175-184) Williams and Wilkins. Baltimore. Maryland.

Ibarra. N, M. 2002. Distribución e Incidencia de Marchitez del Agave (*Agave tequilana* weber ), en los Altos de Jalisco. Tesis de Licenciatura, CUCBA UdeG

INEGI, 1997a. Encuesta industrial mensual. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. México.

INEGI, 1997b. Monografías Municipales. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.

INEGI,1997c. el agave tequilero en el Estado de Jalisco. VII Censo Agropecuario 1991 Ed. INEGI, Aguascalientes, Ags.

Infante , G.S. 1983. Métodos Estadísticos , un enfoque interdisciplinario , Editorial Trillas ,México .

Jiménez Hidalgo. I; Virgen Calleros .G , Martínez de la Vega . O, Vandermark G, y Olalde Portugal V ; 2003. Identification and characterization of Bacteria causing soft rot in *Agave tequilana* Weber blue var. European Journal Plant Pathology in Press.

Kotoujansky., A. 1987. Molecular genetics of pathogenesis by soft-rot erwinias. Ann. Rev phytopathol. 25: 405-430.

Kwon. S.W.. Go. S.J..Kang. H.W..Ryu.J.C. and Jo.J.K. 1997. Phylogenetic of Erwinia species based on 16S r DNA gene sequences. Int. J. Syst Bacteriol. 47: 1061-1067.

- Kreyszig, E. (1973) "Introducción a la estadística matemática, principios y métodos"  
Editorial Limusa. primera edición pp 391-403
- Kluge, M., and I.P. Ting. 1978. Crassulacean acid metabolism. Analysis of an  
ecological adaptation. Springer-verlag, Berlin, Germany. 209 p.
- Lezama, M.M. 1952. Historia, producción industrialización y algunas plagas de los  
Agaves. Parasitología Agrícola. Universidad Autonoma de Chapingo, México.
- Loera, Q.M.M. 2000 Selección in vitro de *Agave tequilana* Weber var azul para  
resistencia a *Fusarium oxysporum*, Tesis de Maestría en Ciencias en Procesos  
Biotecnológicos CUSEI U de G.
- López, U.J.P. 1990. Evaluación de diferentes dosis de fertilización (N-P-K) en el  
agave tequilero (*Agave tequilana* Weber). Tesis de Licenciatura C.U.C.B.A. U  
de G.
- Luna H.G. 1996. Pudrición de tallo de *Agave tequilana* L. Weber en el Estado de  
Jalisco, México. Tesis Profesional. Parasitología Agrícola, Universidad  
Autonoma de Chapingo. México
- Luna, H.G.1998. Boceto: Primer eslabón en la cadena productiva Agave-Tequila.  
Diplomado Desarrollo Rural Sostenible, Guadalajara, Jal.
- Maher, E.A; and Kelman, A. 1983. Oxygen status of potato tuber tissue in relation to  
maceration by pectic enzymes of *Erwinia carotovora*. Phytopathology 73:536-  
539.
- Martínez, R.J.L. 1978. Diagnostico de enfermedades de plantas. Tesis de  
Licenciatura C.U.C.B.A. U de G.

- Martínez, R.J.L. 1994. Informe sobre el diagnóstico de la marchitez en Agave. Tequila Cuervo. Inédito.
- Martínez, R.J.L., Vázquez, G.M., Pimienta, B.E., Torres, M.P., Bernal, M.F., Rodríguez, R.R, Flores, M.F. y Virgen, C.G. Centro de Investigación en Parasitología Vegetal, Departamento de Producción Agrícola, CUCBA U de G. 1998. Avances del proyecto: Epidemiología y manejo integrado de problemas fitosanitarios en agave. Foro de análisis de la problemática de la cadena productiva Agave-Tequila. p. 20-25. 165 pp.
- Medina G., G., J.A. Ruiz C. y R.A. Martínez P. y M. Ortiz V. 1997. Metodología para la determinación del potencial productivo de especies vegetales. Agricultura Técnica en México, 23(1): 69-90.
- Medina G., G., J.A. Ruiz C. y R.A. Martínez P. 1998. los climas de México, una estratificación ambiental basada en el componente climático. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRPAC. Guadalajara, Jal. 105 p.
- Mendoza, Z.C. 1995. Evaluación de efectividad biológica de fungicidas. En D.M. Sánchez., J.C.R. Maciel., H.S. Arroyo., A.L. Tejeda (eds). Aprobación en estudios de efectividad biológica de plaguicidas. Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. pp 186-243.
- Mesa, A.M 1959. Cultivo del henequén. Los recursos del sureste y su aprovechamiento. INIMRNR. 13:16.91.
- Monroy, S.B.M. 1999 Selección Celular de *Agave tequilana* Weber var, azul para resistencia a Bacterias, Tesis de Maestría en Ciencias en Procesos Biotecnológicos CUCEI U de G.

- Muria, J.M. 1990. El tequila. Boceto Histórico de una industria, cuaderno de difusión científica, No. 18, Universidad de Guadalajara, Jalisco pp 11-12.
- Nobel, P.S. and T.L. Hartsock. 1984. Pshyological responses of *Opuntia Ficus-indica* to growth temperature. *Physiol. Plant.* 60:98-105.
- Nobel, P.S. and A.G. Valenzuela. 1987. environmental responses and productivity of the CAM plant, *Agave tequilana*. *Agricultural and Forest Metereology*, 39:319-334.
- Nobel, P.S. and M. Castañeda, G. North, E. Pimienta-Barríos y A. Ruiz. 1998. Temperatura influences on leaf CO<sub>2</sub> exchange, cell viability and cultivation range for *Agave tequilana*. *Journal of Arid Environments*, 29:1-9.
- Nobel, P.S. 1998. *Los incomparables agaves y cactus*. Traducción Edmundo García Moya. Ed. Trillas. México, DF. 211 p.
- López, U.J.P. 1990, Evaluación de diferentes dosis de fertilización (N-P-K-) en el agave tequilero (*Agave tequilana* Weber). Tesis de Licenciatura CUCBA. U de G.
- Lund, B.B; and Wyatt, G.M. 1972. The effect of oxygen and carbon dioxide concentrations on bacterial soft rot. I. King Eduard potatoes inoculated whit *Erwinia carotovora* var atroseptica. *Potato Res.* 15:174-179.
- Palm, C.E. 1985. Desarrollo y control de enfermedades de las plantas National Academy of sciences Vol I. Ed. Limusa. Noriega. México. pp. 18-23,82
- Palm, C.E. 1990. Plantas nocivas y como combatirlas. National Academy of sciences vol. 2. Ed. Limusa. Noriega. México. pp. 114-120.

Pedroza, S.A. 1995. Epidemiología Agrícola. Principios y aplicaciones. Unidad Regional de Zonas Aridas, UACH. Bermejillo, Durango. 104 p.

Pérez, S.P. 1980. Problemas fitosanitarios del maguey pulquero en la mesa central de México. Revista Chapingo No. 23-24. Chapingo, México.

Perez, G.A. 2002 CULTIVOS INDUSTRIALES; DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CUCBA U de G apuntes de Asignatura pp16.

Pérez, Lázaro 1887. Estudio sobre el agave llamado mezcal, Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana. México. 11: 132-136.

Pedroza, S.A, 2002. Evaluación de enfermedades y parámetros de confiabilidad, Curso de acreditación en Fitosanidad del *Agave tequilana* Weber var. azul, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. P9.

Pimienta B., E., C. Robles M., J.A. Ruiz C., P.S. Nobel y J. García Galindo. 1999. Regiones térmicas óptimas y marginales para el cultivo de *Agave tequilana* en el Estado de Jalisco. Universidad de Guadalajara Programa de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva *Agave-tequilana*. 1ª Ed. Pandora. Guadalajara, Jal., México. 47 p.

Pimienta B., E., C. Robles M., J.A. Ruiz C., P.S. Nobel 2001. Net CO<sub>2</sub> uptake of *Agave tequilana* in a warm and a temperate environment. BIOTROPICA 33(2):312-318.

Rijks, D. 1994. Agroclimatic characterization. In: Handbook of agricultural meteorology. John F. Griffiths Ed. Oxford Univ. Press. New York, USA. Pp 241-244.

- Rodríguez, R.R. 2002 Extractos de origen vegetal para el control de *Fusarium oxysporum* y *Erwinia sp*, aislados de agave (*Agave tequilana* Weber variedad azul) Tesis de Maestría en Ciencias PICAFA, CUCBA U de G.
- Ruiz C., J.A. 1993. Zonas con potencial agroclimático para el cultivo de guayaba en los estados de Zacatecas y Aguascalientes. FITOTECNIA 16(1):69-78.
- Ruiz C., J.A. 1996. Modificaciones microclimáticas aplicadas a la agricultura. Seminarios Técnicos. Facultad de Agricultura-CUCBA-Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jal., México. Documento inédito. 35 p.
- Ruiz C., J.A. H.E. Flores L., R.A. Martínez P., D.R. González E. y L. Nava V. 1997. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el Distrito de Desarrollo Rural de Zapopan, Jalisco. Folleto Técnico Num. 5. INFAP-CIRPAC. Campo Exp. Centro de Jalisco. Tlajomulco, Jal. 60 p.
- Ruiz C., J.A. H.E. Flores L., R.A. Martínez P., D.R. González E. y L. Nava V. 1998. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el Distrito de Desarrollo Rural 067 Ameca. Folleto Técnico Num. 6. INFAP-CIRPAC. Campo Exp. Centro de Jalisco. Tlajomulco de Z., Jal. 46p.
- Ruiz C., J.A., Medina G., I.J. Gonzalez A., C. Ortiz T., H.E. Flores L., R.A. Martínez P. K.F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. libro técnico Núm. 3. INFAP. Ed. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.
- SAGAR, 1998. Boceto: Información general del agave tequilero en Jalisco, 25 pp.
- SAGAR, 1999. Datos estadísticos de Agave azul tequilana Weber.
- Salinas, L. Aidee Orozco, Fabiola Virgen, Cinthia Quiriz, Antonio Mojica Celia Beltrán, Miriam de Santiago, Javier González, Tetsuya Ogura, Cecilia Velez, Adriana

Ramírez, Enrique Legoneta, Luis Sofchii, Francisco Flores; Estudio de la marchitez, en plantas de *Agave tequilana* L. Weber cultivadas en macetas 1999; Universidad Autónoma de Guadalajara A. Patria 1201, Col. Lomas del Valle, Guadalajara, Jal., Congreso Latinoamericano de Fitopatología. 1999. Guadalajara, Jalisco, México. Resumen 44.

Salgador MO, HF Schwartz, MA Brick y MA Pastor Corrales. 1994. Resistense to fusarium oxysporum f.sp. phaseoli in tera py beans (phaseohis acutifolius). Plant Dis. 78:357-360.

Sánchez, P.J.M. 2000. Uso de *Scyphophorus acupunctatus* Gill en pruebas de patogenicidad de *Erwinia carotovora* en *Agave tequilana* Weber var azul Tesis de Maestría en Ciencias en Procesos Biotecnológicos CUCEI U de G.

Spröer, C.. Mendrock. V. Swinderki. J.. Lang. E. and Stockebrandt (1999) The phylogenetic position of *Serratia Buttiauxena* and some other genera of the family Enterobacteriaceae. Int. J. Syst. Bacteriol. 49:1433-1438

Toyoda H,K Horikoshi, Y. Yamano y S Ouchi. 1991. Selection for Fusarium wilt disease resistense from regenerants derived from leaf callus of strawberry. Plant cell Rep. 10:167-170.

Valenzuela, Z.A.G. 1985. Enfermedades en el cultivo del agave tequilero. Agro-Cultura. La revista con mas campo. Grupo editorial EKON S.A de C.V. Año 5 No. 34

Valenzuela, Z.A.G. 1987. La poda en el agave tequilero (*Agave tequilana* Weber) y su influencia en la productividad. Tesis de Licenciatura C.U.C.B.A. U de G.

Valencuela, Z.A.G. 1994. El agave tequilero su cultivo e industrialización. Editorial Agata 119p.



- Valenzuela, Z.A.G. 1997. El agave tequilero; su cultivo e industria. Editorial Litteris Segunda Edición, 204 pp.
- Vázquez, V.P. 1976. Proyecto de la instalación e industrializadora de mezcal (Agave tequilana). Tesis de Licenciatura C.U.C.B.A U de G.
- Vélez, G.C., Álvarez de la C. y Rodríguez, G.B. 1996. Aislamiento de *Erwinia* del grupo carotovora como patógeno de *Agave tequilana*. Resumen XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, Guadalajara, Jal. México.
- Vélez G,C. 1997 Selección Celular para Resistencia a Filtrados Microbianos en Agave tequilana Weber. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara, México.
- Virgen, C.G. 1997. Biología y manejo de *Fusarium* sp. Departamento de Biotecnología y Bioquímica, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Unidad Irapuato, Irapuato, Gto.
- Virgen, C.G. 1998. Avances del proyecto: Epidemiología y manejo integrado de problemas fitosanitarios en agave (*Agave tequilana* Weber). Programa general de apoyo y desarrollo tecnológico a la cadena productiva Agave-Tequila.
- Virgen, C.G., Martínez, R.J.L., Rodríguez, R.R., Pimienta, B.E., Vázquez, G.M., Bernal, A.A., López, R.A.J., Aguirre, V.T. Monserrat . 2000. avances del proyecto. Epidemiología y manejo de problemas fitosanitarios en agave (*Agave tequilana* Weber var. azul). Programa general de apoyo y desarrollo tecnológico a la cadena productiva Agave – Tequila CUCBA U de G.
- Virgen, C.G. 2002 Enfermedades en el cultivo de agave (*Agave tequilana* W. var azul). Curso de acreditación en fitosanidad del *Agave tequilana* Weber variedad azul. Tlajomulco de Zúñiga, México. p. 17.

Vicente. R, I. 2002. Incidencia y Severidad de Anillo Rojo, pudrición del tallo y cogollo en *Agave tequilana* Weber. Tesis de Maestría en Ciencias CUCBA UdeG.

Villalvazo, R.A.S. 1986. El cultivo del Mrezcal (*Agave tequilana* L. Weber) en la región de Tequila, Jalisco Departamento de Fitotecnia. Universidad Autonoma de Chapingo, México.

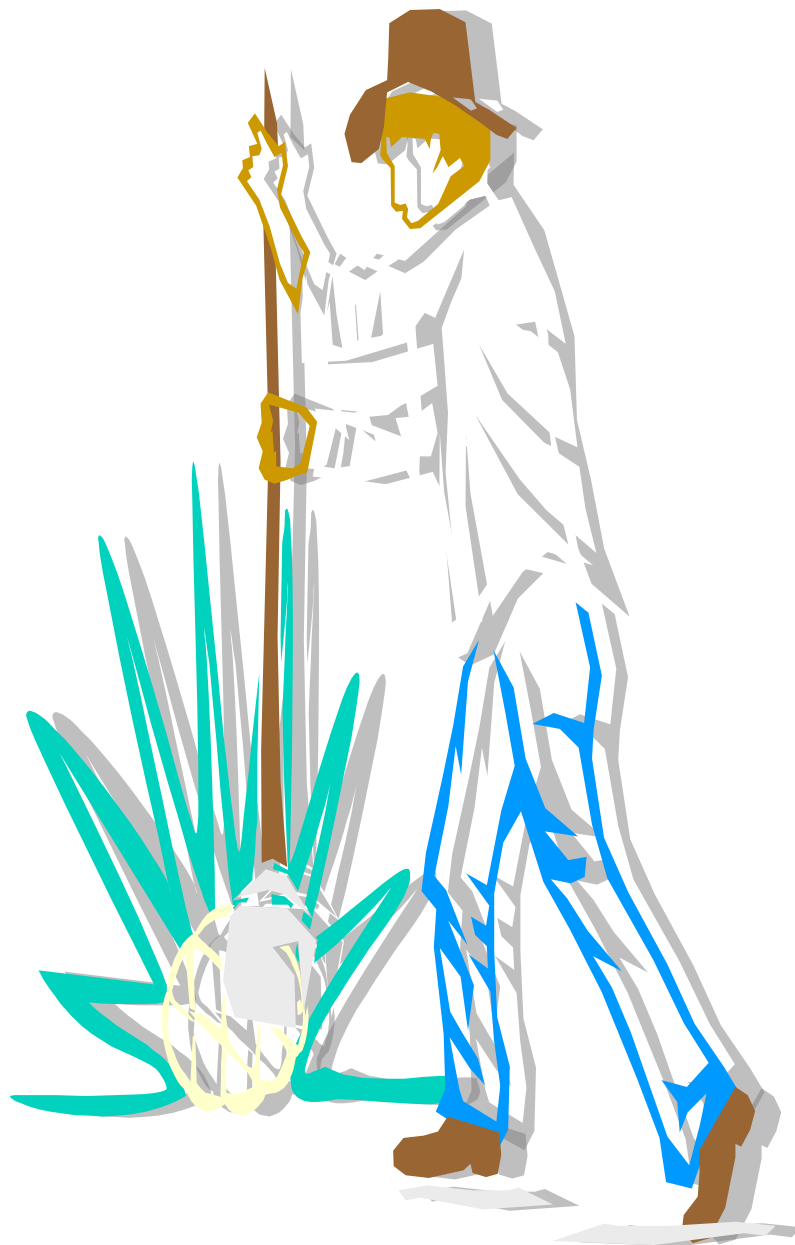
## **VII APENDICE**



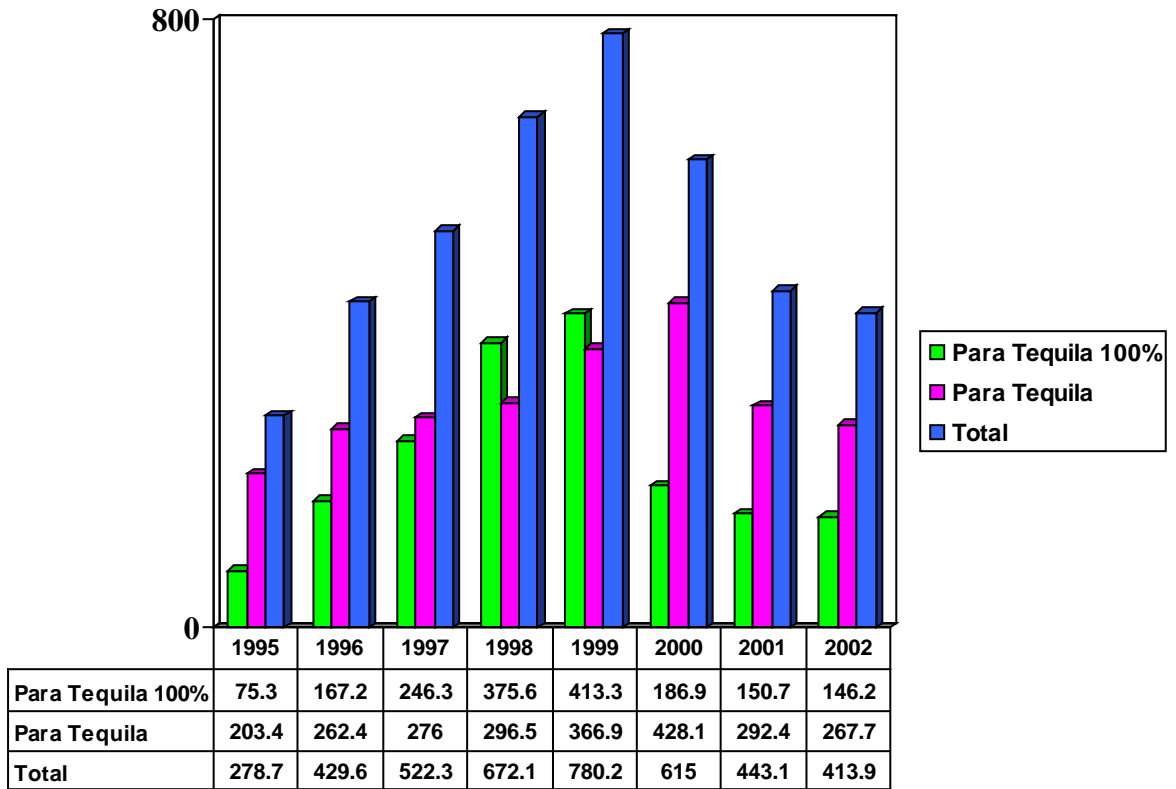
**INFORMACION ESTADÍSTICA**

**ENERO- DICIEMBRE 2002**

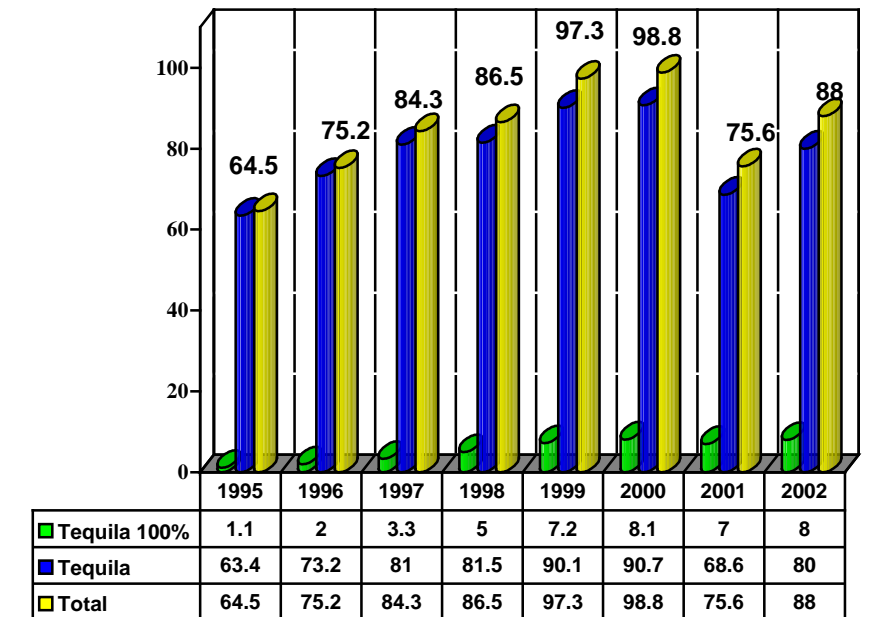
**1995-2002**



**CONSUMO DE AGAVE PARA TEQUILA**



### EXPORTACIONES DE TEQUILA Y TEQUILA 100 %



## EXPORTACIONES POR DESTINO

