

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**  
**ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**



**CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE PAPA EN EL COMPLEJO PUNTA MORADA  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Por:

**ALFREDO CADENAS VÁZQUEZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITOLOGO.**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo del 2007.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTOINIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA.

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE PAPA EN EL COMPLEJO PUNTA MORADA  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

Presentada por:

**ALFREDO CADENAS VÁZQUEZ.**

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener  
el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITOLOGO

Aprobada por:

Presidente del jurado.

Sinodal.

---

**Dr. Alberto Flores Olivas**

---

**M.C. Roberto Carlos Moctezuma Gutiérrez**

Sinodal

Sinodal

---

**Dr. Adalberto Benavides Mendoza.**

---

**M.C. Abiel Sánchez Arizpe**

**COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA.**

---

**M.C. Arnoldo Oyervides García**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Marzo del 2007**

## **AGRADECIMIENTOS**

Con cariño a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto las puertas, por haberme brindado la oportunidad de superarme.

Al Dr. Alberto Flores Olivas, por su magnífica asesoría y por su gran apoyo para la realización de este trabajo de tesis.

Expreso mi humilde y profundo agradecimiento al M.C Roberto Carlos Moctezuma Gutiérrez por su valiosa aportación para realizar la investigación de campo e invernadero y por brindar el apoyo necesario para llevar a cabo satisfactoriamente este trabajo.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza, por sus aportaciones y disponibilidad para la revisión de este trabajo.

Al M.C Abiel Sánchez Arizpe, por su importante asesoría y acertadas sugerencias para el buen desarrollo de este trabajo.

A alguien muy especial para mí, Mariana Vallejo Betan por su cariño y amor que me ha brindado en todo momento, por su apoyo y confianza, por enseñarme que en la vida no hay obstáculo que no se pueda superar.

A todos mis compañeros de generación y a todas aquellas personas que de una u otra forma participaron en mi formación durante mi paso por la Universidad.

A mis amigos, Anselmo de León, Rubén de León a la familia Espinoza, Luís Alberto, José Luís, J. Fernando Inés, a mis compañeros del dormitorio Paraíso cuarto 7 y cuarto 2, por su valiosa amistad que me ha brindado en todo este tiempo.

## **DEDICATORIA.**

A dios por haberme brindado la oportunidad de dar un paso mas en la enseñanza diaria de mi vida, por haberme guiado en aquellos momentos difíciles, y por darles vida y salud a mis padres que para mi son un gran tesoro.

### **A MIS PADRES.**

*FELIX CADENAS TEPOXTECO*

*RAMONA VAZQUEZ MACEDA*

A el quien a través de sus esfuerzos y sufrimientos me ha dado uno de los valores mas valiosos, porque se que para apoyarme trabajaste bajo el sol todos los días y te preocupaste en tener todo lo necesario para que yo no sufriera y seguir adelante sin ningún obstáculo.

A ella por darme muchos consejos para tener muchos principios, por darme las atenciones necesarias en mis estudios, por realizar un esfuerzo de trabajo para que no me falte nada, gracias mama porque aunque yo estaba lejos de ti me diste mucho cariño, por esto y por muchas cosas mas les dedico esta tesis en recompensa a su gran esfuerzo, gracias papas sin ustedes dos no hubiera logrado ser lo que ahora soy.

¡Mama, Papa, este logro es de ustedes;

### **A MIS HERMANOS.**

*ANGELICA*

*JUAN PEDRO*

*LEONARDO DANIEL*

*CELESTE ISAMAR,*

Por su incondicional apoyo, por los momentos felices y tristes que pasamos juntos, por hacer una familia unida aunque ahora estemos distanciados se que estamos el uno para el otro.

### **A MI SOBRINO.**

*ISAAC BAUTISTA CRISTOBAL.*

Por alegrar la vida a la familia con su existencia.

A toda mi familia que de alguna otra forma a contribuido para que lograra esta carrera.

**¡Gracias Familia!**

## INDICE DE CONTENIDO.

	Pagina.
INDICE DE CUADROS.....	I
INDICE DE FIGURAS.....	III
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
HIPOTESIS .....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
El cultivo de la papa .....	4
Origen y distribución.....	4
Importancia económica.....	5
Clasificación taxonómica.....	5
Generalidades botánicas de la planta.....	6
Hábitos de crecimiento.....	6
Punta morada de la papa .....	7
Antecedentes.....	7
Importancia económica de la punta morada.....	8
Síntomas de la punta morada de la papa.....	10
Síntomas foliares.....	10
Síntomas en tubérculos.....	12
Síntomas celulares .....	13
Síntomas causados por fitoplasmas.....	13
Síntomas causados por <i>F. oxysporum</i> .....	1

	Pagina
Síntomas causados por <i>V. dahliae</i> .....	15
Agente causal de la punta morada.....	15
Fitoplasmas.....	17
Clasificación taxonómica de fitoplasmas.....	17
Morfología de fitoplasmas.....	17
Insectos vectores de Fitoplasmas.....	18
<i>Bactericera cockerelli</i> .....	20
Ciclo de vida de <i>B. cockerelli</i> .....	21
Biología de <i>B. cockerelli</i> .....	22
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht.....	22
Descripción y características del patógeno.....	23
Ubicación taxonomica.....	24
Ciclo biologico de <i>F. oxysporum</i> .....	24
Distribución y gama de hospederos.....	26
<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.....	26
Biología del hongo.....	27
MATERIALES Y METODOS.....	28
RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
CONCLUSIONES.....	48
LITERATURA CITADA.....	49
APENDICE.....	56

## INDICE DE CUADROS.

Pagina.

Cuadro 1: Relación de tratamientos aplicados para determinar el crecimiento y producción de papa, afectados por punta morada. UAAAN 2007.....	33
Cuadro 3. Altura de plantas de papa en cada tratamiento según las lecturas tomadas en las diferentes fechas de evaluación. UAAAN 2007.....	56
Cuadro 3.1 Análisis de varianza de las alturas de plantas de papa efectuados en un diseño completamente al azar. UAAAN 2007.....	56
Cuadro 4. Diámetro de tallos de plantas de papa en cada tratamiento según las lecturas tomadas en las diferentes fechas de evaluación. UAAAN 2007...	57
Cuadro 4.1 Análisis de varianza de los diámetros de tallos de plantas de papa Efectuados en un diseño completamente al azar. UAAAN 2007.....	57
Cuadro 5. Numero de hojas de plantas de papa en cada tratamiento según las lecturas tomadas en las diferentes fechas de evaluación. ....	58
Cuadro 5.1 Análisis de varianza de los diámetros de tallos de plantas de papa Efectuados en un diseño completamente al azar, UAAAN 2007.....	58
Cuadro 6. Biomasa de follaje y raíz de plantas de papa con síntomas de punta morada, tomas a los 54 días después de la Siembra. UAAAN 2007.....	59
Cuadro 6.1 Análisis de varianza de la biomasa de follaje de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas 54 días después de siembra. UAAAN 2007.....	59
Cuadro 6.2 Análisis de varianza de la biomasa de raíz de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 54 días después de siembra.....	60
UAAAN 2007	

Cuadro 7. Biomasa de plantas de papa con síntomas de punta morada tomados a los 71 días después de la siembra. UAAAN 2007.....	61
Cuadro 7.1 Análisis de varianza de la biomasa de follaje de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 71 días después de siembra . UAAAN 2007.....	61
Cuadro 7.2 Análisis de varianza de la biomasa de raíz de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 71 días después de siembra. UAAAN 2007.....	62
Cuadro 8. Numero de tubérculos de plantas de papa con síntomas de punta morada tomados a los 54 y los 71 días des pues de la siembra. UAAAN 2007.....	62
Cuadro 8.1 Análisis de varianza de los tubérculos de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 54 días después de siembra. UAAAN 2007.....	63
Cuadro 8.2 Análisis de varianza de los tubérculos de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 71 días después de siembra. UAAAN 2007....	63
Cuadro 9. Rendimiento y manchado de tubérculos por cada tratamiento.....	64



## INDICE DE FIGURAS.

	Pagina.
Figura 1. Cama acondicionada en forma de micro túnel.....	29
Figura 2. Inoculación del hongo <i>F. oxysporum</i> , utilizando jeringa hipodérmica estéril.....	32
Figura 3. Cosecha de tubérculos.....	33
Figura 4. Comportamiento de temperatura y humedad relativa en los meses Julio, Agosto y Septiembre. UAAAN 2007. ....	37
Figura 5. Altura de plantas de papa tratadas con <i>B. cockerelli</i> y <i>F.oxysporum</i> tomadas en las diferentes fechas de evaluación.T1 es el insecto, T2 es el insecto y <i>Fusarium</i> , T3 es el <i>Fusarium</i> , T4 es el insecto, <i>Fusarium</i> y <i>Verticillium</i> , T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007. ....	39
Figura 6. Diámetro de tallos de plantas de papa tratadas con <i>B. cockerelli</i> y <i>F. oxysporum</i> tomadas en las diferentes fechas de evaluación. T1 es el insecto, T2 es el insecto y <i>Fusarium</i> , T3 es el <i>Fusarium</i> , T4 es el insecto, <i>Fusarium</i> y <i>Verticillium</i> , T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.....	41
Figura 7. Numero de hojas de plantas de papa, tratadas con <i>B. cockerelli</i> y <i>F. oxysporum</i> , tomadas en las diferentes fechas de evaluación. T1 es el insecto, T2 es el insecto y <i>Fusarium</i> , T3 es el <i>Fusarium</i> , T4 es el insecto, <i>Fusarium</i> y <i>Verticillium</i> , T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.....	42
Figura 8. Biomasa de follaje y de raíz tomados a los 54 días después de la Siembra expresada en gramos. T1 es el insecto, T2 es el insecto y <i>Fusarium</i> , T3 es el <i>Fusarium</i> , T4 es el insecto, <i>Fusarium</i> y <i>Verticillium</i> , T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.....	44
Figura 9. Biomasa de follaje y de raíz a los 71 días después de la siembra expresada en gramos. T1 es el insecto, T2 es el insecto y <i>Fusarium</i> , T3 es el <i>Fusarium</i> , T4 es el	

insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007..... 45

Figura 10. Numero de tubérculos obtenidos a los 54 y 71 días después de la siembra. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007..... 46

Figura 11. Rendimiento promedio de las plantas de papa por cada tratamiento. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007..... 47

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa se encuentra entre los cuatro mas importantes de México, la producción nacional para el año 2006 fue de 1, 780, 000 ton, (SAGARPA, 2006).

Las principales variedades cultivadas son: Alpha, Atlantic, Gigant, Herta, Premier, Mondial, Norteña, Granola, Diamante, White Rose, entre otras. (García, 1996; Cepeda, 2000).

Para la región agrícola del sur de Coahuila y Nuevo León, la papa es la principal hortaliza que se siembra, es un cultivo de mucha importancia por la derrama económica que genera y la gran cantidad de mano de obra que utiliza, entre 70 y 100 jornales por hectárea. En la actualidad se siembra aproximadamente 6, 000 ha, con rendimiento promedio de 30 a 35 ton/ha, siendo de los mas altos a nivel nacional; el costo por unidad de superficie es elevado ya que se requiere inversiones que oscilan entre \$ 90, 000 y 110, 000 por hectárea.

Una de las causas del elevado costo de producción, es el ataque de enfermedades como es el caso de la enfermedad llamada punta morada, que se considera es ocasionada por varios factores, entre los cuales se encuentran fitoplasmas y hongos fitopatógenos. Este complejo, entre otros aspectos, disminuye la producción y calidad de los tubérculos al inducir acumulación de metabolitos, ocasionándoles un manchado interno que los hace inadecuados para la industria (Cadena, 1996; Triplehon y Jonson, 2005).

El síndrome de esta enfermedad se manifiesta en coloración morada de los brotes apicales (punta morada) y brotes germinales en forma de hilo esta, última; recientemente ha originado los mayores estragos al pasar desapercibida en tubérculos aparentemente sanos que no germinan o lo hacen muy pobremente al ser usados como semilla (Martínez-Soriano,1999).

Se menciona y la literatura reporta que la enfermedad es ocasiona por microorganismos conocidos como fitoplasmas que son trasmitidos por insectos chupadores, por los hongos *F. oxysporum* y *V. dahliae* siendo estos parásitos, que se encuentran en el suelo causando daños vasculares a sus hospederos

Durante los años 2003 y 2004, la incidencia de esta enfermedad se incremento considerablemente, llegando al 100 por ciento en algunas áreas productoras de papa del país. Como fue el caso de la región de Coahuila y Nuevo León; en donde la reducción del rendimiento fue del 90 y 100 por ciento respectivamente ya que los pocos tubérculos obtenidos no tenían la calidad deseada (Flores, *et al.* 2004).

Actualmente la información disponible respecto a etiología y epidemiología de la punta morada de la papa es poca y aun confusa, mas aun, se desconoce los cambios fisiológicos y anatómicos que ocurren en las plantas de papa, atacadas por esta enfermedad. Por ello se planteo el presente trabajo, el cual formo parte de un proyecto mayor, enfocado a conocer la dinámica de crecimiento de plantas atacadas por la enfermedad y conocer el rendimiento en el patosistema *Solanum tuberosum* L. - punta morada.

### **Objetivos.**

- Conocer la dinámica de crecimiento de plantas de papa con síntomas de punta morada infectada con *F. oxysporum* e infestada con el insecto *B. cockerelli* supuesto portador de fitoplasma.
- Evaluar rendimiento de plantas de papa con síntomas de punta morada infectadas con *F. oxysporum* e infestada con el insecto *B. cockerelli* supuesto portador de fitoplasma.

### **Hipótesis**

- El crecimiento de plantas de papa es afectado de una forma severa en el rendimiento donde se combina el insecto vector (*B. cockerelli*) con el *F. oxysporum* en comparación con plantas sanas.
- El rendimiento de plantas de papa es afectado negativamente cuando se combinación el insecto vector *B. cockerelli* con el *F. oxysporum* en comparación con plantas sanas.

## **REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **El cultivo de la papa.**

#### **Origen y distribución.**

La papa es originaria de la región andina en América del sur, que comprende los países de; Perú, Ecuador, Bolivia, y las costas e islas del sur de Chile, algunas variedades silvestres son originarias de México. No obstante el hecho de ser un producto originario de América, la principal zona productora de papa esta conformada por países asiáticos y europeos. (SAGARPA, 2002).

Huaman, *et al* (1988) afirma que el centro de origen de la papa habría estado localizado en la tierra alta del Perú, habiéndose extendido por el sur hacia Bolivia, Argentina y Chile; y por el norte hacia Ecuador, Colombia, Guatemala y México; de estas regiones fue introducida a Europa por los conquistadores españoles a finales del siglo XVI y de ahí se extendió al mundo en pocos siglos.

#### **Usos**

La mayoría de la papa en el mundo se consume en fresco pero en los países mas desarrollados cada vez es mas alto el porcentaje de papa que se trasforman de una u otra manera para su aprovechamiento posterior.

Actualmente, en la industria de la papa, aunque las técnicas han evolucionado, los principios siguen siendo los mismos, papa trozadas, congeladas y hojuelas deshidratadas y a los que hay que añadir otros sistemas de deshidratación y de conservación mediante fritura unos y mediante cocción (Alonso, 1996)

### **Importancia económica.**

La importancia económica de la papa radica en su alto valor nutritivo, en la superficie sembrada y en la mano de obra que demanda durante todo su desarrollo agrícola (70-85 jornales). En algunos países Europeos y Estados Unidos la papa presenta un consumo promedio per-capita de 180Kg/ año, y en México se reporta un consumo per-capita anual de 16 Kg. /año (DGEA, citado por Enríquez, 1998).

El cultivo de la papa constituye una fuente importante de ingresos para los agricultores, además de generar empleos para los trabajadores agrícolas que abarcan todas las labores del cultivo, incluyendo otras labores de post cosecha como: cargadores, transportistas y comerciantes (Rocha 1985).

### **Clasificación taxonómica.**

La clasificación taxonómica de la papa, según Barkley, citado por Cruz-Martinez (2001), es la siguiente:

Reino..... Metaphyta  
 Phylum..... Antophyta  
 Clase..... Dicotiledónea  
 Familia..... Solanáceas  
 Genero..... *Solanum*  
 Especie..... *tuberosum*

**Generalidades botánicas de la planta.**

La papa es una planta herbácea, dicotiledónea y anual. Produce tallos aéreos y subterráneos; los primeros de 0.5 a 1.0 m de largo; presenta hojas pinaticompuestas en espiral e inflorescencia terminal en racimos con flores perfectas de colores diversos pudiendo ser blancas, amarillas y purpúreas o veteadas de acuerdo con la variedad; el fruto es una baya redonda y pequeña de 1- 3cm de diámetro que contiene gran cantidad de semillas, las cuales solo se utilizan en trabajos de mejoramiento (Edmond, 1989).

El mismo autor señala que los tallos subterráneos se desarrollan formando estolones que se transforman en tubérculos de forma ovoide o cilíndrica. En el tubérculo se encuentran yemas, las cuales son ramas no desarrolladas. La raíz es fibrosa y adventicia las cuales nacen de los nudos del tallo a nivel del suelo.

**Hábitos de crecimiento.**

El hábito de crecimiento cambia entre las especies y dentro de cada especie. Cuando todas, o casi todas las hojas se encuentran cerca de la base, o en la base de tallos cortos y están próximos al suelo, se dice que la planta tiene hábitos de crecimiento arrosetado o semiarrosetado (Cruz-Martínez 2001). En otras especies se pueden encontrar los siguientes hábitos de crecimiento: rastrero, semirrecto y erecto (Huaman, Flores, 1999 citados por Cruz-Martínez, 2001).



## **Punta morada de la papa.**

### **1. Antecedentes.**

La punta morada de la papa y los daños que causa, ha sido conocida desde el año de 1915( Beall y Cannon, 1945), los mismos autores señalaron que la causa de la enfermedad es todavía incierta, aunque relacionaban a dicha enfermedad con algunos insectos plaga.

Cadena y Galindo (1985), indicaron que la punta morada de la papa fue mencionada por primera vez en México por Niederhauser y Cervantes en 1956,y fue observada en el valle de Toluca, en las cercanías del nevado de Toluca, en Guanajuato, en Zamora, Michoacán, y en los estados de Puebla y Tlaxcala.

García (1996), señaló que a principios de la década de los noventas en las áreas paperas de Coahuila, Nuevo León, Jalisco y otras áreas del país, comenzó a manifestarse una enfermedad de etiología desconocida ocasionando amarillamientos, enrollamientos de foliolos de color morado, formación de tubérculos aéreos, necrosis vascular en tallos y tubérculos. Actualmente a dicha enfermedad se le conoce con e nombre de punta morada de la papa causando grandes perdidas en la producción, principalmente en aquellos tubérculos destinados a la industrialización.

Al igual que en México, existen reportes en Guatemala, donde la ubican como el segundo problema en importancia para el cultivo de la papa después del tizón tardío (FAO citada por Martínez- Soriano, 1999).

Hernández-Huerta, (2000), menciona que el hongo *F. oxysporum* y *V. dahliae* se encuentran asociados a los síntomas de la punta morada de la papa en el sur de Coahuila y Nuevo León siendo el primero de estos el que presenta mayor efecto sobre los síntomas de la enfermedad.

En la región de Columbia Basin en Washington y Oregon E. U. A., se reportó una epidemia de punta morada de la papa en los años 2002 y 2003, causando grandes pérdidas económicas en la industria. (Lee, *et al.* 2004).

Moctezuma (2005) reporta que la enfermedad punta morada de la papa en la región sur de Coahuila y Nuevo León asociada a hongos fitopatógenos de suelo *Fusarium oxysporum* y *Verticillium dahliae* alcanza altos niveles de incidencia 100%, y que además el *F. oxysporum* presenta mayores efectos en los síntomas de la enfermedad en condiciones de invernadero.

## **2. Importancia económica de la punta morada de la papa.**

El incremento de la enfermedad punta morada de la papa es considerable ya que en México e 1993 se obtuvieron cosechas con porcentajes de tubérculos dañados del 30 % y en 1995 hasta el 90 %. (García, 1996).

Actualmente se estima que un 50% de la superficie sembrada de papa en México es afectada por la enfermedad. Las pérdidas pueden llegar a ser hasta un 80% del rendimiento.

Además de las pérdidas en el rendimiento, los tubérculos infectados pierden valor en el mercado por la necrosis interna y baja calidad industrial (Salazar, 1997).

Una disminución directa de la producción o la afección de la viabilidad de los tubérculos que se usaran como semilla en siguientes ciclos; es muy importante pues de la inversión total para el cultivo se destinan aproximadamente 40% para la compra de semilla por tal motivo, los daños o pérdidas que incidan sobre las semillas son realmente desastrosos (Martínez, 1999).

Cazares-Méndez *et al.* (2003) menciona que las plantas de papa presentan alteraciones fisiológicas que disminuyen la calidad y el rendimiento de los tubérculos, además dichos tubérculos no se pueden utilizar como semilla. En la actualidad afecta negativamente al rendimiento y calidad del producto.

Durante los años 2003 y 2004, la incidencia de esta enfermedad se incremento considerablemente, llegando al 100% en algunas zonas productoras de papa, como ocurrió en el sur de Coahuila y Nuevo León, las pérdidas fueron millonarias ya que el rendimiento se redujo hasta en un 90% en algunos lotes, y cuando se logro tener rendimientos razonables, la producción careció de valor comercial, pues su calidad fue afectada por el manchado interno de los tubérculos, por lo que las pérdidas fueron del 100% (Flores-Olivas, 2004).

### **3. Síntomas de la punta morada de la papa.**

**3.1 Síntomas foliares.** Los primeros síntomas aparecen en los brotes terminales y en las hojas se enrollan y toman un color morado de donde la enfermedad toma su nombre, es común observar en algunos casos la aparición primero de una tonalidad amarilla en la parte aérea de la planta, posteriormente adquiere el color morado (Calderón,1978; Cadena y Galindo, 1985 y Alonso, 1996).

A medida que avanza la enfermedad, la planta detiene su desarrollo y se produce una brotación anormal de las yemas axilares, también se observa el engrosamiento de nudos y la formación de pequeños tubérculos aéreos. En la parte basal de los tallos hay necrosis vascular y en el interior de los tubérculos el anillo vascular se observa también necrosado, la planta enferma toma al final una apariencia de marchitez con un tono amarillento a morado apagado y muere prematuramente (Calderón, 1978; Cadena y Galindo, 1985 y Alonso, 1996).

Maramorosch (1988), indicó que los síntomas de la punta morada de la papa pueden diferir dependiendo de la altitud, de las variaciones de temperatura y la variedad; la coloración morada de la parte superior de la planta, es más pronunciada en algunas variedades; algunos tubérculos aéreos producen foliolos en sus ápices.

Los síntomas incluyen el desarrollo de flores verdes y la pérdida de pigmentos normales de las flores, el desarrollo de partes florales dentro de estructuras no aptas, la esterilidad de flores, proliferación de crecimientos, los síntomas ocasionados por fitoplasmas varían de acuerdo a la etapa de infección ( Lee *et al*, 2000).

Flores- Torres, ( 2005), Menciona que dentro del síndrome de punta morada de la Papa se determino la presencia del virus del enrollamiento como otro factor que interviene en la manifestación de los síntomas, teniendo mayor incidencia en la variedad Gigant que en la variedad Adora. Y que además la variedad Gigant y la Adora la incidencia de Punta morada se incrementa notablemente teniendo un nivel de daño que observo en el cultivo desde enrollamiento y clorosis, defoliación hasta plantas con entrenudo cortos, tubérculos aéreos y necrosis de tallos y al final del ciclo provocando una reducción de producción.

Los síntomas observados varían de acuerdo a la variedad, condiciones climáticas, origen y tiempo de inicio de la infección ( Banttari, citado por Martínez – Soriano, 1999). Las plantas procedentes de tubérculos enfermos se tornan rígidas y erectas con foliolos de ápice agudo, y cloróticos. Poseen entrenudos cortos y pueden desarrollar brotes axilares que a menudo tienen tubérculos aéreos. Algunas veces producen tubérculos pequeños agregados alrededor del tallo principal, sobre estolones muy cortos. También es posible observar proliferación de las yemas axilares o producción de tubérculos aéreos y abultamiento o nudosidad de los tallos (Martínez- Soriano, 1999, Lee, 2004).

Las plantas afectadas al final de la estación de crecimiento, sufren un enrollamiento en la parte basal de los foliolos de la punta de las hojas jóvenes, por lo regular con una coloración púrpura o amarilla (Lee, 2004).

**3.2 Síntomas en tubérculos.** García (1996), menciona que al seccionar transversalmente los tubérculos, las variedades susceptibles, muestran una mancha parda que se extiende radialmente desde los haces vasculares hasta la región parénquimática de la medula. Mancha que también afecta a los tejidos del estolón y es mas intensa en la porción basal del tubérculo.

También menciona investigaciones de Khurana, quien asegura que las plantas originadas de tubérculos enfermos con punta morada hacen poco uso de nutrientes del tubérculo madre, los cuales permanecen intactos y firmes hasta la cosecha.

Cuando los tubérculos están infectados pueden o no mostrar síntomas, al realizar un corte transversal de ellos, se observa un rayado generalizado conocido como papa rayada o papa manchada. Estas manchas o rayas pueden ser leves o cubrir totalmente el interior del tubérculo. Los tubérculos infectados con síntomas o asintomático, cuando se usan como semilla, manifiestan tres características: a) producen un brote normal, b) no brotan, c) brotan con brote de hilo.

En síntomas muy avanzados, los tallos subterráneos, estolones y raíces, manifiestan una coloración café oscuro del sistema vascular, producen tubérculos pequeños ( tercera o cuarta categoría), y si se llegaran a observar tubérculos de primera o segunda categoría, al realizarles un corte transversal se observa manchado. Existen variedades que toleran un poco mas el manchado como es el caso de Gigant (Flores- Olivas, 2004)

**3.3 Síntomas celulares.** Entre las alteraciones histológicas más comunes reportadas para fitoplasmas están: hipertrofia, hiperplasia y necrosis de células, especialmente del floema secundario, acumulación anormal de calosa en las paredes del floema, degeneración de la lamina media, colapso de elementos cribosos e incremento en la producción del floema secundario. Alteraciones a nivel ultracelular en el hospedante incluyen: incremento en el contenido de ribosomas, degeneraciones de mitocondrias y cloroplastos así como vacuolización del citoplasma ( Cazares -Méndez, 2003).

**3.4 Síntomas causados por fitoplasmas.** Los síntomas observables en las plantas afectadas por este tipo de microorganismos son: amarillamientos, formación de filodias, proliferación de brotes axilares, enanismos, entrenudos cortos, necrosis vascular, hojas cloróticas o rojizas y un decaimiento progresivo del hospedero hasta causarle la muerte (Sarasola, 1975; Latorre, 1999).

Se calcula que actualmente más de doscientas enfermedades de las plantas son causadas por fitoplasmas, dichos organismos son transmitidos principalmente por insectos chupadores del orden Homóptera de las familias Cicadellidae y Psilidae. El fitoplasma no es transmitido inmediatamente después de que el vector se haya alimentado de una planta enferma o infectada, sino que lo comienza a transmitir después de un periodo de incubación de 10 a 50 días, tiempo que requiere el micoplasma para propagarse y distribuirse dentro del vector (Agrios, 1988; Latorre, 1999).

**3.5 Síntomas causados por *F. oxysporum*** . *Fusarium oxysporum* se ha caracterizado por causar síntomas que causan daño en el sistema vascular ocasionando daños en los marchitamientos, coloración amarilla, y putrefacción de la raíz. Dentro de los daños el que cobra mayor importancia es el de marchitamiento vascular que generalmente *Fusarium oxysporum* es el que lo ocasiona en mayor grado (Agrios, 1988)

Calderóni, (1978), menciona que el hongo *Fusarium oxysporum* se encuentra en casi todos los suelos, especialmente en aquellos con alto contenido de materia orgánica. El ataque que con frecuencia inicia en el sistema radicular, especialmente en aquellas raíces más finas, de ahí el daño avanza hacia el tallo, los síntomas de la marchitez fusarica, se observan principalmente en las hojas más viejas, muestran estas una clorosis seguida de una marchitez; dichos síntomas progresan posteriormente a las hojas jóvenes iniciándose al mismo tiempo una invasión del sistema vascular por el hongo (Smith *et al.*, 1992).

El mismo autor señala que las partes afectadas o dañadas por el patógeno adquieren una coloración parda, en la raíz y parte del tallo; la necrosis o enpardecimiento pueden observarse con facilidad al realizar cortes tanto transversales como longitudinales en la parte dañada.

Roberts y Boothroyd (1978), indicaron que los síntomas de la marchitez causada por el hongo puede desarrollarse con mayor rapidez durante la floración y la fructificación. En los cultivos generalmente dichos marchitamientos van a observarse en forma de manchones que se extiende en forma gradual hasta cubrir todo el cultivo causando la muerte prematura



de las plantas. Los síntomas de la marchitez se ven más acentuados durante el día o durante las horas intensas de calor y durante las noches hay una aparente recuperación de la planta.

**3.6. Síntomas causados por *Verticillium dahliae* Kleb.** Este hongo ataca al cultivo de la papa, a través del sistema radicular e invadiendo el sistema vascular provocando los comunes marchitamientos; por ser parásitos vasculares interfieren en el movimiento de agua y nutrientes, los cuales son más severos en suelos de textura gruesa y períodos de mucho calor. El daño vascular puede extenderse por toda la longitud de los tallos y los tubérculos mientras que los marchitamientos causan la muerte prematura de la planta, las enfermedades causadas por este hongo son de tipo monocíclicas. (Ayers, 1952; Hooker, 1980).

La verticiliosis se manifiesta generalmente durante la segunda etapa del cultivo, sobre todo en los años cálidos y secos, por una marchitez de la parte aérea de las plantas que a veces puede ser confundida con los signos de madurez temprana. Esta enfermedad está ampliamente extendida en el mundo. Es generalmente importante en zonas cálidas (Sampson, 1980; Rowe, 1984).

#### **4. Agente Causal de la punta morada.**

Hasta antes de 1967 se consideraba que los síntomas de la punta morada de la papa eran causados por un virus, mismo que causa el amarillamiento del aster, transmitidos por insectos conocidos comúnmente como chicharritas, siendo las especies más importantes *Macrosteles fasciatus* Stal. *M. divisus* Uhl. Y *Psilla pyricula* (Leach y Bishop, 1944; MacLeod, 1954).

Cadena y Galindo, (1985), realizaron estudios y presentaron evidencias de que las enfermedades del grupo de los amarillamientos del aster incluyendo la punta morada, eran causados por organismos tipo micoplasma; estudios posteriores obtuvieron pruebas específicas de que el amarillamiento del aster era causado por un micoplasma y no por virus como anteriormente se había considerado; actualmente se considera que la punta morada de la papa es causada por micoplasmas transmitidos por los insectos antes mencionados (Banttari, *et,al*, 1990).

Prácticamente el 100% de los reportes que existen sobre la enfermedad de punta morada, la asocian a microorganismos llamados fitoplasmas. Indudablemente que es el más importante agente causal de esta enfermedad, sin embargo, se ha observado que no es un patosistema de etiología simple, sino que participan otros agentes en menor grado, pero que no dejan de ser importantes en la etiología de la punta morada. Existen hongos que atacan a la papa y que por su desarrollo afectan al sistema vascular de la planta, como consecuencia ésta produce síntomas similares a aquellos producidos por fitoplasmas, como son coloración morada en los bordes de las hojas, producción de tubérculos aéreos, cambios en la coloración del sistema vascular (Flores-Olivas, 2004).

El mismo autor menciona que el tizón tardío, *Phytohphthora infestans* puede ocasionar la manifestación de síntomas típicos de punta morada cuando la planta es atacada a la base del tallo y esta se recupera, debido al uso del control químico, mas aun; en variedades muy susceptibles todos los tallos de las plantas manifestarán la enfermedad, aunque no todos hayan sido atacados por tizón tardío. Sin embargo, no se han realizado las pruebas correspondientes para saber si *P. infestans* causa por si solo el síntoma.

**4.1 Fitoplasmas.** Según Khurana, citado por Osuna (1999) la papa asocia seis enfermedades causadas por fitoplasmas: enrollamiento púrpura del ápice, flavescencia marginal, escoba de bruja, filodia de la papa “stolbur” y marchitez de la punta morada.

Leyva-López *et al.* (2002) menciona que en México encontraron que existen infecciones múltiples de fitoplasmas en una misma planta de papa. Utilizando técnicas moleculares encontraron que el síndrome de punta orada esta asociado a un fitoplasma del grupo 16 SI , el brote de hilo al grupo 16SII.

#### **4.1.1 Clasificación taxonómica de los fitoplasmas.**

La siguiente clasificación se toma de Tully, citado por Osuna (1999).

Reino.....Prokaryotae  
 Phylum.....Firmicutes  
 Clase.....Myllicutes  
 Orden.....Mycoplasmatales  
 Familia.....Mycoplasmataceae.  
 Genero.....Mycoplasma.

**4.1.2 Morfología de los fitoplasmas.** La morfología de los fitoplasmas observados en plantas se asemejan a los micoplasmas típicos hallados en animales, humanos y a los que viven saprofiticamente, lo cual se ha establecido por estudios de microscopia electrónica de secciones delgadas de plantas o vectores naturales, experimentalmente infectados por patógenos del tipo de amarillamiento del aster.

Los micoplasmas causantes de enfermedades en las plantas actualmente se les conocen como fitoplasmas, son organismos pleomorficos, carecen de pared celular y están rodeados por una membrana unitaria.

Estudios recientes sugieren que en ciertos estados de desarrollo pueden estar presentes formas espiraladas. El tamaño de los micoplasmas es variado, pueden presentar dimensiones que van de entre 500 y 1000 nm de diámetro, las estructuras de mayor tamaño tienen forma esférica y contienen una red fibrilar central de hebras presumiblemente de ADN y un área periférica de gránulos parecidos a ribosomas. Se presume que su reproducción es asexual por fisión o fragmentación (Hooker, 1980).

Martínez- Soriano cita a Wright, quien menciona que los fitoplasmas, en una sección transversal, aparecen como cuerpos pleomorficos con un diámetro promedio de 50 a 1000 nm. Pero los resultados de secciones seriales de electos cribosos de tejidos infectados con fitoplasmas demostraron que muchos son filamentosos, a veces bifurcados, carentes de pared celular. (Lee y Davis, 2000).

**4.1.3 Insectos vectores de fitoplasmas.** Un aspecto crucial en la epidemiología de la enfermedad son sin duda los insectos vectores. Estos insectos, conocidos como chicharritas, pertenecen a las familias Cicadellidae y Fulgoridae (Salazar, 1996, Daniela, Witcom y Davis, citados por Osuna, 1999). Entre otros géneros sobresalen el genero *Macrosteles spp* quien tiene el mayor número de reportes y descripciones, Martínez-Soriano (1999), pero también mencionan otras especies como *Macropsi fascifrons*. Brenztzell, citado por Osuna, (1999) y Báez, citado por Osuna (1999), mencionan que los síntomas de la enfermedad punta morada de la papa son producidas por el Psilido saltador *P. cockerelli*. En otras partes

del mundo hay especies reportadas como transmisores de la punta morada señalando a *Macrosteles fascifrons*, *M. divisus*, *Alebroides sp.* Y *Orosius albacinctus* (Martínez-Soriano, 1999).

Los insectos vectores se alimentan en los tejidos finos del floema, donde adquieren la enfermedad que la transmiten de planta en planta. El fitoplasma puede sobrevivir el invierno en insectos infectados, así como en plantas perennes que sirven como reservas de los mismos (Lee *et al*, 2000).

Los fitoplasmas también se desarrollan en el tracto digestivo, hemolinfa, glándulas salivales e intracelularmente en varios de los órganos corporales de sus insectos vectores (Agrios, 1996).

Los síntomas producidos por el psylidos de la papa se han detectado en casi todos los estados productores de la papa, con excepción de Sonora, Sinaloa y Jalisco. (Almeyda, *et al.* 2004)

Vargas- Caamal, (2005) dice que cicadellidos como *Macrosteles fascifrons*, *Empoasca fabae*, *Oncometopia nigricans* y una especie no identificada tienen potencialidad para ser vectores asociados a la punta morada de la papa y algunos Psylidos *B. cockerelli*, *Carsidara sp.* y *Heteropsylla texana* se encuentran positivas a fitoplasmas asociados a la punta morada de la papa.

Salas- Marina (2006) menciona que *B. cockerelli*, *Carsidara sp.* y *Circulifer. tenellus*, son portadores de fitoplasma en papa, además los síntomas de la punta morada solo se manifiestan en plantas infestadas con *B. cockerelli* y *C. tenellus*.

**4.1.4 *Bactericera cockerelli*.** Es un insecto que pertenece a la familia Psillidae (Homoptera), por ello se le conoce también con el nombre de Psilido. Este hexápodo fue descubierto en 1909 por un investigador estadounidense de apellido Cockerell en el estado de Colorado, y se le dio el nombre de *Trioza cockerelli*, aunque más tarde se le cambió el género a *Paratrioza cockerelli*. Entre los años 20 y 30 del siglo pasado se le conoció como el Psilido de la papa o del tomate, ya que este insecto produce una toxina que originaba amarillamientos en ambos cultivos, y fue esto lo que lanzó a la fama al mencionado insecto. El origen de este, según investigadores del vecino país del norte, se lo adjudican al Oeste de Norteamérica (Garzón, 2002).

En México, éste insecto tiene antecedentes desde 1947, cuando un investigador estadounidense dijo haberlo encontrado en los estados de Durango, Tamaulipas y Michoacán; posteriormente se le observó en el estado de México, Guanajuato y 12 entidades más, y se le dio el nombre como pulgón saltador por la similitud que guardan con los áfidos y que en frecuentes ocasiones son confundidos con ellos. No obstante, el daño que causa en papa y tomate con la toxina que inyecta no ha sido importante para la agricultura nacional, pero de lo que se tiene que cuidar los agricultores paperos y tomateros, es de la transmisión de un patógeno llamado fitoplasma y que ha diezmando la producción de tomates en México en un 45%, y posiblemente sea el responsable del mismo daño en

papas a nivel nacional, causando en estos momentos más pérdidas que los virus transmitidos por la mosquita blanca ( Garzón, 2002).

En papa, donde se ha confirmado el papel de *B. cockerelli* como vector, ocasiona pérdidas de rendimiento y calidad del orden de 40 % debido a la infección del fitoplasma que transmite, y que es uno de los causantes de la punta morada de la papa

#### **4.1.5 Ciclo de vida de *B. cockerelli*.**

Los psilidos de la papa tienen tres etapas de vida: huevos, ninfas y adultos (Garzón, 2002):

**Huevos.** Son muy pequeños, tienen forma ovalada y van de color amarillo a naranja, y encontrados generalmente en el envés y a lo largo de los márgenes de las hojas, las ninfas salen de los huevos en cuatro a 15 días y tienen forma aplanada y ovalado, de color amarillento-verdosas y franjadas, las ninfas pasan a través de cinco etapas (instares) en dos a tres semanas antes de ser adulto, los adultos tienen las alas delanteras membranosas las cuales cuando el insecto está en reposo cubren su cuerpo a manera de techo en dos aguas.

**Ninfas.** El insecto pasa por cinco estadios ninfales. Las ninfas son ovales, aplanadas, como escamas, y pasan de naranja al verde pálido. El perímetro del cuerpo tiene estructuras cilíndricas que producen filamentos cerosos que forman un halo alrededor suyo. A partir del segundo estadio aparecen los paquetes alares.

**Adulto.** Al emerger el adulto presenta una coloración verde-amarillenta; es inactivo, alas blancas que, al paso de tres o cuatro horas, se tornan transparentes; la coloración del cuerpo pasa de ligeramente ámbar a café oscuro o negro; este cambio se presenta de los primeros siete a diez días de alcanzar este estadio.

**4.1.6 Biología de *B. cockerelli*.** Este insecto se alimenta de la savia de sus hospedantes, al succionar en el floema con su aparato bucal picador- chupador, inyectado una sustancia toxica junto con su saliva (ninfas), y actuando también como vector de los fitoplasmas (ninfas y adultos) como el permanente del tomate y la punta morada de la papa.

**4.2 *Fusarium oxysporum* Schlecht.** Sin duda alguna el hongo *F. oxysporum* es la especie del genero *Fusarium* mas perjudicial ocasionando perdidas considerables a las plantas cultivadas, que sirven como hospederos del patógeno; el hongo se encuentra distribuido e todo el mundo (Agrios, 1988; Romero, 1993).

Smith, *et al.* (1992), señalan que las especies que comúnmente se asocian a la papa son: *F.oxysporum*, *F.solani*, *F.roseum*, *F. sulphureum*, *F. coeruleum*, *F.javanicum* y *F.eumartii*.

Guigon, (1994) Menciona que los hongos fitopatogenos del suelo *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani* y *F. sulphureum* se encuentran ampliamente distribuidos en la región productora de papa en el sur de Coahuila y Nuevo León, y que las enfermedades que causan estos hongos dependen fuertemente de su velocidad de incremento.



**4.2.1 Descripción y características del patógeno.** En medios de cultivo como papa dextrosa agar (PDA), el crecimiento miceliar presenta un aspecto variable; siendo este de color blanco al inicio de su desarrollo, posteriormente adquiere una coloración violeta púrpura a morado (Smith *et al*, 1992). Si hay abundancia de esporodoquios la coloración del medio puede ser crema a naranja (Tousson y Nelson, 1968) forma dos tipos de conidias: micro conidias y macro conidias; las micro conidias son abundantes y producidas en fialides simples y cortas, presenta forma oval a elipsoidales cilíndricas; mono bicelulares, de recta a curvadas, el tamaño de estas esporas en promedio es de 6.8 X 2.2 micras.

Las macro conidias son relativamente escasas (Walker, 1973; Anaya *Et al.*, 1999), con 3 a 5 septos, fusiformes de pared delgada terminado en puntas ambos lados, con medidas de 16.2 X 3 micras en promedio (Guigon, 1994).

Este patógeno forma estructuras de resistencia llamadas clamidosporas normalmente abundantes, pueden ser globosas, circulares, lisas o arrugadas, unicelulares; se pueden encontrar en la parte terminal o media del micelio o hifa; formadas en pares o solitarias, (Gilman, 1963; Mendoza, 1996).

#### 4.2.2 Ubicación taxonómica.

De acuerdo con Alexopoulos y Mims (1979), clasifican taxonómicamente al hongo de la siguiente manera:

Reino..... Micetae.  
 División..... Amastygomicota  
 Sub- división..... Deuteromycotina.  
 Clase.....Deuteromycetes.  
 Sub-clase.....Hiphomycetidae.  
 Orden.....Moniliales.  
 Familia.....Tuberculariaceae.  
 Genero.....*Fusarium*  
 Especie.....*oxysporum*.

**4.2.3 Ciclo biológico de *Fusarium oxysporum* Schlecht.** El hongo es un habitante muy común del suelo siendo este la principal fuente de inóculo, además sobrevive en los restos de las plantas infestadas que quedan en el campo en forma de micelio, en cualquiera de sus formas de conidias o en clamidosporas, dichas clamidosporas pueden persistir en forma inactiva o latente durante 5 a 10 años (Roberts y Boothroyd 1978). germinar al disponer de nutrientes, principalmente cuando hay contacto o proximidad de raíces jóvenes de sus hospederos.

El inóculo se propaga principalmente a través del agua, equipo agrícola contaminado, por semilla, etc. Cuando las plantas sanas se desarrollan en el suelo contaminado las esporas germinan y el micelio penetra directamente los tejidos de las puntas de la raíces a la altura de la zona de elongación; la penetración también la pueden

realizar mediante heridas causadas por nematodos principalmente de los géneros *Pratylenchus spp.* Y *Meloydogine spp.* Y a través de las heridas hechas por las labores culturales (Agrios, 1998; Smith, 1992).

El micelio una vez que ha penetrado el tejido se propaga intercelularmente y llega a los vasos xilemicos invade el sistema vascular, el micelio avanza de forma ascendente a unos 15 – 20 cm por arriba de la zona de transición entre el tallo y el sistema radicular, el micelio se ramifica y empieza a producir esporas principalmente microconidias que son desprendidas y llevadas ala savia hacia la parte superior de la planta, las micro conidias germinan y el micelio invade nuevamente los haces vasculares. La patogénesis esta relacionada con el bloqueo de los vasos impidiendo el paso del agua y nutrientes y con la formación de toxinas que pueden afectar la síntesis de clorofila, hay perdidas de turgencia, marchitamiento y posteriormente la muerte; también hay formación de enzimas que catalizan reacciones hidrofílicas destruyendo la lamina media del parénquima del xilema, tomando una coloración pardo-oscuro y que estas coloraciones pueden ser utilizadas como síntomas para el diagnostico de la enfermedad.

Posteriormente el hongo invade los tejidos parénquimáticos de la planta, llegan a la superficie de los tejidos muertos y esporula abundantemente, las conidias son diseminadas por los agentes ya mencionados hacia otras plantas o quedan en el suelo e inicial nuevamente su ciclo cuando llegan sus hospederos (Walker, 1968; Roberts y Boothroyd, 1978; Agrios, 1988; Smith *et al*, 1992; De la Garza, 1996).

En cuanto a los requerimientos de temperatura De la Garza, (1996); señala que el hongo *F oxysporum* tiene un crecimiento y reproducción adecuada cuando la temperatura del suelo fluctúa de 27 a 29 °C; por su parte Walker (1968), indica que temperaturas por debajo de los 17 °C la enfermedad no aparece aun encontrándose plantas susceptibles enfermas infestadas con el patógeno.

#### **4.2.4 Distribución y Gama de hospederos.**

*F. oxysporum* es la especie económicamente mas importante dentro del genero *Fusarium*; dicho patógeno se encuentra mundialmente distribuido, causa daños a una diversidad amplia de plantas. Smith (1992), menciona que esta especie no afecta a cultivos pertenecientes a la familia Poaceae.

#### **4.3 *Verticillium dahliae* Kleb.**

El parasito se presenta en el suelo en forma de propagulos aislados o en forma de micelio sobre los residuos de materia orgánica, penetran en el sistema radicular de las plantas sensibles por los pelos absorbentes alcanzando el sistema vascular. Llega a las partes aéreas de las plantas, apareciendo los síntomas (de coloración amarillenta y luego marchitez) sobre los foliolos situados a un mismo lado del pecíolo y luego sobre todas las hojas de un mismo tallo cuyo anillo vascular toma una coloración parda (Isaac y Harrison, 1968).

Generalmente los síntomas de la enfermedad aparecen antes o al inicio de la floración, también pueden observarse que la enfermedad se inicio en forma de manchones e ir avanzando gradualmente hasta cubrir todo el plantío ocasionando que todas las plantas mueran antes de la maduración.

En el caso de tubérculos de papa afectados por el patógeno se pueden apreciar coloraciones castaño- necroticas en el anillo vascular, en los tallos al realizar cortes tanto transversales como longitudinales se podrá observar el tejido vascular necrosado.( Presley, 1950)

#### **4.3.1 Biología del hongo.**

Los microesclerocios pueden germinar cuando son estimulados por exudados de las raíces de los hospederos y penetran el tejido de la raíz ya sea por aberturas naturales, de forma mecánica o por heridas causadas por algunos nematodos, maquinaria agrícola u otras labores al cultivo.

El micelio llega al xilema en poco tiempo e invade los tejidos conductores y avanza hacia arriba a través de esto provocando el taponamiento e impidiendo el paso del agua y nutrientes reflejándose en la planta en una marchitez. Los conidios se producen dentro del tejido y si las condiciones son adversas hay formación de microesclerocios para invernar (Ayers, 1952; Mendoza, 1996)

El hongo puede diseminarse por el agua de riego, por el viento, suelo, maquinaria agrícola contaminada, semilla u otras partes vegetativas utilizadas para la propagación. En cuanto a las condiciones de temperatura que el hongo requiere, este prospera óptimamente a temperaturas de 25-28 °C, puede crecer en un rango de temperatura que va desde 5-32°C fuera de ese rango el hongo inhibe su crecimiento ( Agrios, 1988; De La Garza, 1996).

## **MATERIALES Y METODOS.**

El presente trabajo de investigación, se realizo durante los meses de Junio a Agosto del año 2006 en el invernadero y laboratorio de fitopatología del departamento de parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada en los paralelos 25° 22' latitud norte y 101° 00' longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich, y una altitud de 1742.

La determinación del desarrollo y producción de plantas de papa, comprendió desde la obtención de material biológico, su manejo, la obtención de insectos y su manejo, así como de los hongos *F. oxysporum* y *Verticilium dahliae* su obtención e inoculación y además se menciona el diseño experimental y el analisis estadístico a utilizar.

### **1. Determinación del desarrollo y producción.**

#### **1.1 Material biológico.**

Se utilizaron tubérculos de la variedad Cesar adquiridos por el Doctor, Alberto Flores Olivas de plantas que fueron protegidas con tela de agribon para evitar infección alguna.

Los tubérculos de papa se colocaron en macetas de plástico de 5 kilogramos de capacidad conteniendo el sustrato promix.

### 1.1.1 Preparación de camas

Las camas de invernadero se acondicionaron de tal manera que se construyó un micro túnel con divisiones, una para cada tratamiento, utilizando tela de organza, ello para evitar el paso de insectos vectores entre tratamientos.(Figura 1)



Figura 1. Cama acondicionada en forma de micro túnel.

### 1.1.2 Fecha de siembra.

La siembra se efectuó el día 30 de junio utilizando tubérculos que previamente se acondicionaron en la cámara bioclimática para acelerar la brotación, los cuales estaban libres de agentes patogénicos. La siembra se realizó en bolsas de polietileno llenadas con sustrato estéril (promix), en total fueron 50 macetas en las cuales se depositó un tubérculo por cada una, procediendo a colocar 10 macetas por cada tratamiento.

## **1.2 Obtención del insecto (*B. cockerelli*)**

Los insectos *B. cockerelli* fueron colectados en ejidos de la zona productora de papa de Coahuila y Nuevo León, en lotes de producción donde se manifestó la enfermedad punta morada de la papa.

Los insectos colectados se colocaron en recipientes de plástico sellados con tela de organza, se colocaron en una nevera eléctrica para mantenerle la temperatura durante el traslado hacia el invernadero.

### **1.2.1 Incremento de la colonia del insecto.**

Una vez que se tenía el insecto se depositaron en jaulas previamente acondicionadas de tal manera que no pudiera salir, se colocaron dentro de las jaulas plantas de papa con el fin de proveer alimento. De esta manera logramos incrementar y mantener de manera eficiente y suficiente la colonia del insecto que se utilizó en el experimento.

### **1.2.2 Infestación con el insecto (*B.cockerelli*).**

Una vez incrementado el insecto ( *Bactericera cockerelli* ) se realizó la infestación el día 26 de julio del año 2006 a los tratamientos 1 y 4 ( ver cuadro 1), colocando 10 insectos por cada planta.



### **1.3. Obtención de patógenos.**

El hongo *F. oxysporum* se obtuvo de la siguiente manera. Fueron colectadas 10 plantas en un lote de la zona papera de Coahuila y Nuevo León, las plantas fueron colocadas en bolsas de plástico y depositadas en una nevera para su traslado a la cámara bioclimática donde fueron seccionadas en porciones de un cm<sup>2</sup> de tejido infectado, posteriormente se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio comercial al 3 por ciento, durante tres minutos con la finalidad de eliminar posibles organismos contaminantes adheridos en la superficie del tejido infectado, posteriormente se enjuagaron en agua destilada estéril por dos ocasiones para eliminar residuos del desinfectante.

Las porciones de tejidos de las diferentes partes seccionadas fueron colocadas en papel secante estéril para eliminar los restos de agua y estos fueron sembrados en cajas de Petri preparadas con el medio cultivo papa dextrosa agar ( PDA) , para su colocación en la incubadora a temperatura de 25 °C por 72 horas, una vez terminado este proceso se procedió a la identificación del hongo utilizando las claves de Toussoun y Nelson ( 1968); y Boot ( 1971).

#### **1.3.1 Incremento de los patógenos**

Una vez obtenido los hongos *Fusarium oxysporum* y *Verticillium dahliae*, se realizó el incremento bajo condiciones de asepsia en una cámara de flujo laminar ubicada en el laboratorio de Fitopatología de la Universidad; con el saca bocados de 1cm<sup>2</sup> de diámetro, se obtuvieron explantes que posteriormente se colocaron en cajas petri con PDA, se sellaron las cajas para evitar contaminación alguna, y por ultimo se colocaron en un a incubadora.

### 1.3.2 Preparación de inóculo.

Una vez incrementados los hongos, se tomo unas de las cajas petri con micelio desarrollado, se le obtuvieron explantes para colocarlos en tubos de ensaye esterilizados con 10 ml de agua destilada, de tal manera que la solución a utilizar quedo con una densidad de inóculo de  $5 \times 10^6$  conidias/ml.

### 1.3.3 Inoculación de los hongos *Fusarium oxysporum* y *Verticillium dahliae*.

Para la inoculación de las plantas se utilizo la técnica inyección al tallo ( Koike *et al.*,1994), se utilizaron 10 macetas por cada tratamiento, se realizo en los tallos de las plantas aproximadamente a 1cm por arriba del suelo utilizando una jeringa hipodérmica estéril.,observe figura 2, efectuándose el día 26 de julio a los 26 días después de la siembra, con una altura de plantas promedio de 10 – 16 cm, la solución que se utilizo fue 10 ml de solución con una concentración de  $5 \times 10^6$  conidias/ml.



Figura 2. Inoculación del hongo *F. oxysporum*, utilizando jeringa hipodérmica estéril

## 2. Aplicación de tratamientos.

Se utilizaron 5 tratamientos con 10 repeticiones cada uno, en un diseño estadístico de bloques completamente al azar.

Los tratamientos utilizados se mencionan a continuación en el cuadro 1.

**Cuadro 1: Relación de tratamientos aplicados para determinar el crecimiento y producción de papa, afectados por punta morada. UAAAN 2007.**

Tratamientos	Componentes.
T1	Aplicación de Insecto ( <i>B. cockerelli</i> ) 26 DDS, utilizando 10 insectos por planta.
T2	Aplicación de <i>B. cockerelli</i> 26 días después de la siembra, 10 insectos por planta e inoculación con <i>F. oxysporum</i> a una concentración de inóculo de conidias de $2.5 \times 10^6$ conidias/ml.
T3	Inoculación con el hongo <i>F. oxysporum</i> 26 días después de la siembra utilizado una concentración de inóculo de $2.5 \times 10^6$ conidias/ml.
T4	Aplicación de <i>B. cockerelli</i> e inoculación con <i>F. oxysporum</i> y <i>Verticillium dahliae</i> 26 días después de la siembra a una concentración de $5 \times 10^6$ conidias/ml. Combinados los dos patógenos.
T5	Testigo (sin aplicación).

### **3 Variables y parámetros a medir.**

#### **3.1 Evaluación de crecimiento de las plantas.**

Las evaluaciones se realizaron a intervalos de 10 días iniciando el día 25 de julio del 2006 a los 25 días después de la siembra y el mismo día de inoculación e infestación. Considerando 3 variables agronómicas: altura de plantas, diámetro de tallos y número de hojas, y los parámetros pesos secos y rendimiento.

Cabe señalar que se mantuvo una lectura de temperatura y humedad relativa utilizando un termografo y se obtuvieron promedio por mes las cuales son: 24.43 °C para el mes de Julio, 22.84°C para agosto y 22.25 °C para septiembre con una humedad relativa de 55.2 para el mes de agosto y 55.89 en el mes de septiembre.

##### **3.1.1 Altura de plantas.**

En el caso de la altura de plantas se utilizo una regla de 30 cm. Longitud de la planta

##### **3.1.2 Diámetro de tallos.**

Para el diámetro de tallo se utilizo un vernier de 10 cm, tomando la lectura a 1cm arriba de la superficie del sustrato, colocando el vernier en forma ecuatorial, tomando 2 lecturas y obtener un promedio del mismo.

### **3.1.3 Numero de hojas**

El número de hojas se evaluó considerando solo hojas verdaderas, contando manualmente sin tomar en cuenta los brotes apicales.

### **4. Determinación de biomasa.**

La determinación de biomasa se realizó el día 16 de agosto, 47 días después de la siembra, utilizando 2 plantas por cada tratamiento a intervalos de 25 días, llevándose a cabo 2 evaluaciones. El follaje de las plantas fue seccionado en trozos y pesado utilizando una balanza analítica colocándolo dentro de bolsas de papel estraza por tratamiento, para posteriormente secarlas en una estufa a temperatura de 50 °C por 5 días, se tomó el peso seco del follaje. El mismo procedimiento fue utilizado para las raíces de la planta contando el número de tubérculos por tratamiento.

### **5. Rendimiento.**

#### **5.1 Tubérculos**

La cosecha se realizó el día 28 de septiembre tomando 4 macetas por tratamiento contando y pesando los tubérculos obtenidos para determinar el rendimiento. Además seccionando tubérculos de manera longitudinal e identificar el típico manchado que ocasiona la enfermedad. La figura 3 muestra los tubérculos de la cosecha.



**Figura 3. Cosecha de tubérculos.**

**Análisis estadístico:**

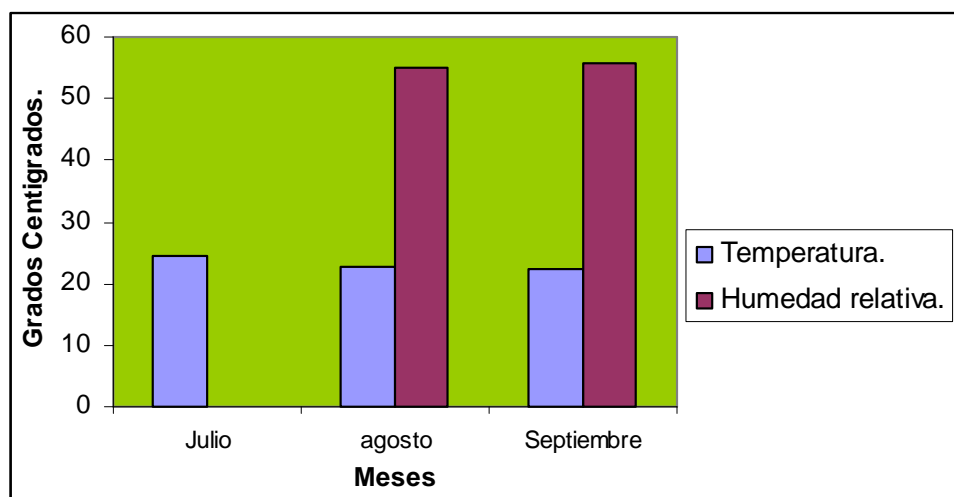
Los resultados obtenidos de las evaluaciones, se analizaron a través de un diseño de bloques completamente al azar, se hicieron las pruebas de ANVA y la prueba de rango multiple DMS(  $p \leq 0.05$  ) correspondiente, para definir las diferencias entre los tratamientos los cuales se incluyen en el apéndice. Se utilizo el paquete estadístico de la UANL.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación de acuerdo a los objetivos planteados y la metodología establecida son los que a continuación se describen:

### 1. Temperatura y humedad relativa.

El comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en promedio por mes se muestra en la figura 4



**Figura 4. Comportamiento de temperatura y humedad relativa en los meses Julio, Agosto y Septiembre. UAAAN 2007.**

## 2. Crecimiento de la planta.

### 2.1 Altura de plantas.

En total se analizaron 50 plantas de papa distribuidas en 5 tratamientos en cada muestreo. Para el tratamiento 1 tratado con insecto *B. cockerelli* se presentó una altura de plantas de 79 cm en la última fecha de evaluación a los 65 días después de la siembra. En este tratamiento las evaluaciones comenzaron con una altura de 16.99 cm elevándose de forma progresiva conforme pasaban los días, además fue el tratamiento que tuvo las alturas de plantas más elevadas en casi todas las fechas de evaluación excepto en la última fecha superándolo de forma mínima el tratamiento 5 (testigo). Lo que indica que probablemente la temperatura y humedad relativa influyen de manera considerable debido a que el tratamiento estuvo en condiciones cercadas a pared húmeda, según Alonso, 1996. Menciona que el crecimiento y la calidad se ven influenciados por factores ambientales tales como: la humedad, temperatura, iluminación, tipo de suelo y nutrientes. Muchos de estos factores influyen en el crecimiento.

En cuanto al tratamiento 2 infestado e inoculado con insecto y *F. oxysporum* respectivamente en la primera evaluación se manifestaron alturas de 13.78 cm en la primera evaluación, mostrando las más elevadas alturas en la tercera y cuarta evaluación 46 y 56 días después de la siembra, obteniendo alturas desde 59.2 hasta 71.16 cm.

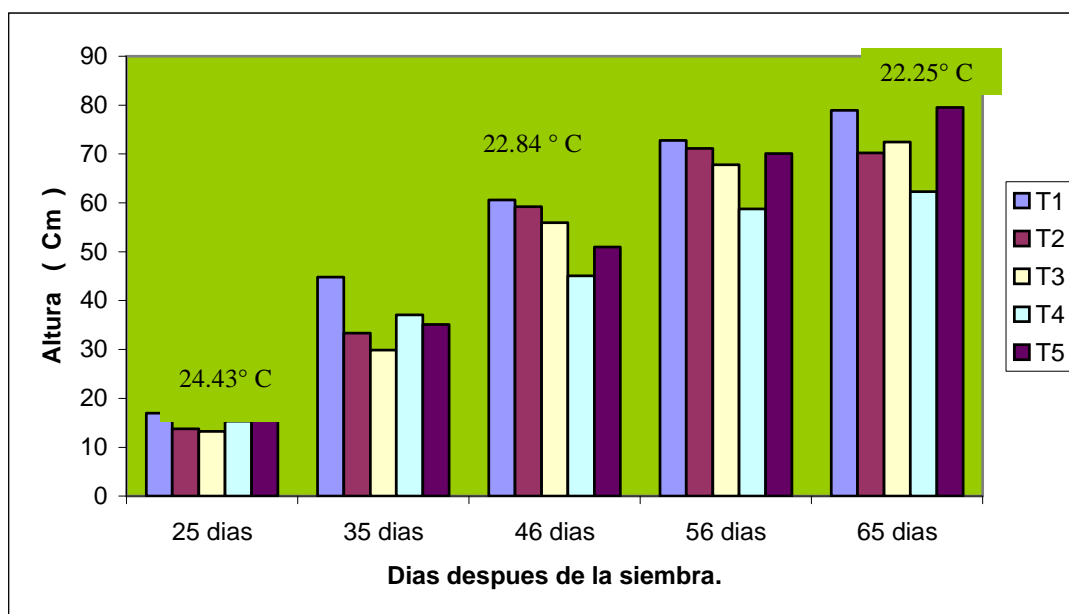
El tratamiento 3 (inoculado con *F. oxysporum*) el comportamiento de altura de plantas en la primera evaluación a los 25 días después de la siembra fue 13.26 cm llegando a su máxima de 72.5 cm a los 65 días por debajo en comparación del testigo. Debido a que el hongo *F. oxysporum* afecta el sistema vascular ocasionando daños como marchitamientos y



por lo tanto disminución en su altura (Agrios, 1988) en su caso el testigo permaneció en condiciones optimas y sin patógenos.

En el caso del tratamiento 4 (infestado e inoculado con insecto, *F. oxysporum* y *V. dahliae* las alturas tomadas van desde 15.35 iniciando las evaluaciones hasta 62.25 cm estas tomadas a los 65 días después de siembra.

El testigo obtuvo una altura máxima de 79.5, lo que indica que es la mas alta en comparación con los demás tratamientos. Debido a que el tratamiento se mantuvo libre de patógenos como se muestra en la Figura 5 y los cuadros 3 y 3.1, se encuentran en el apéndice.



C.V. = 49.09 %

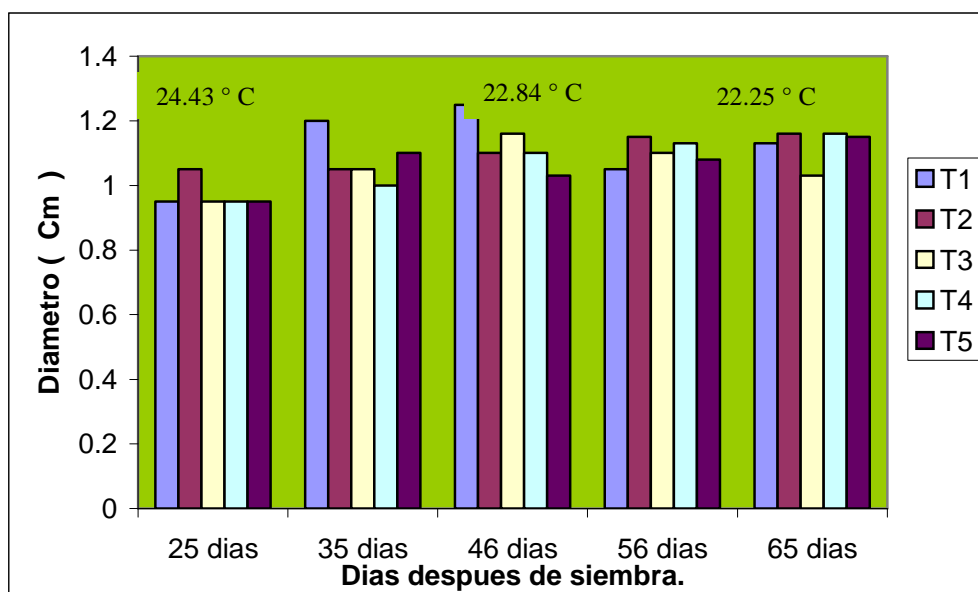
**Figura 5.** Altura de plantas de papa tratadas con *B. cockerelli* y *F.oxysporum* tomadas en las diferentes fechas de evaluación. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.

## 2.2 Diámetro de tallos.

El tratamiento 1 infestado por el insecto *B. cockerelli* a los 25 días después de siembra mostró en esta fecha un diámetro de sus tallos de 0.95 cm, llegando a su máximo a los 46 días después de la siembra con 1.25 cm disminuyendo después a 1.05 cm probablemente porque este insecto se alimenta de la savia de el floema lo que ocasiona disminución en sus diámetros de tallos véase la figura 6

El tratamiento 2 (insecto y *F. oxysporum*) en la primera y segunda evaluación se comporto de una manera similar a la del testigo con un diámetro de 1.05, pero para la cuarta y quinta evaluación 56 y 65 días después de la siembra, 30 y 40 días después de infestación e inoculación el diámetro aumento en su grosor a 1.15, y 1.16 cm respectivamente, síntomas característico de la enfermedad punta morada de la papa. El tratamiento 3 mostró un diámetro de 0.95 en la primera fecha llegando a 1.16 cm en la tercera fecha para llegar a la ultima con diámetro de 1.03 cm esto nos indica que los diámetros disminuyen conforme la severidad de la enfermedad.

El tratamiento 4 se comporto iniciando en la primera fecha con 0.95 cm aumentando conforme la enfermedad aumentaba en su severidad llegando hasta 1.16 cm en la ultima fecha probablemente se deba según Cazares- Méndez, ( 2003) alteraciones histológicas en las que están: hipertrofia, hiperplasia y proliferación o necrosis de células, especialmente del floema secundario, acumulación anormal de callosa en las paredes del floema. En cuanto al testigo fueron de 0.95cm hasta 1.15 cm cabe señalar que este no presento síntomas algunos de punta morada, lo que nos indica que los tallos son los de una planta sana que según Edmond, 1989 van de 0.5 a 1.0 cm. observe Figura 6 y cuadros 4 y 4.1 incluidos en el apéndice.



C.V. = 7.55 %

**Figura 6. Díametro de tallos de plantas de papa tratadas con *B. cockerelli* y *F. oxysporum* tomadas en las diferentes fechas de evaluación. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.**

### 2.3 Numero de hojas.

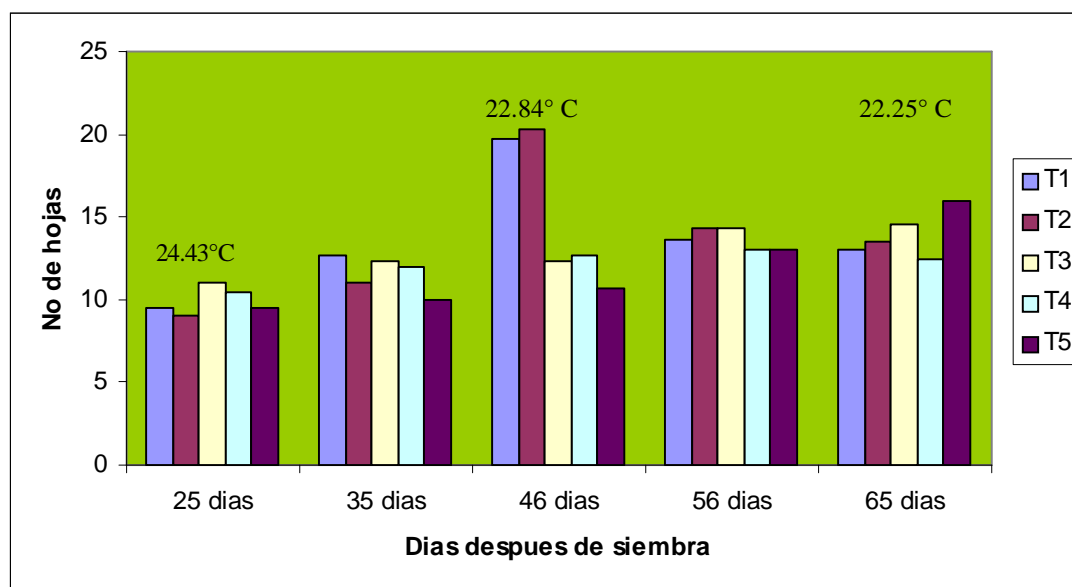
Las evaluaciones de numero de hojas se comportaron así: El tratamiento 1 inicio con un numero de hojas de 10 hojas, seguido de 13 y 20 en la segunda y tercera evaluación siendo esta donde se presento el mayor numero de hojas en este tratamiento para después quizá por el daño de la enfermedad disminuyera su numero a 13 hojas para las ultimas dos fechas.

El tratamiento 2 presento un numero de hojas mas elevado en la tercera fecha 46 días después de la siembra y 20 días después de inoculación e infestación insecto y *F. oxysporum* con un numero de 20 hojas para después disminuir en las siguientes fechas llegando a un numero de 14 hojas. Lo que indica que según Smith *et al* (1992) mencionan que los daños se observan principalmente en las hojas viejas, muestran estas una clorosis

seguida de una marchitez; progresan posteriormente a las hojas jóvenes iniciándose al mismo tiempo una invasión del sistema vascular por el hongo para después las hojas se caigan. Para el tratamiento 3 el número inicio con un número de 11 hojas en la primera fecha aumentando a 15 en la última fecha siendo esta donde se presentó el mayor número.

En el caso del tratamiento 4 compuesto de insecto *Fusarium* y *Verticillium* se comporto con el menor número de hojas solamente obteniendo en la última fecha de evaluación de 12.5 hojas, a los 65 días después de la siembra. Lo que indica que conforme aumentan los patógenos la enfermedad es más severa.

En comparación con los demás tratamientos el tratamiento 5 (testigo) presento el número de hojas más altos, lo que nos indica que en este tratamiento no se presento la enfermedad punta morada, como se muestra en la Figura 7 y los cuadros 5 y 5.1, se encuentran en el apéndice.



C.V. = 22.73 %

**Figura 7. Número de hojas de plantas de papa, tratadas con *B. cockerelli* y *F. oxysporum*, tomadas en las diferentes fechas de evaluación. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.**

### **3. Biomasa a los 54 días después de siembra.**

Los pesos secos obtenidos fueron los siguientes.

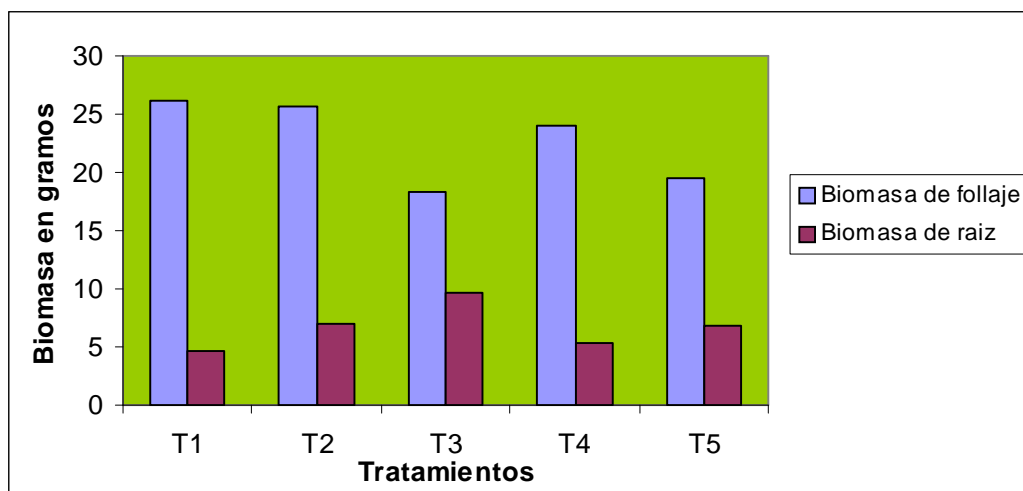
#### **3.1 Follaje.**

El tratamiento que obtuvo mayor biomasa fue 26.2 gramos, correspondiente al tratamiento 1 infestado con el insecto, seguido del tratamiento 2 inoculado con *Fusarium* e infestado con el insecto con un 25.72 gramos, los tratamientos que obtuvieron la biomasa mas baja se dan a continuación en orden de importancia, tratamiento 4 inoculado con *Fusarium* y *Verticillium* con 24.04 gramos, tratamiento 5 es el testigo con 19.45 gramos y tratamiento 3 inoculado con *Fusarium* con 18. gramos. Lo que indica que los patógenos cuando afectan la parte aérea, es decir, el follaje se observa un puntillado amarillo cobrizo interviene la distribuido irregularmente en las hojas apicales que avanzan hacia los bordes para después marchitarse para así no tener una biomasa alta en el caso de el tratamiento inoculado con *Fusarium*. Como se muestra en la figura 8 y en los cuadros 6 y 6.1. Ubicados en el apéndice.

#### **3.2 Raíz.**

Los tratamientos se comportaron de la siguiente manera:

El tratamiento que obtuvo mayor biomasa de raíz fue el 3 inoculado con *Fusarium* con 9.68 gramos seguido de los tratamientos 2 infestado con el insecto y *Fusarium* con 7.08 gramos y el tratamiento 5 que es el testigo con biomasa de 6.75 gramos. Obteniendo los números mas bajos los tratamientos 4 inoculado con los hongos *Fusarium* y *Verticillium* e infestado con el insecto con 5.35 gramos y tratamiento infestado con el insecto con un 4.72 gramos. Lo que indica según Agrios 1988 el *Fusarium* provoca pudriciones en la raíz de ahí que no presenta biomasa radical alta como se muestra en la figura 8 y el cuadro 6.2 ubicado en el apéndice.



**Figura 8. Biomasa de follaje y de raíz tomados a los 54 días después de la Siembra expresada en gramos. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.**

#### **4. Biomasa a los 71 días después de siembra.**

La biomasa tomada a los 71 días después de la siembra fue de la siguiente manera:

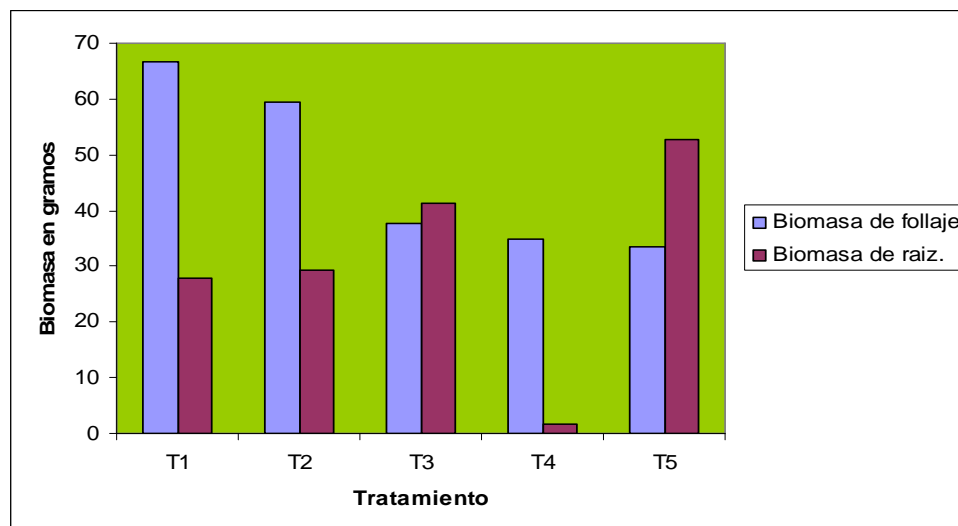
##### **4.1 Follaje.**

La mayor biomasa la obtuvo el tratamiento 1 infectado de insecto *B. cockerelli* con 66.64 gramos, seguido de un peso de 59.28 gramos correspondiente al tratamiento 2 tratado con insecto y *Fusarium*, probablemente por la aparición de brotes axilares y tubérculos aéreos aumenta la biomasa esto según Alonso 1996. El tratamiento 3 infectado con *Fusarium* ocupa el tercer sitio con una biomasa de 37.72 gramos, para el tratamiento 4 infestado con insecto e inoculado con *Fusarium* y *Verticillium* se obtiene una biomasa de 34.79 gramos y obteniendo una biomasa mínima el testigo con 33.54 gramos probablemente hubo reducción en la biomasa por que indica Roberts y Boothroyd (1978),

que los síntomas y daños que causada el hongo pueden desarrollarse con mayor rapidez durante la floración y la fructificación como se muestra en la figura 9y en los cuadros 7 y 7. en el apartado del apéndice.

## 5.2 Raíz.

En el caso de la biomasa de raíz a los 71 días después de la siembra el que tuvo mayor biomasa fue el tratamiento 5 testigo con 52.64 gramos seguida del tratamiento 3 inoculado con *Fusarium* con 41.36 gramos, el tratamiento 2 infectado con insecto y *Fusarium* muestra una biomasa de 29.21 gramos, el tratamiento que muestra la biomasa mínima es el tratamiento 4 inoculado con *Fusarium* y *Verticillium* e infestado con el insecto, con un 1.78 gramos. Bigwood,(2000) menciona que el *Fusarium* infecta plantaciones a través de la secreción de toxinas dentro de sus raíces, las cuales luego se pudren y disuelven las células de las plantas, probablemente este sea el motivo para el caso de biomasa de raíz. como se muestra en la figura 9y el cuadro 7.2 ubicado en el apéndice.

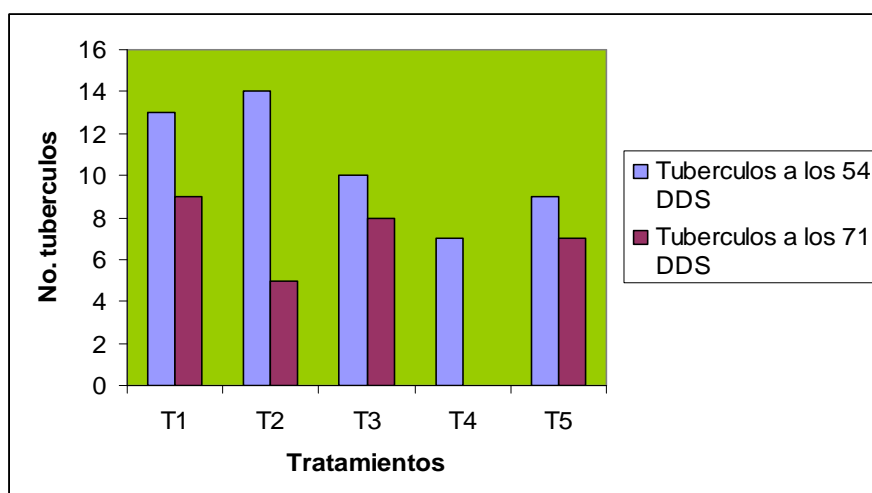


**Figura 9. Biomasa de follaje y de raíz a los 71 días después de la siembra expresada en gramos. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.**

## 5. Rendimiento.

### 5.1 Numero de tubérculos.

El numero de tubérculos a los 54 días después de siembra el tratamiento que presenta el mayor numero de tubérculos es el 2 infestado con el insecto e inoculado con el *Fusarium* de 14 tubérculos, seguido del tratamiento 1 infestado con el insecto con 13 tubérculos, el tratamiento 3 inoculado con *Fusarium* presenta un numero de tubérculos de 10, seguido del testigo con 9 tubérculos y el tratamiento 4 inoculado e infestado con los hongos de interés *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* presenta el numero de tubérculos mas bajo en comparación con los demás tratamientos véase la figura 10. Esto indica que los hongos y el insecto provocan que no haya una translocacion por lo que toda su energía la mantienen en el follaje y no permite que se aparezcan tubérculos mucho menos que se desarrollen, y como el testigo siempre mantiene sus condiciones y si existe una translocación desarrolla sus tubérculos adecuadamente Figura 10, cuadro 8, 8.1 y 8.2 se encuentran en el apéndice.

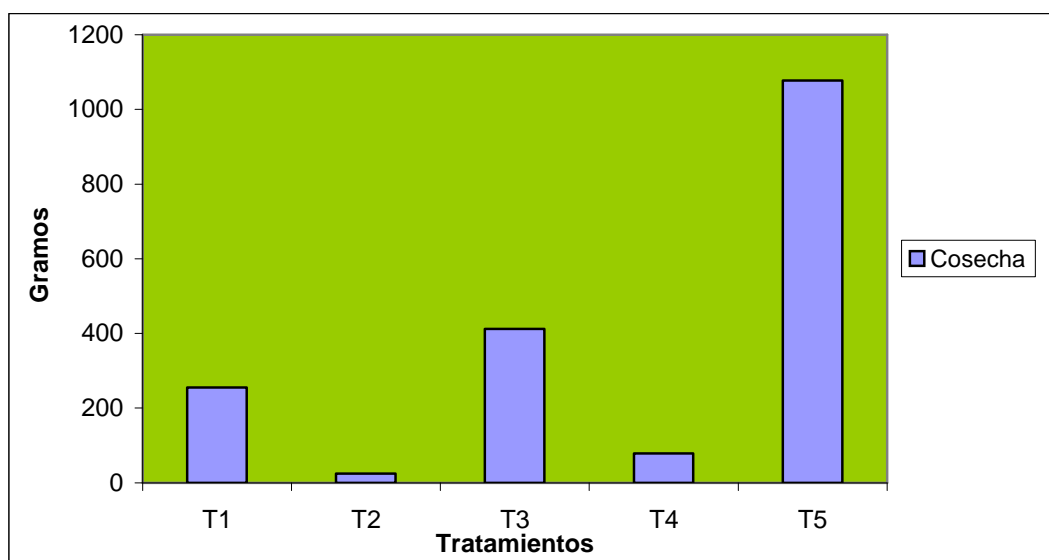


**Figura 10. Numero de tubérculos obtenidos a los 54 y 71 días después de la siembra. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.**



## 5.2 Cosecha.

El rendimiento se determinó a los 90 días después de la siembra y estos fueron los resultados. El tratamiento que mejor rendimiento mostró fue el testigo con un 1077.15 gramos para este tratamiento, seguido de 255.56 gramos de el tratamiento 1 infestado con el insecto, el tratamiento 4 infestado e inoculado con el insecto y los hongos *Fusarium* y *Verticillium* respectivamente muestran un rendimiento de 78.36, lo que indica que los tubérculos obtenidos no alcanzan a desarrollar. El tratamiento que muestra el menor rendimiento es el 2 en el que se combina el insecto y el *Fusarium* con 24.84 gramos, lo que indica que quizás al haber una combinación de patógenos existe una patogénesis, lo cual afecta los rendimientos de la papa, ya que estos dos patógenos intervienen directamente en los rendimientos como se reporta en artículos anteriores como se observa en la figura 11 y cuadro 9, este último ubicado en el apéndice.



**Figura 11. Rendimiento promedio de las plantas de papa por cada tratamiento. T1 es el insecto, T2 es el insecto y *Fusarium*, T3 es el *Fusarium*, T4 es el insecto, *Fusarium* y *Verticillium*, T5 es el testigo sin aplicación. UAAAN 2007.**

## CONCLUSIONES.

- El crecimiento de las plantas de papa es severamente afectado por los organismos *B. cockerelli*, *F. oxysporum*, y *Verticillium dahliae* en comparación con plantas sanas, ya que reduce altura de plantas, numero de hojas, diámetro de tallos
- El rendimiento de plantas de papa afectadas por *B. cockerelli*, *F. oxysporum*, y *Verticillium dahliae* es reducido considerablemente. Debido a que afecta las variables agronómicas altura de plantas, numero de hojas, diámetro de tallos.

## LITERATURA CITADA

- ❖ Agrios, G.N 1988. Plant pathology. Third editccion. Academic press, INC. Lodon.  
803 p.
- ❖ Agrios, N.G. 1996. Fitopatologia. UTEHA Noriega editores. México. 610- 634.
- ❖ Alexopoulos, C.J. and Mims, C.W. 1979. Introductory Mycology. Third Edition. J.  
Wiley and Sons. New York. 632 p.
- ❖ Almeyda-León, I., Sánchez, J.S., y Garzón- Tiznado, J. 2004. detección molecular  
de fitoplasmas en papa. Memorias del Simposio Punta Morada de la papa.  
XXI semana internacional del parasitologo. UAAAN. Buenavista, Saltillo,  
Coahuila, México. P 4-14.
- ❖ Alonso, A. F. 1996. El cultivo de la patata. Ediciones mundi-prensa. Madrid,  
España. P 23-26,145, 154-155.
- ❖ Ayers, G.W. 1952. Studies on Verticillium Kilt of Potatoes. American Potato  
Journal 29:201-206.
- ❖ Banttari, E.E., Orr, P.H. and Preston, D.A. 1990. Purple top as a cause of potato  
chip Discoloration. Transaction in Agriculture 33:221-226
- ❖ Beall, G. and Cannon, F.M. 1945. the cause of purple-top of potatoes as indicated  
by a study of its distribution within fields. American potato journal 22: 363-  
368.
- ❖ Boot, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute Kew,  
Surrey, England. 235 p.

- ❖ Cadena H.,M.A. y Galindo, A.J. 1985. Reducción de la incidencia de la punta morada de la papa por medio de fechas de siembra, genotipo de la planta y aplicación de insecticidas. *Revista mexicana de fitopatología* 3:100-105.
- ❖ Cadena, H.M. 1996. la punta morada de la papa en México: efecto de cubiertas flotantes, genotipos y productos químicos. *Revista mexicana de fitopatología*. 14(1): 20-24.
- ❖ Calderóni, A.V.1978. enfermedades de la papa y su control. Editorial hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. 143 p.
- ❖ Cazares-Méndez, I.G. de la Jara-Alcocer, F., Rodríguez-Dorantes, A.M., y Cadena – Hinojosa, M.A. 2003. Comparación de patrones electroforeticos de proteínas e iso enzimas en tubérculos sanos y con síntomas de la punta morada de siete variedades de papa. *Revista mexicana de fitopatología*. 21:102-108.
- ❖ Cepeda, S.M. 2000. la papa el frito de la tierra. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de parasitología. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 221 p.
- ❖ Cruz-Martínez Juan M. 2001 Ácidos Humicos en papa (*Solanum tuberosum*) en la sierra de Arteaga, Coahuila, Tesis UAAAN,Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pág. 64.
- ❖ De La Garza, G., J.L.1996. Fitopatología general. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Facultad de Agronomia, Marin, Nuevo Leon. México. 515 p.
- ❖ Edmond, J.B 1989. Principios de horticultura. Quinta edición. Editorial continental. México-España. 575 p.
- ❖ Enríquez- Arellano E. 1999, el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) y sus principales plagas y enfermedades, tesis de licenciatura, UAAAN, Pág. 64.

- ❖ Flores-Olivas, A., 2004, Alternativas para el manejo de punta morada de la papa, Simposio punta morada de la papa, Saltillo, Coahuila, México.
- ❖ Flores-Olivas, A., Alemán-Navarro, I., y Notario-Zacarías, M.I.2004. Alternativas para el manejo de la punta morada de la papa. Memorias del simposio punta morada de la papa. XXI semana internacional del Parasitologo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Resumen, p. 40-44.
- ❖ Flores-Torres, L.M. 2005. Virus del enrollamiento de la hoja de papa y su detección en el síndrome de la Punta morada. Tesis maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, saltillo, Coahuila, México.
- ❖ García Q., J.R. 1996. Etiología y transmisión del obscurecimiento interno del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L) para industria. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Montecillo, estado de México.65p.
- ❖ Garzón, T. J.A. 2004. *Bactericera cockerelli* Sulc, vector de fitoplasmas en México. Simposio de la punta morada de la papa.XXI semana internacional del parasitologo. UAAAN. P 64-83.
- ❖ Gilman, J.C. 1963. Manual de los hongos del suelo. Compañía Editorial Continental S.A. Primera Edición en Español. México, D.F. 572 p.
- ❖ Guigon, L.C. 1994. Epidemiología de las enfermedades de la papa causadas por hongos fitopatogenos del suelo en el sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 103 p.
- ❖ Hernández, Huerta. H. 2000. Asociación de los hongos *Fusarium oxysporum* Schlecht y *Verticillium dahliae* Kleb en los síntomas de la punta morada de

la papa en el sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- ❖ Hooker, W.J. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Publicación centro internacional de papa. Lima, Perú. 166 p.
- ❖ Huaman, Z., SchmielDieche, P. y Wissar, R. 1988. Los recursos genéticos de la papa y su conservación en el centro internacional de la papa. Toluca estado de México, 15-26 de agosto.
- ❖ Koike, S.T., Subbarao, K.V., Davis, R.M., Gordon, T. R and Hubbard, J.C. 1994. *Verticillium* wilt of Cauliflower. Plant Disease 78: 1116-1121.
- ❖ Latorre, G.B. 1999. Enfermedades de las plantas cultivadas. Quinta edición. Editorial Omega. 646 p.
- ❖ Leach, J.G. and Bishop, C.F. 1944. Further Studies on the nature and cause of purple-top wilt of potatoes. Phytopathology 34:1006-1007 (abst.)
- ❖ Lee, I. M., Bother. K.D., Munyaneza. J.E., Secor. G.A. and Gudmestad. N.C. 2004. Clover proliferation group (16SrVI) subgroup A (16SrVI-A) phytoplasma is a probable causal agent of potato top disease in Washington and Oregon. Plant disease. 88 (4):429.
- ❖ Lee, I.M., Davis, R. E., 2000, Gundersen-Rindal, D.e., Phytoplasma: phytopatogenic Moliicutes, Annual Reviews Microbiology, 54,221-255.
- ❖ Leyva- Lopez, N.F., Ochoa, S.J. C., Leal-klavez, D.S., and Martinez-Soriano, J.P. 2002. Multiple phytoplasmas associated with potato disease in México. Canadian Journal of microbiology. 48:1062-1068.
- ❖ MacLeod, D.J. 1954 Aster yellow (purple-top) of potatoes. American potato journal 31:119-127.

- ❖ Maramorosch, K. 1988. Potato purple top wilt. Entomology department, Cook Collage, Rutgers, The State University. New Brunswick. New jersey, U.S.A. 456 p.
- ❖ Martínez-Soriano, J.P. 1999. la punta morada de la papa IX congreso nacional de productores de papa, Memorias, León Guanajuato, México.
- ❖ Martínez-Soriano, J.P., López-Flores, C. I., 1999, La punta morada de la papa. Unidad de Biotecnología e ingeniería de planta CINVESTAV, Irapuato, México.
- ❖ Mendoza, Z.C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 85 p.
- ❖ Moctezuma- Gutiérrez .R.C 2005. Hongos del suelo y su asociación con el síndrome de punta morada de la papa en Coahuila y Nuevo León. Tesis maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- ❖ Osuna-Espinoza, M.A.1999. Determinación de la incidencia y severidad de punta morada en tres localidades en el municipio de Galeana Nuevo León. Tesis de licenciatura UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. P 9-21.
- ❖ Presley, J.T. 1950. *Verticillium* Kilt of cotton with Particular Emphasis on Variation of the Causal Organism. *Phytopathology* 40: 497-511.
- ❖ Roberts, D.A. y Boothroyd, C.W. 1978. Fundamentos de Fitopatología vegetal. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 392 p.
- ❖ Rocha, R.R. 1985 Guía para cultivar papa en el bajío, SARH, INIA, CIAB, CAEB, Celaya, Guanajuato, México. 14 p.

- ❖ Romero, C.S. 1993. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección del patronato universitario, A.C. Chapingo, México. 354 p.
- ❖ Rowe, R.C., Riedel, R.M. and Martin, M.J. 1985. Synergistic Interactions Between *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans* in Potato Early Dying Disease. *Phytopathology* 75:412-418.
- ❖ Salas-Marina, M.A. 2006. Eficiencia de insectos vectores en la transmisión de fitoplasmas de la punta morada de la papa. Tesis maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- ❖ Salazar, L. F., 1998, Fitoplasmas un factor negativo para la producción de semilla de papa, memorias del consejo directivo 1998, CONDESAN, Manizales, Colombia.
- ❖ Salazar, L.F. 1996. Los virus de la papa y su control. Centro internacional de la papa ( CIP). Lima, Perú. 226 p.
- ❖ Salazar, L.F. 1997. Identificación y control de enfermedades virales y fitoplasmas de la papa. Simposium Internacional de la papa. Metepec, estado de México. 25 y 26 de agosto.
- ❖ Sarasola, A.A. y Rocca, M.A. 1975. Fitopatología, Curso Moderno. Tomo II. Micosis. Centro Regional de ayuda técnica. Agencia para el Desarrollo internacional México/ Buenos Aires. 375 p.
- ❖ Smith, I.M., Dunez, J., Lellitt, R.A., Phillips, D.H. y Archer, S.A. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Ediciones mundi Prensa. Madrid España. 671 p.
- ❖ Toussoun, T.A., and Nelson, P.E. 1968. A pictorial guide to the identification of *Fusarium* Species According to the Taxonomic System of Snyder and



Hansen. The Pennsylvania State University Press. University Park and London. 51 p.

- ❖ Triplehorn, C.A. and Johnson. N.F. 200. Borror and DeLong's Introduction to the study of insects. 7<sup>th</sup> edition. Thomson books/cole. Unite States of America. p. 310.
- ❖ Vargas-Caamal, I.I. 2005. Especies y fluctuación poblacional de cicadellidos y psilidos positivos a fitoplasma en el cultivo de la papa y maleza aleña en – Arteaga, Coahuila. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 41-62 p.
- ❖ Walker, J.C. 1968. Plant pathology. Third Edition. McGraw- Hill, New York. 819p.

#### **Paginas de internet**

- ❖ [http: // WWW. Siea. SAGARPA 2005.Estadisticas de produccion de papa.](http://WWW.Siea.SAGARPA.2005.Estadisticas.de.produccion.de.papa)

## APÉNDICE (A)

**Cuadro 3. Altura de plantas de papa en cada tratamiento según las lecturas tomadas en las diferentes fechas de evaluación. UAAAN 2007**

Tratamientos	Evaluación 25 de julio	Evaluación 4 de agosto	Evaluación 15 de agosto	Evaluación 25 de agosto	Evaluación 4 de septiembre	promedio
T1	16.99	44.8	60.6	72.72	79	54.82
T2	13.78	33.4	59.2	71.16	70.25	49.55
T3	13.26	29.9	55.9	67.8	72.5	47.87
T4	15.35	37.07	45.1	58.8	62.25	43.71
T5	15.624	35.1	51	70.08	79.5	50.26

**Cuadro 3.1 Análisis de varianza de las alturas de plantas de papa efectuados en un diseño completamente al azar. UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	323.539063	80.884766	0.1384	0.963
ERROR	20	11687.882813	584.394165		
TOTAL	24	12011.421875			

C.V. = 49.09 %

## COMPARACIÓN DE MEDIAS.

TRATAMIENTO	MEDIA
1	54.8200 A
5	50.2600 A
2	49.5500 A
3	47.8700 A
4	43.7100 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 31.8930

## 2.- Diámetro de tallos

**Cuadro 4. Diámetro de tallos de plantas de papa en cada tratamiento según las lecturas tomadas en las diferentes fechas de evaluación. UAAAN 2007**

Tratamientos	Evaluación 25 de julio	Evaluación 4 de agosto	Evaluación 15 de agosto	Evaluación 25 de agosto	Evaluación 4 de septiembre
<b>T1</b>	0.95	1.2	1.25	1.05	1.13
<b>T2</b>	1.05	1.05	1.1	1.15	1.16
<b>T3</b>	0.95	1.05	1.16	1.1	1.03
<b>T4</b>	0.95	1	1.1	1.13	1.16
<b>T5</b>	0.95	1.1	1.03	1.08	1.15

**Cuadro 4.1 Análisis de varianza de los diámetros de tallos de plantas de papa Efectuados en un diseño completamente al azar. UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>4</b>	<b>0.006220</b>	<b>0.001555</b>	<b>0.2377</b>	<b>0.913</b>
<b>ERROR</b>	<b>20</b>	<b>0.130842</b>	<b>0.006542</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>0.137062</b>			

C.V. = 7.55 %

### COMPARACIÓN DE MEDIAS.

TRATAMIENTO	MEDIA
<b>1</b>	<b>1.1160 A</b>
<b>2</b>	<b>1.1020 A</b>
<b>4</b>	<b>1.0680 A</b>
<b>5</b>	<b>1.0620 A</b>
<b>3</b>	<b>1.0580 A</b>

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 0.1067

### 3.- Numero de hojas

**Cuadro 5. Numero de hojas de plantas de papa en cada tratamiento según las lecturas tomadas en las diferentes fechas de evaluación.**

Tratamientos	Evaluación 25 de julio	Evaluación 4 de agosto	Evaluación 15 de agosto	Evaluación 25 de agosto	Evaluación 4 de septiembre
<b>T1</b>	9.5	12.66	19.66	13.6	13
<b>T2</b>	9.0	11	20.33	14.33	13.5
<b>T3</b>	11	123	12.33	14.33	14.5
<b>T4</b>	10.5	12	12.66	13	12.5
<b>T5</b>	9.5	10	10.66	13	16

**Cuadro 5.1 Análisis de varianza de los diámetros de tallos de plantas de papa Efectuados en un diseño completamente al azar,UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	14.296875	3.574219	0.4201	0.794
ERROR	20	170.145020	8.507251		
TOTAL	24	184.441895			

C.V. = 22.73 %

#### COMPARACION DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	13.6840 A
2	13.6320 A
3	12.8920 A
4	12.1320 A
5	11.8320 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 3.8480

## Apéndice B)

**Cuadro 6. Biomasa de follaje y raíz de plantas de papa con síntomas de punta morada, tomas a los 54 días después de la Siembra. UAAAN 2007.**

Tratamientos	Peso en gramos de follaje	Peso en gramos de raíz	Numero de tubérculos.
T1	R1=30.45 R2= 21.95	R1=2.95 R2=6.52	13
T2	R1= 18.60 R2=32.90	R1=4.93 R2=9.23	14
T3	R1=24.45 R2=12.11	R1=17.50 R2=1.87	10
T4	R1=15.08 R2=33.00	R1=1.52 R2=9.18	7
T5	R1=17.55 R2=21.35	R1=7.57 R2=5.94	9

**Cuadro 6.1 Análisis de varianza de la biomasa de follaje de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas 54 días después de siembra. UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	106.874512	26.718628	0.3495	0.835
ERROR	5	382.291016	76.458206		
TOTAL	9	489.165527			

C.V. = 38.45 %

**Comparación de medias.**

TRATAMIENTO	MEDIA
1	26.6000 A
2	25.7500 A
4	24.0400 A
5	19.4500 A
3	18.2800 A

**NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05**

**DMS = 22.4809**

**Cuadro 6.2 Análisis de varianza de la biomasa de raíz de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 54 días después de siembra. UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	29.478363	7.369591	0.2188	0.916
ERROR	5	168.432220	33.686443		
TOTAL	9	197.910583			

C.V. = 86.36 %

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
3	9.6800 A
2	7.0800 A
5	6.7550 A
4	5.3500 A
1	4.7200 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 14.9221

**Cuadro 7. Biomasa de plantas de papa con síntomas de punta morada tomados a los 71 días después de la siembra. UAAAN 2007**

Tratamientos	Peso en gramos de follaje	Peso en gramos de raíz	Numero de tubérculos.
T1	R1= 60.08 R2= 73.21	R1=34.26 R2=21.27	9
T2	R1=65.21 R2= 53.35	R1=31.99 R2= 26.43	5
T3	R1= 39.93 R2=35.52	R1= 39.48 R2= 43.24	8
T4	R1= 28.60 R2=40.95	R1=2.23 R2= 1.33	0
T5	R1= 33.67 R2=33.41	R1= 45.92 R2= 59.36	7

**Cuadro 7.1 Análisis de varianza de la biomasa de follaje de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 71 días después de siembra. UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	1902.365234	475.591309	9.7891	0.015
ERROR	5	242.917969	48.583595		
TOTAL	9	2145.283203			

C.V. = 15.02 %

#### RESULTADOS DE LA COMPARACION DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	66.6450 A
2	59.2800 A
3	37.7250 B
4	34.7900 B
5	33.5400 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS= 17.92

**Cuadro 7.2 Análisis de varianza de la biomasa de raíz de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 71 días después de siembra. UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	2897.433594	724.358398	18.3441	0.005
ERROR	5	197.436523	39.487305		
TOTAL	9	3094.870117			

C.V. = 20.58 %

**RESULTADOS DE LA COMPARACION DE MEDIAS**

TRATAMIENTO	MEDIA
5	52.6400 A
3	41.3600 AB
2	29.2100 B
1	27.7650 B
4	1.6650 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS= 16.15

**Cuadro 8. Numero de tubérculos de plantas de papa con síntomas de punta morada tomados a los 54 y los 71 días des pues de la siembra. UAAAN 2007.**

Tratamientos.	Numero de tubérculos.54 dds	Numero de tubérculos.a los 71 días d s
T1	13	9
T2	14	5
T3	10	8
T4	7	0
T5	9	7



**Cuadro 8.1 Análisis de varianza de los tubérculos de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 54 días después de siembra. UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	55.400024	13.850006	0.4982	0.741
ERROR	5	139.000000	27.799999		
TOTAL	9	194.400024			

C.V. = 50.70 %

#### COMPARACION DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
2	14.0000 A
1	13.0000 A
3	10.0000 A
5	9.0000 A
4	7.0000 A

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 13.5558

**Cuadro 8.2 Análisis de varianza de los tubérculos de plantas de papa con síntomas de punta morada tomadas a los 71 días después de siembra. UAAAN 2007**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	409.400024	102.350006	16.5081	0.006
ERROR	5	31.000000	6.200000		
TOTAL	9	440.400024			

C.V. = 21.84 %

## RESULTADOS DE LA COMPARACION DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	19.0000 A
2	15.5000 AB
3	11.5000 B
5	11.0000 B
4	0.0000 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 6.40

**Cuadro 9. Rendimiento y manchado de tubérculos por cada tratamiento.**

Tratamientos	Peso en gramos de tubérculos.	Manchado de tubérculos.
T1	255.56	Si manchado diferente.
T2	24.84	Si
T3	412.2	Si
T4	78.36	Si
T5	1077.15	No