

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**



**EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DEL FUNGICIDA OXICLORURO DE COBRE PARA EL
CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary EN
PAPA *Solanum tuberosum* L.**

**POR
GERARDO MANUEL TUN TUCUCH**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Junio de 2008**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efectividad Biológica del Fungicida Oxicloruro de Cobre para el Control del Tizón tardío
Phytophthora infestans (Mont.) De Bary en papa *Solanum tuberosum* (L).

TESIS

Por:

GERARDO MANUEL TUN TUCUCH.

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

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADO POR:

M.C. María Elizabeth Galindo Cepeda.

Presidente del Jurado

Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe.
Sinodal

Dr. Néstor Bautista Martínez
Sinodal

M.C. Claudio Chavarín Palacio
Sinodal

Dr. Mario E. Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Junio de 2008

AGRADECIMIENTOS

A la *Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"* (Mi Alma Terra Mater) por haberme albergado en su senos y al *Departamento de Parasitología* por permitirme formarme como profesionista.

A la M. C. María Elizabeth Galindo Cepeda, por el tiempo en la revisión de esta tesis, por la orientación y sugerencias en el desarrollo del mismo.

Al Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe, por las facilidades brindadas en la revisión y por sus aportaciones en esta investigación.

Al Dr. Néstor Bautista Martínez, por sus consejos brindados, sugerencias y por guiarme al camino del aprendizaje.

Al M.C. Claudio Chavarín Palacio, por su tiempo e interés mostrado en la revisión de esta tesis; así como por sus sugerencias y recomendaciones en la realización de esta investigación.

A todos mis maestros que tuve a lo largo de mis estudios, por su amistad y consejos.

Con sincero agradecimiento al *Ing. Lauro Soto Rojas* y al *Sr. Alfredo Baltasar Capistrán* que de una u otra forma intervinieron en la realización de la presente investigación.

DEDICATORIAS

A *Dios* nuestro señor por que en cada momento sentí su presencia y hasta el final medio seguridad y sabiduría para lograr esta meta en mi vida. A *Dios* que es el ser Supremo; Creador de todo cuanto existe y a quien le dedico la Vida.

A mis padres *Sr. Manuel Jesús Tun Caamal y Sra. Margarita Tucuch Cahuich*, Que me dieron la dicha de ser su hijo, por haberme guiado siempre por el buen camino, haber depositado toda su confianza en mí y por darme la oportunidad de superarme para llegar a la culminación de mi carrera. A ustedes mi más profundo; amor, respeto y agradecimientos.

A mi hermano: *Edgar Humberto Tun Tucuch y su esposa Raquel Virginia Chi Hernández*, quienes en todo momento han estado conmigo, alentándome para seguir adelante, por el apoyo y confianza que hicieron sentir con fuerza para lograr lo que ahora soy.

A mi sobrina: Pilar de una nueva generación, esperando ser un gran ejemplo para ella.

A todos mis tíos, primos y amigos que siempre me dieron palabras de aliento para seguir adelante.

A la juventud que ha recorrido conmigo o ha estado cerca a través de mi formación: Primaria, Secundaria, Bachillerato y de manera especial a mis compañeros de la generación *CIV de Ingenieros Agrónomos en Parasitología*.

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Aspectos Generales del Cultivo.....	4
3.1.1 Origen.....	4
3.1.2 Importancia.....	4
3.1.3 Producción.....	5
3.1.4 Plagas.....	8
3.1.5 Enfermedades.....	8
3.2 Características del patógeno: Tizón tardío de la papa (<i>Phytophthora infestans</i>) (Mont.) De Bary.....	9
3.2.1 Antecedentes.....	9
3.2.2 Origen.....	9
3.2.3 Importancia.....	10
3.2.4 Distribución.....	11
3.2.5 Plantas Hospederas.....	11
3.2.6 Taxonomía.....	12
3.2.7 Descripción.....	12
3.2.8 Sintomatología.....	13
3.2.9 Biología.....	15
3.2.10 Epidemiología.....	16
3.2.11 Reproducción.....	17
3.2.12 Variedad Patogénica.....	18
3.3 Control.....	19
3.3.1 Control Cultural.....	19
3.3.2 Control Genético.....	20
3.3.3 Control Químico.....	22
3.4 Resistencia a Fungicidas.....	26
3.4.1 Antecedentes.....	26
3.4.2 Definición de Resistencia.....	28
3.4.3 Origen de la Resistencia.....	29
3.4.4 Reportes de Resistencia.....	29
3.5 Mecanismo de acción del Cobre.....	31
IV. MATERIALES Y METODOS	32
4.1. Lugar de Realización del Estudio.....	32

4.2. Especie Vegetal, Variedad y Etapa de Desarrollo Vegetativo.....	32
4.3. Sistema de Producción usado en el Cultivo	32
4.4. Régimen de riego usado.....	33
4.5. Número de aplicaciones y Periodicidad del Muestreo.	33
4.6. Tratamientos Evaluados.....	33
4.7. Diseño Experimental y Tamaño de la Unidad Experimental.....	33
4.8. Parámetros Evaluados.....	34
4.9 Datos Climatológicos	37
4.10. Análisis de Datos.	38
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1. Evaluación Previa.....	39
5.2. Primera Evaluación.....	40
5.3. Segunda Evaluación.....	42
5.4. Tercera Evaluación.....	44
5.5. Análisis Comparativo	46
5.6 Evaluación de la Fitotoxicidad.....	51
VI. CONCLUSIONES	51
VII. LITERATURA CITADA.....	53
VIII. ANEXO	62

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
Cuadro 1. Principales países productores de papa (toneladas).....	6
Cuadro 2. Tratamientos para evaluar la efectividad biológica del fungicida Oxicloruro de Cobre para el control del tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en papa. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.....	33
Cuadro 3. Frecuencia de evaluación de parámetros y aplicación de tratamientos de interés en el control del Tizón tardío de la papa en Buenavista Zinacantepec, Estado de México. 2007.....	35
Cuadro 4. Escala para estimar el porcentaje de área foliar afectada por tizón tardío propuesto por el Centro Internacional de la Papa, en Buenavista Zinacantepec, México.....	35
Cuadro 5. Escala EWRS para evaluar la fitotoxicidad de tratamientos en papa. Buenavista Zinacantepec, Estado de México. 2007.....	36
Cuadro 6. Variables atmosféricas medidas durante el periodo de realización del estudio del control del Tizón tardío de la papa, en Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. Septiembre-octubre de 2007.....	37
Cuadro 7. Porcentajes promedio de infección por <i>Phytophthora infestans</i> , registrados durante la Evaluación previa en el cultivo de papa, var. Fianna y comparación estadística de promedios mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.....	39
Cuadro 8. Porcentajes promedio de infección por <i>Phytophthora infestans</i> , registrados durante la Primera evaluación en el cultivo de papa, var. Fianna y comparación estadística de promedios mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Buenavista, Zinacantepec, Estado de México, 2007.....	41
Cuadro 9. Porcentajes promedio de severidad y porcentajes de eficacia por tratamiento. Segunda evaluación en el cultivo de papa, var. Fianna y comparación estadística de promedios de infección mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Buenavista, Zinacantepec, Estado de México, 2007.....	43
Cuadro 10. Porcentajes promedio de infección y porcentaje de eficacia de tratamientos. Tercera evaluación en el cultivo de papa, var. Fianna y comparación estadística de promedios de infección mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Buenavista, Zinacantepec, Estado de México, 2007.....	45
Cuadro 11. Comparación de medias para los porcentajes de severidad y eficacia registrados en el estudio de la efectividad biológica del fungicida Oxicloruro de cobre para el control del tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en papa var. Fianna. Buenavista Zinacantepec, Estado de México, 2007.....	47
Cuadro 12. Promedio de infección del Tizón tardío en papa var. Fianna y los promedios de temperatura, humedad relativa y precipitación en el periodo del 12 de septiembre al 2 de octubre de 2007. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1. Producción nacional de papa 1994-2005 (toneladas).....	7
Figura 2. Principales Estados productores de papa en el 2004.....	8
Figura 3. Distribución aleatorizada de los tratamientos evaluados en el estudio del control de la infección del Tizón tardío en papa var. Fianna, en Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.....	34
Figura 4. Severidad promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, durante la Evaluación previa , en Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007. Las columnas representan el promedio de infección del tizón \pm error estándar del promedio (n=4).....	40
Figura 5. Infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, 5 A), y Eficacia de control 5 B), durante la Primera evaluación de los efectos de los tratamientos evaluados. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007. Las barras representan el promedio de infección por tratamiento \pm error estándar del promedio (n=4).....	42
Figura 6. Infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, 6 A), y Eficacia de control 6 B), durante la Segunda evaluación de los efectos de los tratamientos evaluados. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007. Las barras representan el promedio de infección por tratamiento \pm error estándar del promedio (n=4).....	43
Figura 7. Infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, 7 A), y Eficacia de control 7 B), durante la Tercera evaluación de los efectos de los tratamientos evaluados. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007. Las barras representan el promedio de infección por tratamiento \pm error estándar del promedio (n=4).....	46
Figura 8. Progreso de la enfermedad, por tratamiento evaluado, en el periodo del 12 de septiembre al 2 de octubre de 2007, en el cultivo de papa var. Fianna. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. dda= días después de la aplicación de tratamientos. Las líneas en cada punto representan el promedio de infección \pm error estándar del promedio (n=4).....	47
Figura 9. Comportamiento de la infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, en función de la temperatura promedio. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.....	49
Figura 10. Comportamiento de la infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, en función de la precipitación acumulada en el periodo de septiembre a octubre de 2007. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.....	50
Figura 11. Comportamiento de la infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, en función de la humedad relativa (%) en el periodo de septiembre a octubre de 2007. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.....	51

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en una parcela comercial de papa variedad fianna, en la localidad de Buenavista, Zinacantepec, Estado de México, México, del 12 de septiembre al 2 de octubre de 2007. Los objetivos fueron evaluar la efectividad biológica de los tratamientos a base del fungicida oxiclورو de cobre en el control del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, así como la posible fitotoxicidad del mismo producto hacia la planta de papa. Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron a intervalos de siete días. Los resultados obtenidos indicaron que el promedio de severidad inicial (\pm error estándar del promedio) del tizón en las unidades experimentales fue de 0.028 ± 0.018 . Los tratamientos a base del oxiclورو de cobre mostraron diferencias significativas respecto al testigo absoluto, desde los siete días después de la primera aplicación ($F=3.55$; g. l.=4, 15; $Pr>0.0315$). Aunque los tratamientos con aplicación del fungicida no se diferenciaron de manera estadística, se observó que los tratamientos a base de oxiclورو de cobre, con las dosis de 3 y 4 kg ha⁻¹ presentaron eficacias de control del orden de 91.11 y 92.89%, respectivamente, a los 21 días después de la aplicación. La relación entre el porcentaje de severidad del tizón tardío en la variedad de papa estudiada con las variables atmosféricas temperatura, humedad relativa y precipitación acumulada se manifestó de acuerdo con reportes previos.

Palabras clave: Efectividad biológica, oxiclورو de cobre, *P. infestans*.

I. INTRODUCCIÓN

La papa *Solanum tuberosum* L. se domesticó en Sudamérica, específicamente en Bolivia, entre los lagos Titicaca y Poopó hace unos 10,000 a 7,000 años, aunque los primeros vestigios se encontraron en el cañón de Chilca, al sur de Lima en Perú que datan de una antigüedad de hace 10,500 años. Y, aunque existen controversias y opiniones muy diversas en cuanto al origen de la papa, sin duda se estima que el altiplano peruano-boliviano es el centro de origen de este importante cultivo (Luján, 1996; Cortez y Hurtado, 2002). Esta especie se cultiva y se encuentra primordialmente en zonas con climas templados, aunque también son tolerantes hacia climas más calientes pero fresco; el intervalo altitudinal de esta especie va desde los 1300 a 3300 m, aunque pueden adaptarse a menor y mayor altitud dependiendo de la variedad cultivada (Cortez y Hurtado, 2002). La producción nacional de papa para 2005 fue de 1.71 millones de toneladas con un rendimiento promedio nacional de 24.29 ton/ha; con los estados de Sinaloa, Chihuahua, Sonora, Nuevo León, Guanajuato, Estado de México, Jalisco, Michoacán y Coahuila, Puebla, Veracruz; como los principales productores de nuestro país.¹

En México existen diversos factores que limitan la producción de papa. Dentro de la problemática los aspectos fitosanitarios son los de mayor importancia, donde destaca la presencia de plagas y enfermedades. Su importancia radica fundamentalmente en que la papa es una especie que se propaga de forma vegetativa o asexual y la diseminación de las enfermedades encuentra una ruta fácil.

¹ www.conpapa.org.mx/panoramamundial, Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana, comité directivo 2003-2007. Consultada el 27 de abril de 2008.

Este inconveniente se agrava con el manejo deficiente de los problemas fitosanitarios en la mayoría de las zonas productoras.

Phytophthora infestans (Mont) de Bary, el oomiceto responsable de la enfermedad del tizón tardío de la papa y el tomate, es una especie heterotática originaria del Valle de Toluca, en el Estado de México (Gallegly y Galindo, 1958; Goodwin, 1996).

El tizón tardío es una de las enfermedades más importante en el cultivo de la papa y se presenta en casi todas las regiones paperas, especialmente en zonas de clima húmedo y frío, tiene la capacidad de destruir totalmente la plantación en poco tiempo, razón por la cual se considera el problema más serio para la producción a nivel mundial. Su agresividad afecta la rentabilidad del cultivo al depender en gran parte de la aplicación de fungicidas y del uso de variedades resistentes (Johnson *et al.*, 1997).

En lo que a control químico se refiere, diversos autores reportan un efecto sinérgico con la mezcla Mancozeb + Cymoxanil. Asimismo, el Comité de Acción sobre Resistencia a Fungicidas (FRAC) ha propuesto recomendaciones generales diseñadas para prevenir o demorar el problema de la resistencia. Entre éstas, una de las más importantes es la utilización de los fungicidas sistémicos en mezclas con fungicidas de contacto (Fernández *et al.*, 1999).

El presente estudio tiene la finalidad de evaluar la efectividad biológica del oxiclورو de cobre en el control de tizón tardío de la papa en la región de Buenavista Zinacantepec Estado de México, como una alternativa de control preventivo disponible para los productores de la región.

II. OBJETIVOS

- Evaluar la efectividad biológica de diversas dosis del fungicida Oxiclورو de cobre, comparado con un producto registrado, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en papa (*Solanum tuberosum*).
- Evaluar la posible fitotoxicidad de los tratamientos hacia el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Aspectos Generales del Cultivo

3.1.1 Origen

La papa *Solanum tuberosum* L. es originaria de los Andes, entre Perú y Bolivia. En Perú se sabe, por estudios arqueológicos, que este cultivo existió mucho antes de la época de los Incas, así como en las Costas del Pacífico, prueba de esto son las vasijas en forma de tubérculo de papa que se han encontrado (Pérez, 1997). La diseminación de este cultivo se inició en el siglo XVI por marinos españoles, quienes apreciaban sus propiedades contra el escorbuto, hemorragias y alteraciones en las articulaciones producidas por falta de la vitamina C (García, 1998). Sin embargo, la papa no encontró aceptación general como planta de cultivo sino hasta mediados del siglo XVIII, convirtiéndose en un cultivo básico en algunos países, que se volvieron totalmente dependientes de él para su alimentación; tal es el caso de Irlanda (Stevenson *et al.*, 1953), donde se registró uno de los acontecimientos más trágicos de la humanidad. La población de Irlanda, había llegado a depender casi totalmente de una alimentación a base de papas, pero en 1830 apareció simultáneamente en América del Norte y Europa la enfermedad conocida como Tizón tardío o Chahuixtle de la papa, causando grandes pérdidas del cultivo con la consecuente escasez de este alimento (Chester, 1951).

3.1.2 Importancia

A nivel mundial, la papa es uno de los cultivos agrícolas más importantes, ya que ocupa el cuarto lugar en importancia como producto alimenticio, después del -

trigo, el maíz, el arroz y algunos cultivos agroindustriales como la soya y la caña de azúcar². La importancia de la papa radica en su alto valor nutritivo, en la superficie sembrada y en la gran demanda de mano de obra que necesita durante su desarrollo agrícola (70-85 jornales/ha). En México se reporta un consumo per cápita anual de 17 kg. (FAO, 2007). Por sus características nutritivas, la papa tiene mayor capacidad de competencia en el mercado, pues sus volúmenes de consumo son superiores a cualquier otra hortaliza (García, 1998). La papa tiene una gran variabilidad de consumo (cocida, procesada, en puré, etc.) y también puede usarse para la alimentación animal, especialmente los tubérculos pequeños y dañados. Además tiene usos industriales, para la obtención de almidón, harina, glucosa, alcohol y glicerina (García, 1998).

3.1.3 Producción

La producción mundial de papa en el periodo 2000-2005 ha sufrido fuertes cambios, principalmente reducciones del orden del 4.7%, 1.1%, 4.3% y 6.2% respectivamente. En este periodo sólo se registró un incremento de 8.6% en el 2004. Las fluctuaciones en la producción de papa se encuentran fuertemente ligadas a las inclemencias climatológicas y las plagas y enfermedades a que las que está propenso este tubérculo. En resumen, el crecimiento acumulado del periodo analizado fue negativo del orden de 2.4³.

² www.conpapa.org.mx/panoramamundial, Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana, comité directivo 2003-2007. Consultada el 27 de abril de 2008.

³ www.conpapa.org.mx/panoramamundial, Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana, comité directivo 2003-2007. Consultada el 27 de abril de 2008.

Para el 2005, según datos de la FAO, la producción mundial fue de 321.10 millones de toneladas. Los principales países productores, en orden de importancia, son: China, Rusia, India, EUA y Ucrania, quienes concentran el 44.1% de la producción mundial, México participo con un 0.53% de la producción mundial⁴

Cuadro 1. Principales países productores de papa (millones de toneladas).

País	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Participación del total
China	66.33	64.60	75.27	66.81	70.04	73.78	23.0 %
Rusia	33.98	34.97	32.87	36.75	35.91	36.40	11.3 %
India	27.71	22.49	23.92	23.16	25.00	25.00	7.8 %
EUA	23.30	19.86	20.86	20.82	20.69	19.11	6.0 %
Ucrania	19.84	17.34	16.62	18.50	20.75	19.30	6.0 %
Otros	160.50	153.01	151.29	144.77	157.26	147.51	45.9 %
México	1.63	1.63	1.48	1.73	1.73	1.74	.53 %
total	328.65	312.26	320.83	310.81	329.65	321.10	100 %

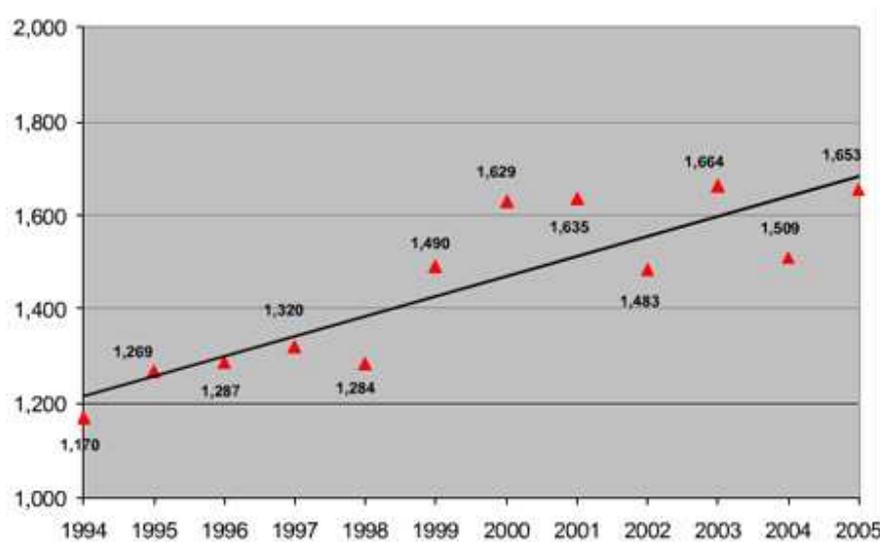
Fuente: <http://apps.fao.org/faostat.2005>

La papa es una de las principales hortalizas que se producen en México; su cultivo es uno de los más importantes en el renglón alimenticio y, al igual que en todos los países, sólo es superado por el maíz, frijol, trigo y arroz⁵. En México se observa una tendencia creciente en el periodo de 1994 a 2005. Sin embargo, esta tendencia alcista no es homogénea en el tiempo, lo que ocasiona fuertes variaciones en los precios del producto⁴.

⁴ <http://apps.fao.org/faostat.2005>

⁵ www.siap.sagarpa.gob.mx, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIACON, SIAP, Anuario Agrícola por Municipio. 2004 SAGARPA. Consulta de indicadores de producción nacional de Papa. Consultada el día 23 de abril de 2008.

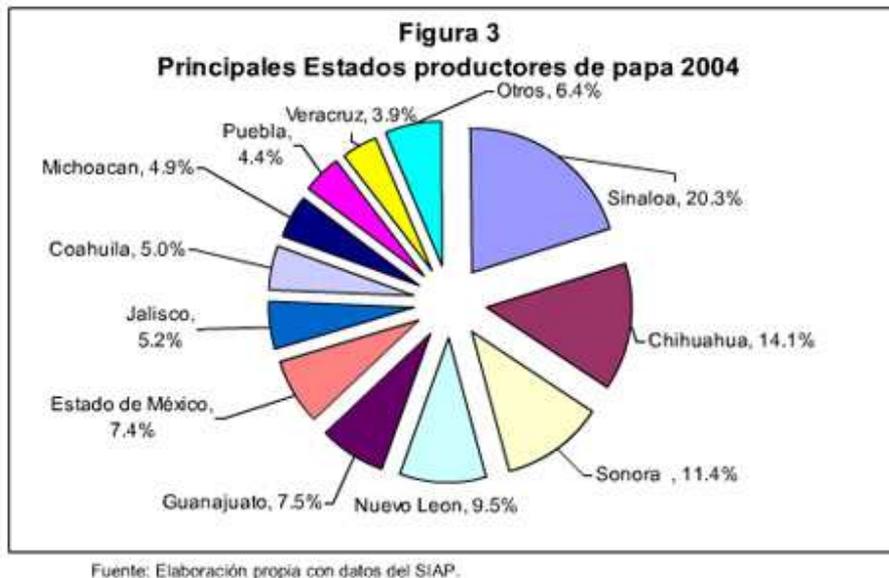
Figura 1. Producción nacional de papa 1994-2005 (miles de toneladas)



Según datos del Servicio de Información y Estadística. Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA el cultivo de este tubérculo se realiza actualmente en 25 estados de la República Mexicana durante todo el año, tanto en el ciclo de primavera-verano como en el de otoño-invierno existe producción de papa. Los principales estados productores por orden de importancia son: Sinaloa con el 20.3% de la producción nacional, seguido de Chihuahua (14.1%), Sonora (11.4%), Nuevo León (9.5%), Guanajuato (7.5%), Estado de México (7.4%), Jalisco (5.2%), Coahuila (5.0%), Michoacán (4.9%), Puebla (4.4%) y Veracruz (3.9%), estos 11 estados concentran el 93.6% de la producción nacional, en tanto que los restantes 14 estados sólo produjeron el 6.4% de la producción en 2004⁶

⁶ www.siap.sagarpa.gob.mx, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIACON, SIAP, Anuario Agrícola por Municipio. 2004 SAGARPA. Consulta de indicadores de producción nacional de Papa. Consultada el día 23 de abril de 2008.

Figura 2. Principales Estados productores de papa en el 2004.



3.1.4 Plagas

El cultivo de la papa es atacado por diferentes plagas, lo que repercute en la calidad y rendimiento del producto por mala calidad; entre las principales plagas se encuentra a la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller), pulgón verde *Myzus persicae* (Sulzer), gusano rayador *Epitrix cucumeris* (Harris), gusano falso medidor *trichoplusia ni* (Hubner), nematodo dorado de la papa *Globodera rostochiensis* (Woll), nematodo de la agalla *Meloidogyne incognita* (Kofoid y Withe), entre otros (Pérez, 1997).

3.1.5 Enfermedades

Pérez (1997) menciona que las principales enfermedades que se reportan en el cultivo de la papa son el tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, tizón temprano *Alternaria solani* (Sorauer), costra negra *Rhizoctonia solani* (Kunh), roña común *Streptomyces scabies* (Thaxter), pudrición seca *Fusarium* sp., vaquita de la

papa *Pseudomonas solanacearum* (Smith), pudrición anular *Corynebacterium sepedonicum* (Spieck y Kott), pudrición blanca *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* y el síntoma de la punta Morada de la papa.

3.2 Características del patógeno: Tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) (Mont.) De Bary.

3.2.1 Antecedentes.

La primera evidencia cronológica reportada en el Noreste de Estados Unidos en 1983 y los datos genéticos de las poblaciones son consistentes con la hipótesis de que *P. infestans* sufrió el fenómeno genético denominado “cuello de botella” al pasar de México a Estados Unidos y de allí hacia Europa, generándose poblaciones muy simples dominadas prácticamente por un solo linaje clonal, aunque en Estados Unidos se han reportado varios linajes clonales después de los años 1990's (Jaramillo, 2003).

3.2.2 Origen.

La enfermedad está considerada como originaria del continente americano, de donde se extendió a aquellas regiones que poseían condiciones climáticas favorables a la misma (Calderoni, 1975). Precisamente la presencia de estas condiciones especiales de clima, así como la existencia de especies silvestres hospedantes, hacen suponer que el área de Toluca es el lugar de origen de esta enfermedad (Grünwald *et al.*, 2000; Grünwald *et al.*, 2001). Por su parte, Gallegly y Galindo (1958) y Goodwin (1996), mencionan que *Phytophthora infestans*, el oomiceto responsable de la enfermedad del tizón tardío de la papa y el tomate, es

una especie heterotática originaria del Valle de Toluca de México. Los estudios del grupo de Niederhauser en los años 1950's, registraron la reproducción sexual en las zonas altas del Centro de México, al descubrir una nueva forma del patógeno que la denominaron A2, la cual se podía aparear con la forma A1 originalmente conocida. Hacia los años 1980's se reportó la forma A2 en Suiza y posteriormente en varios países de Europa y otros continentes, posiblemente introducida desde México en un cargamento de 25,000 toneladas de papa en 1976 (Fry y Goodwin, 1995). Por otro lado, a partir de los años 1950's, se estableció el Valle de Toluca, como centro de origen del patosistema *Phytophthora infestans*/ *S. tuberosum*, dado que allí se reportó inicialmente la presencia de los dos tipos de apareamiento A1 Y A2, lo cual permite la propagación sexual y conduce a una mayor diversidad genética de *P. infestans*. Fue así como México se constituyó en el centro de atención de los investigadores, descuidando el estudio de este limitante patógeno en otros ecosistemas y cultivos (Jaramillo, 2003).

3.2.3 Importancia.

En general, las enfermedades de las plantas son importantes para el hombre debido a que perjudican a los cultivos y sus productos. Con condiciones climáticas favorables y sin medidas adecuadas, *P. infestans* (Mont) de Bary puede destruir rápidamente grandes extensiones de cultivo. Las pérdidas varían de un área a otra y de año en año, dependiendo de la temperatura y la humedad predominante en ciertos periodos de la estación de crecimiento de las plantas y de los métodos de control utilizados (Sánchez, 1996). En años recientes éste patógeno ha recobrado importancia debido al brote de variedades más resistentes que resultan de la

presencia del grupo de compatibilidad A2 fuera del Valle de Toluca (Spielman *et al.*, 1991).

3.2.4 Distribución.

Pérez (1997) menciona que había suficiente información sobre el parásito y sus perjuicios en los siguientes países, en Europa: Gran Bretaña, Irlanda, Alemania occidental, Francia, Rusia, Polonia, Australia y algunos países con menor incidencia de la enfermedad; en África: Unión Sudáfrica, Kenia y Países de la Costa oeste y este; en Asia; India; en Oceanía: Australia, y Nueva Zelanda; y en América: Canadá, Estados Unidos, México, Perú y Chile. *P. infestans* (Mont) De Bary apareció casi simultáneamente en Europa y Estados Unidos en la década de 1830-1840, causando severos daños a la papa, particularmente en Irlanda. Desde entonces, continúa siendo un problema serio en las zonas productoras de papa con clima fresco y húmedo de Rusia, China, Suecia, Holanda, Alemania, Inglaterra, Irlanda, Canadá, Estados Unidos, México, Colombia, Perú, Argentina y Chile (Ríos, 1996). En México, se distribuye en la mesa central, Sierra de Puebla, El Bajío, Morelos, Estado de México, Baja California, Michoacán y Sinaloa, entre otros (Pérez, 1997).

3.2.5 Plantas Hospederas.

P. infestans causa la enfermedad conocida como “Tizón tardío de la papa y el jitomate” a causa de los síntomas de quemado que provoca en el follaje y frutos.

El tizón tardío de la papa, no solo se presenta en este cultivo, sino también en el jitomate, el cual es atacado severamente por este patógeno y a otros miembros de la familia solanácea (Sánchez, 1996).

3.2.6 Taxonomía.

El primero en ocuparse de la taxonomía de *P. infestans* fue Martius (1842), quien le dio el nombre de *Gangrena tuberum solani*; en 1845 Montagne lo clasificó como *Botrytis infestans*; Unger, en 1847, la cambió al género *Peronospora*, hasta que finalmente, De Bary, en 1876 propuso el género *Phytophthora* (del griego phytón= planta, phteiros= destructor).

Clasificación taxonómica del patógeno (Kirk *et al.*, 2001).

Reino	Stramiliophila
División	Eumycota
Subdivisión	Eumycotina
Clase	Oomycetes
Subclase	Oomycetidae
Orden	Phythiales
Familia	Phythiaceae
Género	<i>Phytophthora</i>
Especie	<i>P. infestans</i>

3.2.7 Descripción.

Micelio: Este hongo se caracteriza por la ausencia de septas. El micelio se desarrolla entre las células (intercelular) del tejido hospedero infectado, es poco ramificado, de 4.2µ a 13.5 µ de diámetro (promedio de 9.2µ). Extensiones del micelio (haustorios) entran a las células individuales (Sánchez, 1996).

Esporangioforos: Son de crecimiento indeterminado, se producen del micelio; se ramifican en simpodio compuesto con hinchamientos en las ramas donde nacen los esporangios; abundan en avena-agar, frijol-lima-agar y en agua destilada; (Sánchez, 1996).

Esporangios: Los esporangios son hialinos, tienen forma de limón, de pared delgada, de 21μ a 38μ x 12μ a 23μ , con papila apical. Los esporangios germinan casi siempre por medio de zoosporas a temperaturas menores a 12 o 15°C , mediante un tubo germinal. Cada uno de los esporangios produce de 3 a 8 zoosporas biciliadas (o en ocasiones un número mayor), las cuales son diseminadas cuando se rompe la pared esporangial a nivel de su papila y nadan libremente en agua para luego enquistarse sobre superficies sólidas (Sánchez, 1996).

Gametangios: Oogonio liso, globoso y activo, de 38μ a 50μ , promedio de 40μ .

Anteridio Anfigino y pasivo (Sánchez, 1996).

Oosporas: Se forman por la unión del oogonio con el anteridio: son lisas, de paredes gruesas, esféricas, apleróticas de 25 a 35μ de diámetro, promedio de 30μ y germinan por medio de un tubo germinativo que forma un esporangio apical, el cual puede liberar zoosporas o formar nuevamente un tubo germinativo (Sánchez, 1996).

3.2.8 Sintomatología.

Los síntomas de la enfermedad se presentan en las hojas, tallos, flores, frutos y tubérculos; es decir, que ataca a toda la planta. La enfermedad puede aparecer en cualquier momento durante la estación de crecimiento de las plantas (García, 1998).

En las hojas. Al principio los síntomas comienzan en zonas hidróticas en cualquier lugar del limbo, y por lo común aparecen en las puntas o bordes de las hojas inferiores, donde se forman manchas irregulares circulares; en un comienzo éstas tienen color verde amarillo en la parte central y rápidamente toman un color café o casi negro, terminando con la muerte de los tejidos atacados. En el borde de la mancha se forma un halo clorótico. Esta mancha se extiende rápidamente por la lámina alcanzando el pecíolo de la hoja, hasta que la misma se desprenda (Calderoni, 1975). En caso de que las condiciones climáticas sean desfavorables a la enfermedad (un tiempo seco), después de la iniciación del ataque estas manchas se secan y se tornan quebradizas. En cambio, con tiempo favorable (caluroso y húmedo), ellas progresan nuevamente (Tlapal, 2005).

En el tallo: En este órgano se observan manchas alargadas, del mismo color que las hojas (casi negras), pudiendo aparecer antes que en las hojas. El tallo toma una consistencia vítrea y se quiebra fácilmente. Cuando las condiciones climáticas son favorables al patógeno, se producen sucesivas reinfestaciones en el resto de las hojas y tallos, la planta se deshoja y el tallo queda ennegrecido y muere al poco tiempo (Tlapal, 2005).

En el fruto: Los frutos de la papa (bayas), son también fuertemente atacados, manifestándose en forma de manchas café y hundida (García, 1998).

En los tubérculos: La infección de los tubérculos es uno de los aspectos más graves de la enfermedad. Las fuertes lluvias arrastran las esporas de los órganos

aéreos de la planta hacia abajo, las que atraviesan la capa del suelo e infectan los tubérculos. Este peligro aumenta a medida que la capa de suelo que los cubre, es más delgada. La infección de los tubérculos se caracteriza por lesiones hundidas, con una coloración castaño púrpura de la epidermis. Estas lesiones pueden ser pequeñas o bien pueden comprender casi toda la superficie del tubérculo (García, 1998).

3.2.9 Biología

García (1998), menciona que el hongo inverna en forma de micelio en los tubérculos de papa infectado. Este micelio se propaga en los tejidos de los tubérculos de papa y, por último, llega a unos cuantos retoños que se forman a partir de los tubérculos infectados que se utilizaron como semilla, así como a las plantas voluntarias, desarrolladas a partir de tubérculos abandonados en el campo, o bien puede llegar a los brotes que se han formado por papas infectadas que fueron depositadas en el basurero o en montones de desechos. El micelio se propaga hacia el tallo de las plantas con mayor rapidez a nivel de la región vertical dando como resultado el colapso de las células en esa zona. Más tarde el micelio se desarrolla entre las células medulares del tallo, pero rara vez llega hasta los órganos aéreos de la planta, el micelio produce esporangióforos que emergen a través de los estomas de las hojas y de los tallos y se proyectan fuera de ellos.

Los esporangios que se forman sobre los esporangióforos, se desprenden y son diseminados por la lluvia o bien son llevados por las corrientes de aire cuando

han llegado a la madurez. Al depositarse sobre las hojas y tallos húmedos de las plantas de papa, los esporangios germinan y producen nuevas infecciones.

El tubo germinal penetra la cutícula de la hoja y entra a través de un estoma y forma un micelio que crece profusamente entre las células y el cual envía largos haustorios enrollados hacia el interior de ellas. Las células en las que el micelio se nutre tarde o temprano mueren, y conforme empiecen a degradarse el micelio del hongo se propaga periféricamente en los tejidos carnosos de las hojas. Al cabo de unos cuatro días después de haberse producido la infección, emergen nuevos esporangioforos a través de los estomas de las hojas y producen numerosos esporangios que son diseminados por el viento e infectan a otras plantas (García, 1998)

3.2.10 Epidemiología.

Los factores ambientales que juegan un papel muy importante en el desarrollo epidémico del hongo son: el inóculo primario, la temperatura, la humedad ambiental, el viento, la lluvia y la luz, principalmente (Sánchez, 1996). El hongo muestra una mayor esporulación a una humedad relativa de 100% y a temperaturas comprendidas entre 16 a 22 °C. La germinación de los esporangios sólo se produce cuando hay rocío o un cierto volumen de agua sobre las hojas de las plantas y, dentro del rango de temperatura comprendida entre 10 y 15° C, puede concluir al cabo de media hora o dos como máximo. Una vez que los esporangios han germinado, se requiere de un periodo de 2 a 2.5 horas a una temperatura que va de 15 a 25° C para que se produzca la penetración de los tubos germinales en el tejido

del hospedero. Después de haber penetrados en éstos, el micelio del hongo se desarrolla con mayor rapidez dentro del rango de temperatura de 17 a 21°C, el cual también es óptimo para que pueda esporular. Las temperaturas mayores a los 30°C inhiben el desarrollo del hongo en el campo, no lo destruyen (Pérez, 1997). Para la producción de las zoosporas se requieren temperaturas de 12 a 15°C y éstas para penetrar al hospedante requieren una temperatura de 15 a 25°C (Tlapal, 2005).

3.2.11 Reproducción.

Puede ser sexual o asexual. Se reproduce asexualmente en forma indirecta por zoosporas, o directamente por los esporangios, aunque esta forma no ha sido comprobada experimentalmente. López (1997) al efectuar observaciones sobre el tubo germinativo en los esporangios, no observaron penetración a pesar de que se desarrollaba sobre la superficie de la hoja. La reproducción sexual ha interesado a los fitopatólogos de todo el mundo, desde que De Bary efectuó los primeros trabajos sobre el hongo. El mismo autor buscó durante 15 años vanamente las oosporas para poder completar el ciclo biológico (Pérez, 1997). Clinton (1910) fue quien observó por primera vez oósporas con anteridio anfígino, notando que ambos provenían de hifas distintas. Trabajos posteriores de Smoot (1958) y otros observaron que utilizando diferentes medios de cultivo, apareando cepas cosmopolitas de E.E.U.U., Canadá, Oeste de Europa, Sudáfrica y Este de India con 4 cepas mexicanas, se formaban numerosas oosporas con tres de estas últimas. Destacan que el hongo necesita líneas sexuales diferentes, y que ellas se encontraban en México y posiblemente en otros países de Centroamérica y América del Sur. Castro (1962) menciona que Galindo (1958), utilizando una técnica especial, demostró que un aislamiento podía

comportarse casi totalmente masculino en algunos casos y femenino en otros, y en ciertas cruces el mismo aislamiento puede producir oogonios y anteridios. La oóspora madura dentro del oogonio, mide entre 24 a 26 micrones. Una vez fecundada germina por un tubo germinativo que finaliza en esporangio. La germinación de las oósporas no es constante, aún en medios diversos como los usados por Gallegly (Calderoni, 1975).

3.2.12 Variedad Patogénica.

Pérez (1997), menciona que fueron los primeros en notar que *Phytophthora infestans* es muy susceptible de variar patogénicamente. Estos observaron que en los aislamientos de papa atacan ligeramente al tomate, pero los de éste cultivo atacan severamente a ambos hospederos. Black (1954) logró completar una serie de diferenciales para la identificación de razas fisiológicas, con lo cual, se completó en México el reconocimiento de 16 razas fisiológicas, número mayor al registrado en cualquier otro país del mundo. La razón parecía obvia, esta variación del patógeno en México no podía deberse únicamente a mutación sino a otro mecanismo, la hibridación la cual es muy posible al encontrarse en el campo los dos grupos de compatibilidad. La comprobación llegó en 1967, cuando Romero y Erwin, al cruzar un aislamiento raza 0 por otro aislamiento raza 1.2.3.4., obtuvieron una progenie de cultivos mono-oospóricos con genotipos muy variados (raza 0, raza1, raza2, etc.), indicativos de la capacidad de *Phytophthora infestans* para generar nuevos biotipos por hibridación (Pérez, 1997).

3.3 Control.

Debido a que el desarrollo del tizón tardío es influenciado por muchos factores, la integración de algunos métodos de control puede ayudar a la reducción de la enfermedad, los mayores componentes de este manejo han sido identificados en los últimos 30 años, pero puestos en práctica hace unos 10 (Sánchez, 1996). A continuación se mencionan los tipos de control más comúnmente utilizados para el control del tizón tardío de la papa.

3.3.1 Control Cultural.

Se recomienda quemar los montones de papa descompuestas antes de cultivo en la primavera, o bien aplicarles herbicida potentes para matar todos los brotes o tejidos de esos tubérculos (Sánchez, 1996). Cualquier tratamiento que acelere el secado del follaje y que reduzca la humedad dentro de cultivo, contribuye a restringir el desarrollo de la enfermedad. Los procedimientos adecuados de irrigación, adecuada orientación de los surcos, variación de la época de siembra, donde las temporadas de lluvias son definidas y se debe proveer un buen aporte para permitir un mejor y más rápido secado del suelo (Sánchez, 1996). No hacer aplicaciones excesivas de fertilizantes nitrogenados, porque la vegetación demasiado espesa mantiene alrededor de la plantas una humedad favorable para el hongo (Jarvis, *et al.*, 2002; Huber *et al.*, 2007; Prabhu *et al.*, 2007). Los tubérculos al aire libre y aquellos pobremente cubiertos por el suelo, están más expuestos a adquirir la infección proveniente de las esporas del hongo que caen al lavarse al follaje. Estos tubérculos se pueden proteger de la infección, manteniendo una buena cobertura por medio del

aporque apropiado. Los tubérculos deben ser cosechados cuando estén maduros, el suelo debe estar seco para evitar una infección a través de la piel dañada o lenticelas. Solamente se deben almacenar tubérculos libres de la enfermedad. Se recomienda mantener la temperatura de almacenaje tan baja como sea posible y mantener una ventilación adecuada, para evitar humedad libre en los montones. Se recomienda rotación de cultivos no hospedantes, ya que es muy útil para evitar contaminaciones provenientes del suelo (Sánchez, 1996).

3.3.2 Control Genético.

Dado que en México existen dos grupos de compatibilidad, todas las razas fisiológicas de *P. infestans*, además de las condiciones ya existentes, y la presencia de un gran número de especies del género de *Solanum* en forma silvestre, esto permite establecer un programa de mejoramiento genético, de donde se ha generado una colección de genotipos única en el mundo y de buenas características agronómicas y alta resistencia al tizón tardío. La especie *Solanum demissum* nativa de México, fue la primera fuente de resistencia genética usada en el mundo (Pérez, 1997). Posteriormente se han identificado otras fuentes de resistencia que se mantienen y usan en programas de mejoramiento genético de papa. Existen variedades con diferentes grados de resistencia al tizón tardío, las cuales cuando son sembradas en condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad, pueden producir en forma satisfactoria con pocas o ninguna aplicación de fungicidas, dependiendo de la variedad y la época de producción.

Hasta la fecha, las variedades con mayor grado de resistencia son las obtenidas en México, y seleccionadas en condiciones del Valle de Toluca, pues en este lugar existen condiciones óptimas para el desarrollo del tizón tardío, las cuales son aprovechadas mundialmente para la selección de genotipos de papa con resistencia de campo. La obtención y selección de genotipos con resistencia de campo, así como la evaluación de productos químicos contra *Phytophthora infestans* es dinámica, puesto que este patógeno tiene la propiedad de producir razas fisiológicas que se adaptan a diversas condiciones y pueden constituirse como razas complejas (Pérez, 1997). Entre las variedades tolerantes al tizón tardío de la papa se encuentran la Atzimba, Rosita, Greta y Conchita (Villarreal, 1983). Generalmente se distinguen dos tipos de resistencia al tizón tardío, la resistencia vertical o específica a razas y la horizontal o resistencia general. La resistencia vertical está dada por genes dominantes R (r=recesivo), y es efectiva solamente contra algunas razas del hongo, la resistencia a una raza específica es un factor cualitativo; es decir es ó no es efectiva, independientemente del número de genes involucrados. La resistencia horizontal no está gobernada por genes dominantes, sino que son muchos los genes combinados que contribuyen en mayor o menor medida a la resistencia. Así, tenemos que mientras Atzimba está entre las que muestran más resistencia al tizón tardío y entre las más rendidoras en Kenia, Ruanda y Srilanka, no ha demostrado la resistencia esperada en climas más cálidos como Costa Rica (Niederhauser, 1986).

3.3.3 Control Químico.

Pérez (1997) no se pueden dar recomendaciones generales sobre el uso de fungicidas, puesto que la efectividad, condiciones y regulaciones son específicas para cada región. Así tenemos que en regiones como Huamantla, Tlaxcala; Perote, Veracruz; Tapalpa, Jalisco y León, Guanajuato las condiciones no son tan favorables para el desarrollo del hongo y, por lo general, en esos lugares se tiene un buen control de esta, aún con los fungicidas de contacto. Sin embargo, en regiones como; Saltillo, Coahuila y Toluca, Estado de México las condiciones ambientales son altamente favorables para el desarrollo del patógeno durante casi todo el ciclo del cultivo, lo que dificulta su control, aún con los mejores fungicidas sistémicos (Pérez, 1997). Los fungicidas utilizados en el control del tizón tardío deben reunir la característica de proveer una capa protectora persistente, que al mismo tiempo no frene el desarrollo normal de la planta (Rodríguez *et al.* 1984). Bruk *et al.* (1980) demostraron que el metalaxyl a bajas concentraciones (10 a 30 mg de ingrediente activo por mL.) inhibe la aparición, expansión y esporulación de las lesiones y además reduce la germinación de los esporangios producidos en la superficie de las hojas tratadas. Holmes (1981) en un ensayo realizado contra tizón tardío obtuvo altos rendimientos en parcelas tratadas con metalaxyl + mancozeb, así mismo, encontró incidencia significativamente más baja en tubérculos de estas parcelas tratadas con mancozeb + captafol. Navase y Dhane (1982) probaron en campo cinco fungicidas contra tizón tardío y obtuvieron mejor control con caldo bordelés 0.8 y 1.0 %, Dithane M-45 (mancozeb), Blitox-50 (oxicloruro de cobre y brestanol). También fue efectivo el Dithane z-78 (zineb).

Tomescu (1984) indica que los fungicidas efectivos para el control del tizón tardío de tipo contacto preventivo son: Dithane M-45 a 0.2%, polyram combi a 0.2%, Bravo 6F (clorotalonil) a 0.2% y Bravo 500 a 0.4%. Los fungicidas con doble base de contacto Trimifol (folpet + cobre) a 0.4% y Cuprocor (mancozeb + oxiclورو de cobre) deben aplicarse después de que aparece la infección, así también las mezclas de fungicidas sistémicos y de contacto tales como: Ridomil combi (metalaxyl + folpet) a 0.02%, Premis (cymoxanil + oxiclورو de cobre a 0.25%), Curzate (cymoxanil 0.02% + Turdacupral (oxiclورو de cobre + cobre + cobre metálico) a 0.3% y cymoxanil + vandozeb al 0.1%. Stachewicz y Burth (1988) reportan que resultados de laboratorio y pruebas de campo, indican que el cubrimiento con metalaxyl dio como resultado que la infección se reduzca en gran proporción en los tubérculos de semilla. La preparación protegió también el germen primario de los tubérculos ya que infectados con tizón tardío de la papa y decreció la sensibilidad a *P. infestans* hasta 70 días después de la siembra. Ayala *et al.* (1989) señala que el clorotalonil, fosetil-Al + mancozeb y metalaxyl mostraron un mejor control contra el tizón tardío en cuanto a evaluaciones de producción, los mejores fueron metalaxyl y fosetil-Al. Pilar (1990) trabajando contra esta enfermedad en jitomate variedad Río Grande reporta que no encontró diferencias significativas entre los tratamientos metalaxyl (2 Kg/ha y 3 Kg/ha), Fosetil-Al (1.5, 2.0 y 2.5 kg/ha) y cada dosis de fosetil-Al se mezcló con mancozeb (1.5 Kg/ha); indicando que la mezcla de éstos es una alternativa en el control de esta enfermedad.

Mendoza *et al.* (1991) menciona que el clorotalonil 720 en dosis progresivas de 1.0, 1.5 y 2.0 Lt/ha, logró el mejor control del tizón tardío. Por su parte, Arteaga

(1991) contribuye que el mejor control del tizón tardío se obtuvo con el fungicida Bravo CM en dosis de 3.5 y 2.5 Kg/ha, con 76.53 y 73.36% de eficacia respectivamente. Seguida por el tratamiento de Bravo 500 (2.0 Lt/ha con 60.87% de eficacia) y el Bravo 720 (1.5 a 2.5 Lt/ha con 60.55% de eficacia). Mendoza *et al.* (1992) mencionan que el Ridomil Bravo (2.5 Kg/ha) ejercen un excelente control del tizón tardío en papa, donde se tuvo una incidencia de la enfermedad de 4.63% y una eficacia en control de 88.14%.

Pérez (1997), recomienda el uso de fungidas de contacto tales como captafol, folpet, mancozeb, clorotalonil, sulfato de cobre y diclofuanida y el uso de fungidas sistémicos, a menudo asociado con uno o varios fungidas de contacto; oxadixyl, cymoxanil, metalaxyl y furalaxyl.

Sharma (1992) menciona que *Phytophthora infestans* fue efectivamente controlada con mezclas de fungidas que contienen metalaxyl u oxadixyl, pero se incremento significativamente en dos estaciones probadas, posiblemente debido a la reciente aparición de la enfermedad. Concluye que los fungidas sistémicos deberían ser usados en esta región solamente durante años epidémicos de tizón y no como tratamientos regulares.

Pérez (1997), recomienda la aplicación de sulfato de cobre 2-3 Kg/ha mancozeb 2 Kg/ha, zineb 2-2.5 Kg/ha, captafol 2.5 a 3.2 Kg/ha, clorotalonil 2 Kg/ha Dyrene 1.5 a 2 Kg/ha, metalaxyl 2-3 Kg/ha, metalaxyl + clorotalonil de 1.5 a 2 Kg/ha.

Rocha (1994) menciona que el mejor control del tizón tardío fue ejercido por el Ridomil Bravo 81 PH, a razón de 2.5 Kg/ha y el Ridomil Cobre 70 PH, en una dosis de 3.5 Kg/ha, con una eficacia promedio de 88.1 y 86.0% respectivamente.

Gutche (1994) menciona que en hojas de jitomate cultivar Harzfeur fueron inoculadas con *Phytophthora infestans* y tratadas con los fungicidas: mancozeb, cymoxanil + metalaxyl + mancozeb, oxadixyl + mancozeb y zineb en experimentos de laboratorio para evaluar los efectos protectivos y curativos, habilidad de penetración, duración de eficacia y efecto de lluvia, integrado dentro de SIMPHYT II, obtuvieron que el conjunto de metalaxyl + mancozeb fue el más efectivo y que el menos efectivo fue el zineb.

Gil (1994) menciona que los fungicidas que ejercieron un control más efectivo de *Phytophthora infestans* fueron el fluazinan 85 a 0.75 Kg/ha. y Ridomil Bravo a 2.5 Kg/ha, ambos con un 100% de control.

Sánchez (1996) en un trabajo realizado en papa en Almoloya, Hgo., encontró que los mejores fungicidas para el control del tizón tardío fueron el metalaxyl + clorotalonil 2.5 Kg/ha y el metalaxyl + folpet 2.5 Kg/ha con una eficacia promedio de 88.39 y 82.26% respectivamente.

Ríos (1996) menciona que el ingrediente activo Captán ofrece una prevención aceptable del tizón tardío, presentando una media de infección de 4.48% y una eficacia promedio de 97.8%.

Estrada (1996) en un trabajo realizado contra tizón tardío en jitomate menciona que el fungicida de contacto que dio el mejor control fue el zineb (2 Kg/ha) ya sea en mezcla con Timsen o por separado, siempre tuvo la menor infección y la mejor eficacia de control en contraste con el Dacinil (clorotalonil).

Pérez (1997), menciona que si se cultivan variedades susceptibles, es necesario seguir un calendario de aspersiones preventivas con fungicidas de contacto como: Mancozeb, Clorotalonil, Folpet, Difolatán, Captán, Zineb y fungicidas derivados del cobre en dosis de 2 a 4 Kg/ha, también se recomiendan mezclas de estos tales como el Bravo CM 2-3 Kg/ha. Los fungicidas sistémicos empleados son el metalaxyl (Ridomil Bravo) a dosis de 2.5 Kg/ha cada 8 a 15 días, el Ricoil (oxadixyl + mancozeb), Aliete (fosetil aluminio) y Curzate (cymoxanil). Por otra parte, también el fungicida de contacto fluazinam (Shogun) ha mostrado eficiencia de control.

3.4 Resistencia a Fungicidas.

3.4.1 Antecedentes:

Los fungicidas han sido utilizados en los cultivos para controlar enfermedades causadas por hongos desde hace cerca de 200 años. Su uso ha evolucionado desde los comienzos en que se intentaba proteger los viñedos del ataque de la *Plasmopara viticola* con aplicaciones de sulfato de cobre hasta la actualidad. El número de cultivos tratados, el área tratada, el número de enfermedades que se intentan controlar y el número de principios activos disponibles se han incrementado enormemente (Mondino, 2001). El uso indiscriminado que se ha hecho de los

fungicidas sistémicos y el desconocimiento de verdaderas estrategias de uso, dieron origen al problema de resistencia en diferentes partes del mundo (Delp, 1980). Para 1974 varios benzimidazoles enfrentaron severos problemas de resistencia en diferentes especies fungosas, siendo el más importante de ellos el Benomyl, producto que cuya capacidad de controlar la mancha de la hoja *Cercospora* spp. En apio, cacahuete y remolacha, el uso de ese producto disminuyó o desapareció totalmente debido a la aparición de resistencia en esas especies (Pérez, 1997)

Los dos productos más antiguos, el Cobre y el Azufre se siguen usando hoy en forma amplia y efectiva. Lo mismo ocurre con los fungicidas de la “edad intermedia” de cómo las phthalamidas o los dithiocarbamatos, productos que se vienen usando desde hace más de 30 años. Todo ellos se caracterizan por tener múltiples sitios de acción (Mondino, 2001).

A partir de los años 60 y 70 surgen una serie de nuevos productos (benzimidazoles, dicarboximidias, acilalanidas, e inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE). Estos productos tienen la capacidad de penetrar al tejido vegetal, deben ser por lo tanto inocuos para la planta por lo que deben afectar en forma específica a los hongos. En general estos fungicidas actúan sobre un sitio o unos pocos sitios específicos en el metabolismo de los hongos. En la actualidad siguen apareciendo nuevos compuestos con estas características. Hoy existen más de 135 compuestos fungicidas diferentes en venta en los mercados. (En 1993 las ventas habían alcanzado los 4,7 billones de dólares) (Mondino, 2001).

3.4.2 Definición de Resistencia.

De acuerdo a Pérez (1997) la resistencia en hongos es un fenómeno observado en ciertas razas normalmente sensitivas a ciertos fungicidas; que se manifiesta en una reducción de la sensibilidad a dichos productos, con la consiguiente pérdida de la eficacia de los mismos para dichos hongos.

Ríos (1996), dice que la resistencia a fungicidas es una adaptación estable y hereditaria de un hongo a un fungicida, que da como resultado una sensibilidad a dicho producto.

Para Pérez (1997) la resistencia a un fungicida es la disminución o pérdida de la capacidad de dicho producto para controlar una enfermedad fungosa que originalmente controlaba; aún cuando haya sido aplicado correctamente.

Se entiende que es la habilidad, existente en la naturaleza y heredable, de algunos individuos, dentro de una población de un hongo, que les permite sobrevivir a la aplicación de un fungicida que, en condiciones normales, resulta eficaz contra ese hongo (Bernepo., *et al*, 2000).

3.4.3 Origen de la Resistencia.

El fenómeno de la resistencia a fungicidas en las poblaciones de hongos debe verse como un ejemplo más de la capacidad de sobrevivencia y/o adaptación de las especies. Todos los seres vivos tienen capacidad de adaptarse a los cambios del medio en que viven. Esta capacidad de adaptación se sustenta en la variabilidad genética. La diversidad genética existente en las poblaciones permite disponer de individuos adaptados a sobrevivir a diferentes condiciones del medio. Estos individuos son los encargados de la sobrevivencia de la especie frente a nuevos factores. Es así que toda medida de manejo o control de las poblaciones de hongos será susceptible de ser vencida por alguna cepa adaptada. Esto es más notorio en el caso de la resistencia a fungicidas debido al extendido uso que se ha hecho de los mismos.

La resistencia se basa en dos fuerzas evolutivas que son la **mutación** y la **selección**. Las mutaciones se encargan de crear la información genética necesaria para resistir al fungicida y la selección se encarga de hacer que la frecuencia en la población de estos individuos resistentes se incremente hasta alcanzar niveles tales que harán fracasar el control. La mutación entonces provee la información para la resistencia mientras que la selección determina la frecuencia en que se encontrarán los genotipos resistentes en la población (Mondino, 2001).

3.4.4 Reportes de Resistencia.

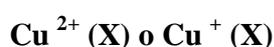
Hasta 1971 solamente existía un ejemplo de tolerancia adquirida a fungicidas en poblaciones de patógenos; eso fue en Nueva Zelanda con *Peronospora avenae* a

los fungicidas a base de mercurio. Desde entonces, la tolerancia adquirida a fungicidas ha sido uno de los mayores problemas en el control de enfermedades. Varios patógenos han adquirido tolerancia a bencimidazoles; *Botrytis cinerea* y *Monilia fruticola* a dicarboxamidas, *Phytophthora infestans* a acilalaninas y *Pyrenospora teres* a triazoles (Ríos, 1996).

Cohen y Reuveni (1983) colectaron aislamientos de *P. infestans* L. resistentes al metalaxyl en campos de papa en la primavera de 1982. Un aislamiento colectado el 27 de abril de Nahal-0 2 fue infectivo en plantas de papa asperjadas con más de 0.5 mg. de ingrediente activo de metalaxyl por planta, mientras que aislamientos colectados de la misma localidad dos semanas después fueron infectivos en plantas asperjadas con más de 5 mg de ingrediente activo por planta. La ocurrencia de organismos resistentes al metalaxyl se puede verificar ya que en aislamientos colectados del patógeno durante 1977-1981 fueron controlados con 0.5 mg de ingrediente activo por planta. Olofsson (1987) dice que los ensayos realizados durante 1984-1987 con aislamientos de *P. infestans* de campos del sur y centro de Suecia, donde la tolerancia al metalaxyl fue sospechada, revelaron también la tolerancia de cepas del sureste de Suecia, en 1985. Durante 1986 y 1987 la distribución de estas cepas se incrementó. Los resultados no fueron sorprendentes ya que el metalaxyl había sido anteriormente aplicado en los campos muestreados. Alcalá *et al.* (1985) en ensayos de campo, demostraron la existencia de cepas de *P. infestans* resistentes al metalaxyl en cultivos de papa en Cubiro, Estado Lara, Venezuela. La presencia de estas cepas resistentes en cultivos donde se utiliza el

fungicida Ridomil MZ-58 (metalaxyl-mancozeb) para el control del tizón tardío, permite inferir que dicha resistencia se debe a genotipos del patógeno que se originan por la aplicación de este producto.

3.5 Mecanismo de acción del Cobre.



Los fungicidas cúpricos fueron los primeros en ser utilizados comúnmente para el control del tizón tardío de la papa. Los más utilizados son el caldo Bordelés y en tiempos recientes los fungicidas a base de oxiclورو de cobre y de óxido cuproso (Mendoza, 2002; Tlapal, 2006).

Entre los fungicidas de contacto los cúpricos tienen la ventaja de tener una buena tenacidad. Tienen la desventaja de tender a retrasar el desarrollo vegetativo de la planta, por ello se recomienda su utilización después de iniciada la floración (Mendoza, 1992; Mendoza, 2002; Tlapal, 2006). Su acción es en los esporangios y las zoosporas en las que desnaturalizan enzimas de la cadena respiratoria, consiste en la inhibición de la transferencia de electrones en la respiración celular, el metabolismo energético en el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa, afecta la germinación de las esporas, evitando así la aparición de ataques secundarios de la enfermedad. (Schwinn and Margot, 1991; Mendoza, 1992; Mendoza, 2002; Jarvis *et al.*, 2002; Tlapal, 2006).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Lugar de Realización del Estudio.

El presente trabajo se realizó en un lote comercial de papa en la localidad de Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. El lugar tiene las coordenadas de 19°14' N y 99°45' O con una altura de 2,700 m. Predomina un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual oscila entre los 11 y 16 °C, mientras que la época más calurosa se presenta en los meses de mayo, junio y julio con una temperatura máxima extrema de 38° C. La temperatura mínima varía de -10 a 4° C durante la época invernal, debido a la cercanía con el Nevado de Toluca. La precipitación total anual supera los 1,225 mm, siendo los meses de mayores lluvias de junio a septiembre. En lo que respecta a los vientos dominantes, estos provienen de oriente a poniente durante los meses de enero a marzo (SDUV, 2003)

4.2. Especie Vegetal, Variedad y Etapa de Desarrollo Vegetativo.

Papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Fianna en etapa de desarrollo vegetativo.

4.3. Sistema de Producción usado en el Cultivo

El cultivo de papa se desarrolló en media hectárea, aproximadamente. La topología fue de cuatro surcos (separados a 0.9 metros aproximadamente) con una longitud de seis metros. El suelo fue sin acolchado. La siembra se realizó aproximadamente el día 12 de agosto de 2007.

4.4. Régimen de riego usado.

El régimen de humedad fue temporal, debido a que en esta zona agrícola no cuentan con la infraestructura de riego.

4.5. Número de aplicaciones y Periodicidad del Muestreo.

Los conteos de la severidad se realizaron con una periodicidad de 7 días, del 12 de septiembre de 2007 y hasta el 2 de octubre de 2007. Se realizaron cuatro evaluaciones, considerando una evaluación previa a la aplicación de los tratamientos y tres después de dicha aplicación. Se realizaron tres aplicaciones en el estudio a intervalos de 7 días.

4.6. Tratamientos Evaluados

Los tratamientos evaluados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos para evaluar la efectividad biológica del fungicida Oxicloruro de Cobre para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en papa. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

Tratamientos	Dosis kg producto formulado/ha
T1. Oxidloruro de cobre	2.0
T2. Oxidloruro de cobre	3.0
T3. Oxidloruro de cobre	4.0
T4. Cupravit (oxidloruro de cobre)	3.0
T5. Testigo absoluto	-

4.7. Diseño Experimental y Tamaño de la Unidad Experimental.

El diseño experimental se definió con base en las condiciones de la parcela. Los tratamientos se distribuyeron considerando un diseño completamente aleatorizado, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (Figura 3). Durante el

recorrido previo se observó que no había algún factor que pudiera ocasionar un gradiente de la enfermedad.

Tratamientos	T5	T1	T3	T5	T2	T3	T2	T5	T1	T4
	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T1	T4	T2	T3

Figura 3. Distribución aleatorizada de los tratamientos evaluados en el estudio del control de la infección del Tizón tardío en papa var. Fianna, en Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

La unidad experimental estuvo representada por cuatro surcos (separados a 0.9 metros aproximadamente) con una longitud de seis metros, lo cual equivale a 21.6 m²; la parcela útil estuvo representada por los dos surcos centrales.

4.8. Parámetros Evaluados.

Se evaluó el porcentaje de severidad del tizón tardío en cada tratamiento (Cuadro 3), utilizando la escala propuesta por el Centro Internacional de la Papa (CIP) (Cuadro 4) y el posible efecto fitotóxico que pudiese ocasionar el producto en el desarrollo del estudio (cuadro 5). En cada evaluación se estimó el porcentaje de severidad, examinando 20 plantas contenidas en los surcos centrales de cada unidad experimental, con un total de 80 plantas por tratamiento, posteriormente se le asignó un porcentaje de severidad con base en la incidencia, severidad y órganos afectados por el tizón tardío.

Cuadro 3. Frecuencia de evaluación de parámetros y aplicación de tratamientos de interés en el control del Tizón tardío de la papa en Buena Vista Zinacantepec, Estado de México. 2007.

Evaluación	Fecha	Acción
Evaluación previa y 1ª aplicación	12 de septiembre de 2007	Se evaluó el porcentaje de infección inicial del tizón tardío y se efectuó la primera aplicación.
1ª evaluación, 2ª aplicación	19 de septiembre de 2007	Se realizó la primera evaluación del efecto de los tratamientos y se hizo la segunda aplicación de los tratamientos.
2ª evaluación, 3ª aplicación	25 de septiembre de 2007	Se realizó la segunda evaluación de los porcentajes de infección y la efectividad de los tratamientos
3ª evaluación	2 de octubre de 2007	Se realizó la tercera y última evaluación de los porcentajes de infección y de la efectividad de los tratamientos.

Cuadro 4. Escala para estimar el porcentaje de área foliar afectada por tizón tardío propuesto por el Centro Internacional de la Papa, en Buena Vista Zinacantepec, México.

Severidad (%)	Descripción
0.01	Dos a 5 folíolos afectados por cada 10 plantas. Alrededor de 5 lesiones grandes por cuadrante (20 plantas).
0.1	Alrededor de 5 a 10 folíolos infectados por planta, o alrededor de 2 hojas afectadas por planta.
1	Infección general ligera. Alrededor de 20 lesiones por planta, o 10 hojas afectadas por planta, o 1 en 20 hojas afectadas severamente.
5	Alrededor de 100 lesiones por planta. Uno en 10 folíolos afectados.
25	Prácticamente cada folíolo está infectado pero las plantas mantienen su forma normal. Puede presentarse un olor característico. El campo luce verde aunque todas las plantas están afectadas.
50	Todas las plantas están afectadas y cerca del 50% del área foliar está destruida. El campo aparece de color verde con manchas marrones.
75	Cerca del 75% del área foliar destruida. El campo aparece de un color entre verde y marrón.
95	Solo unas pocas hojas en las plantas pero los tallos permanecen verdes.
100	Todas las hojas muertas. Los tallos muertos o muriendo.

Fitotoxicidad

La evaluación de este parámetro se registró en cada fecha de evaluación, comparando la apariencia general del tratamiento en relación con el testigo absoluto. En cada tratamiento se buscó la presencia de síntomas como clorosis, necrosis o deformaciones de las hojas, mediante el apoyo de la escala de la EWRS

Cuadro 5. Escala EWRS para evaluar la fitotoxicidad de tratamientos en papa. Buenavista Zinacantepec, Estado de México. 2007.

VALOR	EFFECTO SOBRE EL CULTIVO
1	Sin efecto
2	Síntomas muy ligeros
3	Síntomas ligeros
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento
LIMITE DE ACEPTABILIDAD	
5	Daño medio
6	Daños elevados
7	Daños muy elevados
8	Daños severos
9	Muerte completa

Transformación de la escala puntual logarítmica de EWRS a escala porcentual

VALOR PUNTUAL	% DE FITOTOXICIDAD AL CULTIVO
1	0.0-1.0
2	1.0-3.5
3	3.5-7.0
4	7.0-12.5
5	12.5-20.0
6	20.0-30.0
7	30.0-50.0
8	50.0-99.0
9	99.0-100.0

4.9 Datos Climatológicos

Los datos de la temperatura, humedad relativa y precipitación en el periodo del 12 de septiembre al 2 de octubre de 2007, se muestra en el Cuadro 5. Estas variables atmosféricas se midieron con un datalogger marca HOBO®, con periodos de 10 minutos. Para efectos de discusión se estimaron las relaciones entre las variables de Infección del Tizón tardío de la papa con la temperatura, humedad relativa y precipitación, mediante regresión lineal (PROC REG) del software Sistema de Análisis Estadístico SAS (SAS, 2005).

Cuadro 6. Variables atmosféricas medidas durante el periodo de realización del estudio del control del Tizón tardío de la papa, en Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. Septiembre-octubre de 2007.

DÍA	TEMPERATURA (° C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm)
12/09/2007	12.22	91.05	0
13/09/2007	14.37	89.28	10.7
14/09/2007	10.56	91.43	6.7
15/09/2007	12.54	89.79	0
16/09/2007	14.98	86.98	0
17/09/2007	13.69	89.15	16.1
18/09/2007	11.3	91.79	12.5
19/09/2007	12.79	90.76	5.1
20/09/2007	13.24	89.71	0
21/09/2007	14.85	87.67	9.8
22/09/2007	11.55	90.41	13.1
23/09/2007	13.5	90.13	10.7
24/09/2007	14.13	89.66	0
25/09/2007	16.97	86.58	0
26/09/2007	14.85	88.17	0
27/09/2007	14.64	88.61	13.1
28/09/2007	13.33	90.29	6.2
29/09/2007	14.71	88.81	10.7
30/09/2007	14.55	88.53	0
01/10/2007	15.09	88.24	13.2
02/10/2007	13.58	88.5	0

4.10. Análisis de Datos.

Los datos del grado de infección obtenidos en campo se transformaron a porcentaje de infección empleando la fórmula de Townsend y Heuberger.

Formula de Townsend y Heuberger (1943).

$$PS = \frac{\sum_{V=0}^5 (n_v \times V)}{\text{Categoría mayor} \times N} \times 100$$

Donde:

PS = Porcentaje de severidad.

n_v = Número de hojas con características de la clase V

V = Valor numérico de clase.

N = Número total de hojas observadas por unidad experimental.

El efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de severidad del tizón tardío se verificó mediante análisis de varianza con el procedimiento del Modelo Lineal General (PROC GLM) de SAS (SAS, 2005). Una vez que se identificaron efectos significativos mediante el análisis de varianza se procedió a la comparación de medias de la severidad del tizón sobre la variedad Fianna de papa, con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). La eficacia de los tratamientos se calculó mediante la fórmula de Abbott (1925).

$$\% p = \frac{IT - it}{IT} \times 100$$

Donde:

P = porcentaje de eficacia

IT = severidad del testigo

it = severidad del tratamiento.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se identificó que todos los tratamientos evaluados con oxicloruro de cobre y cupravit son eficientes, aun que estadísticamente difieren en cuanto a su porcentaje de infección y su porcentaje de eficacia. A continuación se muestran las diferencias estadísticas entre los tratamientos en cada evaluación.

5.1. Evaluación Previa.

En la evaluación previa no se observaron diferencias entre las unidades experimentales con respecto a la incidencia de la enfermedad, lo cual dio una confianza para continuar con el experimento ($F_{4, 15}=1.05$; $Pr>0.4146$). Las unidades experimentales que conforman este experimento presentaron homogeneidad en la distribución promedio de la severidad del tizón tardío, al momento de la evaluación previa (Cuadro 6, Figura 4). La infección inicial del Tizón tardío, fue similar al reportado por otros trabajos de investigación de *P. infestans*, con la variedad Alpha, en regiones ecológicas similares del Estado de México, 1.22% (Pérez, 1997; Uribe, 2007).

Cuadro 7. Porcentajes promedio de infección por *Phytophthora infestans*, registrados durante la **evaluación previa** en el cultivo de papa, var. Fianna y comparación estadística de promedios mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Porcentaje de infección	Tukey ($\alpha=0.05$)
T1. Oxicloruro de cobre	2.0	0.01	A
T2. Oxicloruro de cobre	3.0	0.01	A
T3. Oxicloruro de cobre	4.0	0.06	A
T4. Cupravit	3.0	0.03	A
T5. Testigo sin aplicación	-----	0.03	A
Media general	0.02800		
DMS* (Tukey 0.05)	0.0802		

*DMS=Diferencia mínima significativa de Tukey.

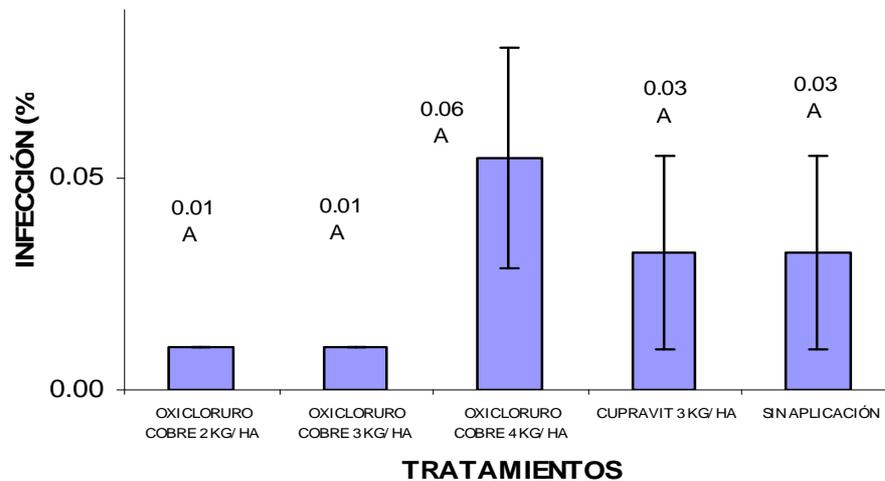


Figura 4. Severidad promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, durante la **Evaluación previa**, en Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007. Las columnas representan el promedio de infección del tizón \pm error estándar del promedio (n=4).

Los porcentajes de infección se ubicaron entre 0.01 y 0.06%, lo cual representa una baja severidad de la enfermedad; esto permitió dar un seguimiento del desarrollo de la enfermedad y del comportamiento de los tratamientos en el control del tizón tardío.

5.2. Primera Evaluación.

Durante la primera evaluación del efecto de los tratamientos, a los 7 días después de la primera aplicación (ddpa), se presentaron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de infección de *P. infestans* ($F_{4, 15}=3.55$; $Pr>0.0315$; Cuadro 8, Figura 5). Los resultados estadísticos indican que tal diferencia se debe a que, al menos, un tratamiento ejerció cierto efecto en el desarrollo de la enfermedad, al grado de diferenciarse de manera significativa del testigo absoluto. La severidad promedio de infección del tizón tardío, a los 7 días después de la aplicación fue de

1.17%, lo cual resulta similar a los datos presentados por (Pérez, 1997; Uribe, 2007) para la variedad Alpha en las localidades de San Felipe del Progreso y Metepec, Estado de México.

Cuadro 8. Porcentajes promedio de severidad y porcentajes de eficacia por tratamiento registrados durante la **primera evaluación** en el cultivo de papa, var. Fianna y comparación estadística de promedios mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Buenavista, Zinacantepec, Estado de México, 2007.

<i>Tratamiento</i>	<i>Dosis (kg/ha)</i>	<i>Porcentaje de infección</i>	<i>Tukey ($\alpha=0.05$)</i>	<i>% de eficacia</i>
T1. Oxicloruro de cobre	2.0	1.00	B	66.67
T2. Oxicloruro de cobre	3.0	0.78	B	74.17
T3. Oxicloruro de cobre	4.0	0.53	B	82.42
T4. Cupravit	3.0	0.55	B	81.67
T5. Testigo sin aplicación	-----	3.00	A	
Media general	1.17			
DMS* (Tukey 0.05)	1.177			

*DMS= Diferencia mínima significativa de Tukey.

La prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) indica que el testigo absoluto presentó una severidad de infección por *P. infestans* ampliamente mayor que los demás tratamientos, por lo que se ubicó como único integrante del grupo A. Con base en la evaluación previa, se puede afirmar que el testigo absoluto se registró un incremento cercano a 3 % en infección.

En el grupo B se asocian los tratamientos con aplicación de fungicida. Los resultados indican que durante la primera evaluación, sobresalen los tratamientos T3 (Oxicloruro de cobre, 4.0 kg/ha), presentando la infección con severidad de 0.53%, lo que representó una eficacia de 82.42%. En tal evaluación, el tratamiento que se

empleó como testigo comercial T4 (Cupravit, 3.0 kg/ha) presentó una infección de 0.55 % de *P. infestans*, ejerciendo un control del 81.67%. En tercer lugar se ubicó el tratamiento T2 (Oxicloruro de cobre, 3.0 kg/ha) con una severidad de 0.78%; su eficacia de control fue del orden de 74.17%. En esta evaluación el testigo absoluto presentó una severidad de 3%.

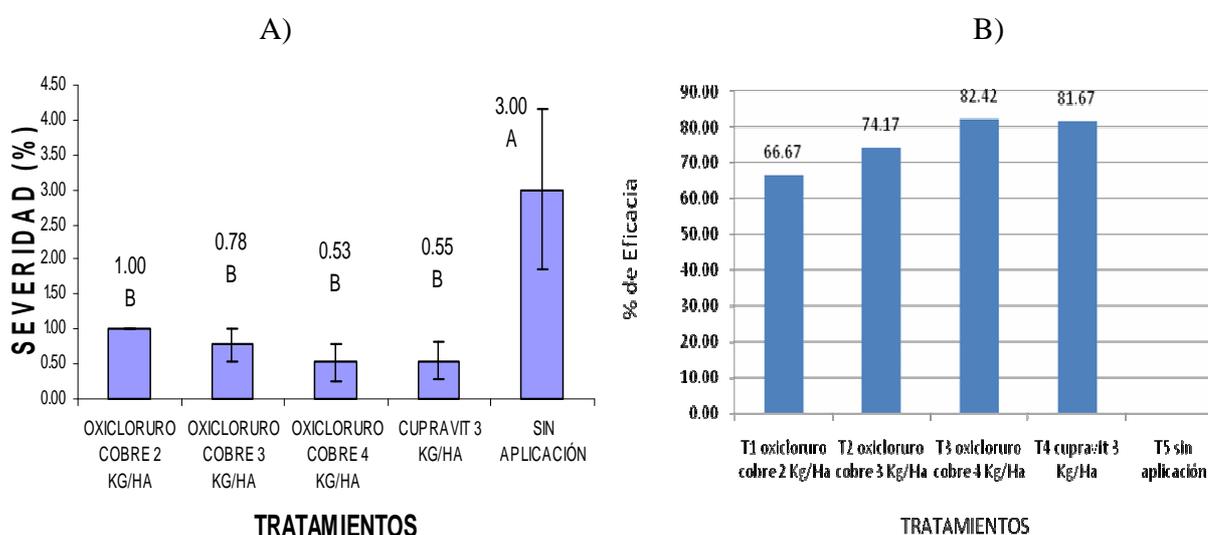


Figura 5. Infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, 5 A), y Eficacia de control 5 B), durante la **Primera evaluación** de los efectos de los tratamientos evaluados. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007. Las barras representan el promedio de infección por tratamiento \pm error estándar del promedio (n=4).

5.3. Segunda Evaluación.

Durante la segunda evaluación, a los 14 días después de la aplicación de los tratamientos, se observó un importante incremento en la severidad de la infección por *P. infestans* en las unidades experimentales del testigo absoluto. La infección promedio de la evaluación fue de 6.80 ± 2.436 %. De acuerdo con los lineamientos estadísticos, se observaron diferencias significativas en los porcentajes de severidad de, al menos, un tratamiento ($F_{4, 15} = 9.22$; $Pr > 0.0006$; Cuadro 9).

Cuadro 9. Porcentajes promedio de severidad y porcentajes de eficacia por tratamiento. **Segunda evaluación** en el cultivo de papa, var. Fianna y comparación estadística de promedios de infección mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Buenavista, Zinacantepec, Estado de México, 2007.

<i>Tratamiento</i>	<i>Dosis (kg/ha)</i>	<i>Porcentaje de infección</i>	<i>Tukey ($\alpha=0.05$)</i>	<i>% de eficacia</i>
T1. Oxicloruro de cobre	2.0	4.00	B	80.00
T2. Oxicloruro de cobre	3.0	3.00	B	85.00
T3. Oxicloruro de cobre	4.0	3.00	B	85.00
T4. Cupravit	3.0	4.00	B	80.00
T5. Testigo sin aplicación	-----	20.00	A	
Media general	6.80			
DMS (Tukey 0.05)	5.19			

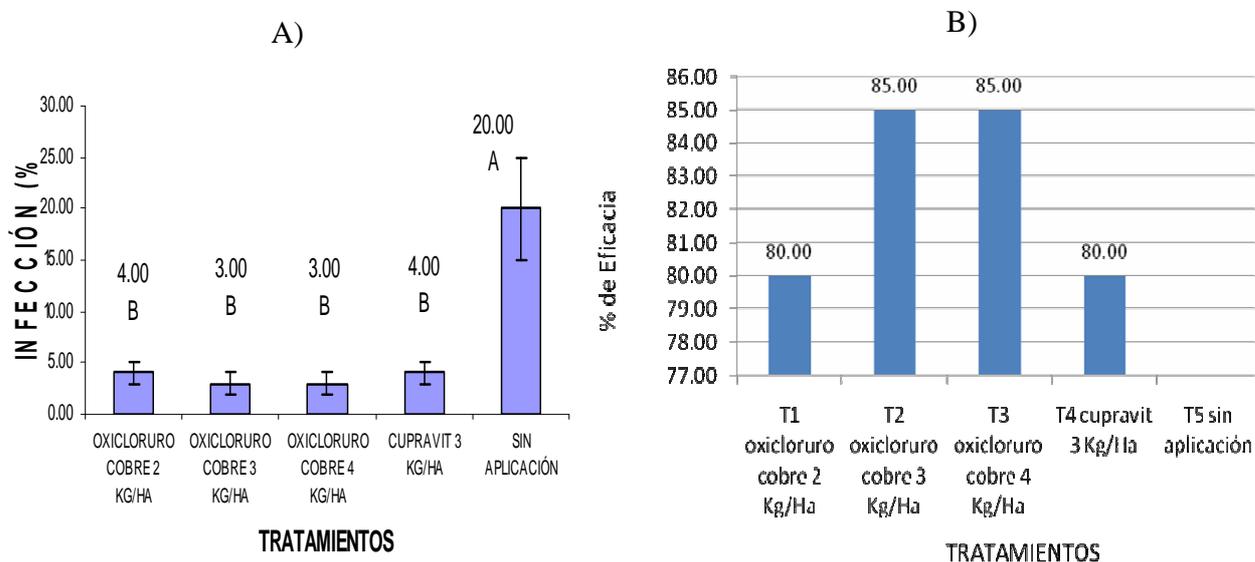


Figura 6. Infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, 6 A), y Eficacia de control 6 B), durante la **segunda evaluación** de los efectos de los tratamientos evaluados. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México, 2007. Las barras representan el promedio de infección por tratamiento \pm error estándar del promedio ($n=4$).

Los resultados de la segunda evaluación proporcionan elementos suficientes para rechazar la hipótesis nula de similitud de efectos de tratamientos. Con confiabilidad mayor a 99.99%, se puede afirmar que la diferencia en los porcentajes de infección es atribuible, al efecto de los tratamientos. La prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) conformó dos grupos significativamente diferentes. En el grupo A está el testigo absoluto el cual presentó una severidad considerablemente superior a la observada en el resto de los tratamientos, 20% de severidad (Cuadro 9; Figura 6A). Se sabe que la variedad Fianna también es susceptible al Tizón tardío, por lo que podría ser una explicación posible del mayor grado de infección del patógeno. La experiencia en campo permitió observar diferencias visuales claras, ya que el testigo sin aplicación fue el único tratamiento que presentó infección en tallos. Los tratamientos que estadísticamente fueron los mejores son aquellos que contienen Oxiclورو de cobre, a dosis de 3.0 o 4.0 kg/ha. Tales tratamientos registraron los menores incrementos en los porcentajes de severidad en infección por *P. infestans*; su eficacia de control fue de 85% (Figura 6B). Los tratamientos T1 (Oxiclورو de cobre, 2.0 kg/ha) y T4 (Cupravit, 3.0 kg/ha) registraron niveles de severidad de la enfermedad en torno a 4%, manifestando una eficacia calculada 80%, en ambos casos.

5.4. Tercera Evaluación.

Durante la tercera evaluación, a los 21 días después de la aplicación de los tratamientos, se pudo observar que las unidades experimentales correspondientes a tratamientos con aplicación mantuvieron el cultivo de papa con menor severidad de la enfermedad ($F_{4, 15}=39.23$; $Pr<0.0001$; Cuadro 10, Figura 7), el promedio de

severidad en la evaluación fue de 16.05 ±3.642 %. En contraparte, en unidades experimentales del testigo absoluto se registró un importante incremento en la severidad de la infección.

Cuadro 10. Porcentajes promedio de infección y porcentaje de eficacia de tratamientos. **Tercera evaluación** en el cultivo de papa, var. Fianna y comparación estadística de promedios de infección mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Buenavista, Zinacantepec, Estado de México, 2007.

<i>Tratamiento</i>	<i>Dosis (kg/ha)</i>	<i>Porcentaje de infección</i>	<i>Tukey ($\alpha=0.05$)</i>	<i>% de eficacia</i>
T1. Oxidloruro de cobre	2.0	10.00	B	82.22
T2. Oxidloruro de cobre	3.0	5.00	B	91.11
T3. Oxidloruro de cobre	4.0	4.00	B	92.89
T4. Cupravit	3.0	5.00	B	91.11
T5. Testigo sin aplicación	-----	56.25	A	
Media general	16.05			
DMS* (Tukey 0.05)	7.68			

*DMS= Diferencia mínima significativa de Tukey.

El mejor tratamiento en el control del patógeno fue el tratamiento cuatro Oxidloruro de cobre (4.0 kg/ha) con una eficacia de 92.89%; su índice de severidad fue de 4%, comparable a lo registrado durante la evaluación anterior.

La prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) conformó dos grupos estadísticos; el testigo absoluto manifestó un alto grado de infección del patógeno (56.25%) por lo cual se diferenció de los tratamientos con aplicación. Durante esta evaluación, el tratamiento T2 (Oxidloruro de cobre, 3.0 kg/ha) proporcionó una de las eficacias de control más altas (91.11%); similar a lo que ocurrió en el caso del tratamiento T4 (Cupravit, 3.0 kg/ha), el cual manifestó una severidad de infección de

5%, lo que corresponde con control de 91.11 puntos porcentuales. En el tratamiento T1 (Oxicloruro de cobre, 2.0 kg/ha) proporcionó un control de 82.22%. En unidades experimentales de este tratamiento se observó tizón tardío con severidad de 10%.

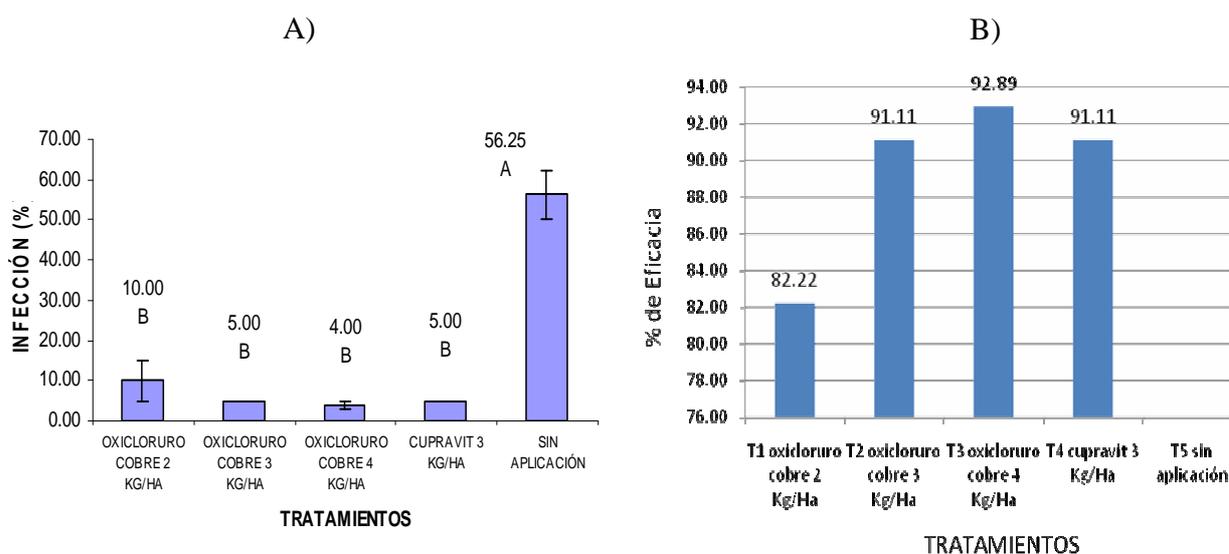


Figura 7. Infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, 7 A), y Eficacia de control 7 B), durante la **Tercera evaluación** de los efectos de los tratamientos evaluados. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007. Las barras representan el promedio de infección por tratamiento \pm error estándar del promedio (n=4).

5.5. Análisis Comparativo

Aunque los tratamientos usados para controlar el tizón tardío en la variedad Fianna, en la región de estudio, son de tipo preventivo, el análisis conjunto muestra que los tratamientos con aplicación contuvieron el desarrollo del tizón tardío, lo cual puede estar relacionado con un efecto protector del Oxidicloruro de cobre sobre los brotes jóvenes de la papa, además del efecto de frecuencia de las aplicaciones (Fry, 1978; Naerstad *et al.*, 2007) (Cuadro 11, Figura 8). El tratamiento que en todas las evaluaciones destacó por ejercer los mayores porcentajes de control fue el T3 (Oxicloruro de cobre, 4.0 kg/ha). En promedio, durante las últimas dos evaluaciones,

este tratamiento aportó una eficacia de control de 88.94%. En segundo sitio se ubica el tratamiento T2 (Oxicloruro de cobre, 3.0 kg/ha) con una eficacia promedio de 88.06%; mientras que en el tercer lugar el tratamiento T4 (Cupravit, 3.0 kg/ha) aportó un control promedio de 85.56%. La dosis baja del producto Oxicloruro de cobre (2.0 kg/ha) proporcionó una eficacia de control promedio 81.11%, desempeño con el que se ubicó en el cuarto lugar.

Cuadro 11. Comparación de medias para los porcentajes de severidad y eficacia registrados en el estudio de la efectividad biológica del fungicida Oxicloruro de cobre para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en papa var. Fianna. Buenavista Zinacantepec, Estado de México, 2007.

Tratamientos	Dosis kg de PF/ha	PREVIA		PRIMERA			SEGUNDA			TERCERA					
		SEV	TUK	SEV	EFIC	TUK	SEV	EFIC	TUK	SEV	EFIC	TUK			
T1. Oxicloruro de cobre	2.0	0.01	A	1.00	66.67	AB	4.00	80.00	B	10.00	82.22	B			
T2. Oxicloruro de cobre	3.0	0.01	A	0.78	74.17	AB	3.00	85.00	B	5.00	91.11	B			
T3. Oxicloruro de cobre	4.0	0.06	A	0.53	82.42	B	3.00	85.00	B	4.00	92.89	B			
T4. Cupravit	3.0	0.03	A	0.55	81.67	B	4.00	80.00	B	5.00	91.11	B			
T5. Testigo absoluto	-	0.03	A	3.00	-	A	20.00	-	A	56.25	-	A			
PR>F para Tratamientos		0.4146			0.0315				0.0006				<0.0001		

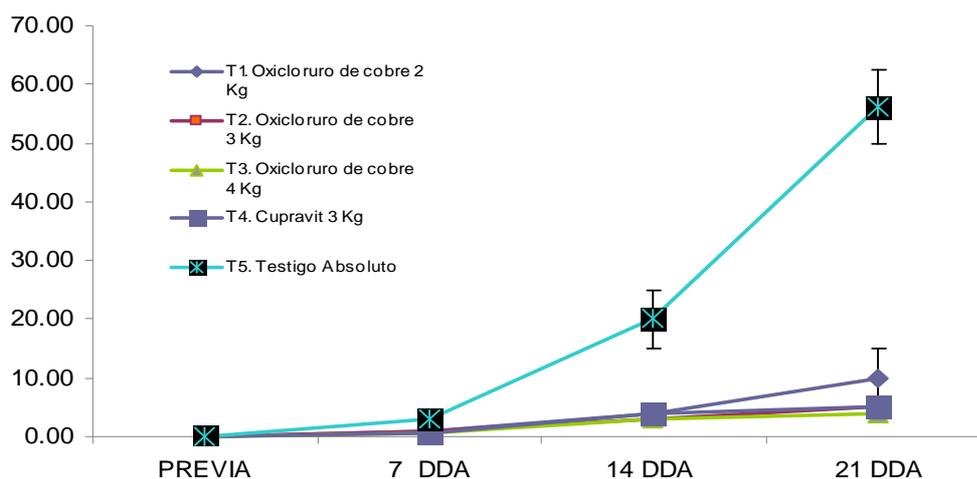


Figura 8. Progreso de la enfermedad, por tratamiento evaluado, en el periodo del 12 de septiembre al 2 de octubre de 2007, en el cultivo de papa var. Fianna. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. Dda= días después de la aplicación de tratamientos. Las líneas en cada punto representan el promedio de infección \pm error estándar del promedio (n=4).

Los valores promedio de las principales variables atmosféricas relacionadas estrechamente con el desarrollo del patógeno en estudio, fueron estimados dentro de los rangos estipulados como óptimos (Cuadro 12). El efecto de las variables atmosféricas en el desarrollo del tizón tardío en la variedad Fianna, se comportó de acuerdo con lo reportado en la literatura; es decir, la infección del tizón se incrementó conforme aumentó la temperatura y la precipitación acumulada en el periodo de tiempo en estudio (Raposo *et al.*, 1993; Krause y Massie, 1975; Zwankhuizen y Zadocks, 2002; Magarey *et al.*, 2005) (Cuadro 12, Figuras 9, 10 y 11).

Cuadro 12. Promedio de infección del Tizón tardío en papa var. Fianna y los promedios de temperatura, humedad relativa y precipitación en el periodo del 12 de septiembre al 2 de octubre de 2007. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México.

Evaluación	Infección promedio (%)	Temperatura promedio (° C)	Humedad relativa promedio (%)	Precipitación promedio (mm)	Precipitación acumulada promedio (mm)
Previa (1 dda)*	0.028	12.22	91.05	0.00	0.00
Primera (7 dda)	1.170	18.81	89.92	6.57	6.57
Segunda (14 dda)	6.800	13.86	89.27	5.53	12.10
Tercera (21 dda)	16.050	14.39	88.74	6.17	18.27

*dda: días después de la aplicación.

Conforme aumentó la humedad relativa, se observó una disminución en la infección del tizón tardío, lo cual coincide con lo reportado (Magarey *et al.*, 2005), debido a que la infección requiere condiciones específicas de clima como es aumento de la temperatura o días soleados posteriores al exceso de humedad por la precipitación (Magarey *et al.*, 2005). Aunque se han encontrado relaciones interesantes entre los niveles de la enfermedad y variables climáticas, se sabe que no hay un solo factor climático o combinación de éstos, que explique el funcionamiento de las epidemias del tizón tardío (Zwankhuizen y Zadocks, 2002; Magarey *et al.*, 2005). La relación entre la temperatura y la humedad relativa es

inversa, de acuerdo con lo reportado (Jarvis *et al.*, 2002). El rango de temperatura presente en el periodo y localidad de estudio, fue adecuado para el desarrollo de la infección del tizón tardío en papa variedad Fianna, de acuerdo con lo reportado (Figura 9) (Magarey *et al.*, 2005). La temperatura óptima de infección reportada es de 15° C (Krause y Massie, 1975; Magarey *et al.*, 2005).

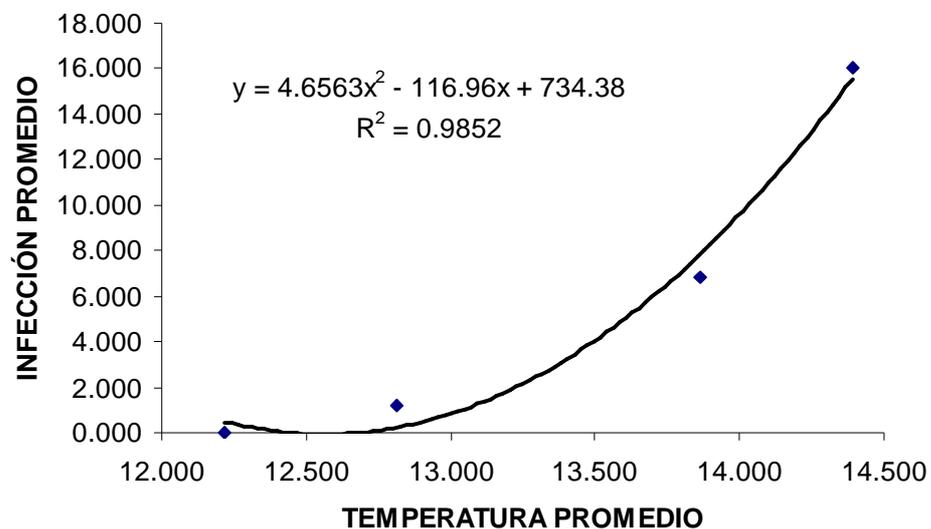


Figura 9. Comportamiento de la infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, en función de la temperatura promedio. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

El comportamiento de la infección del tizón tardío en la variedad Fianna, de acuerdo con la cantidad de la precipitación acumulada en el periodo de estudio, del 12 de septiembre al 2 de octubre, se observó también de acuerdo con lo reportado en la literatura (Figura 10) (Magarey *et al.*, 2005).

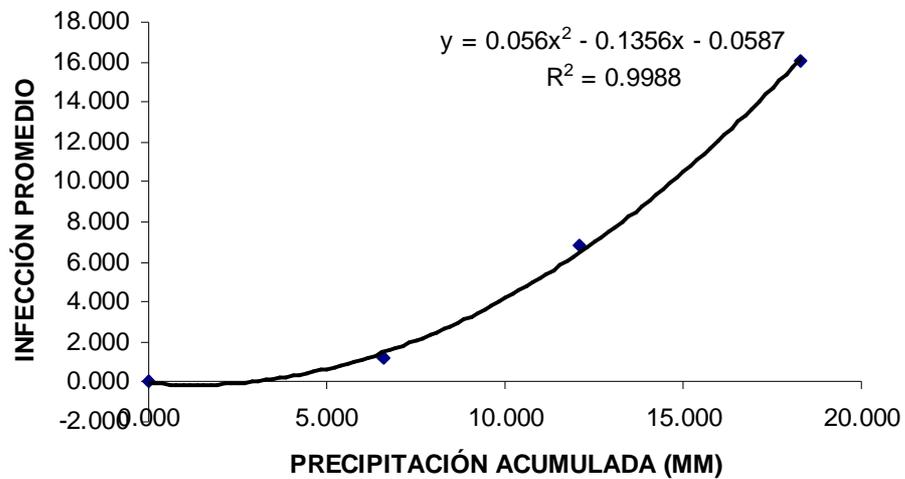


Figura 10. Comportamiento de la infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, en función de la precipitación acumulada en el periodo de septiembre a octubre de 2007. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

La relación de la infección del tizón tardío con la humedad relativa, fue inversa; lo que significa que el incremento de la humedad relativa ocasionó una disminución en la infección del tizón (Figura 11); esta relación se explica porque, aun cuando el patógeno requiere altos niveles de humedad relativa para esporular (Agrios, 1991; Grünwald *et al.*, 2000; Grünwald *et al.*, 2001; Magarey *et al.*, 2005), los niveles de infección se detienen de manera aparente, cuando existe exceso de humedad en campo, hasta que ocurre un aumento de temperatura y disminuye la precipitación (Mendoza, 1992; Jarvis *et al.*, 2002).

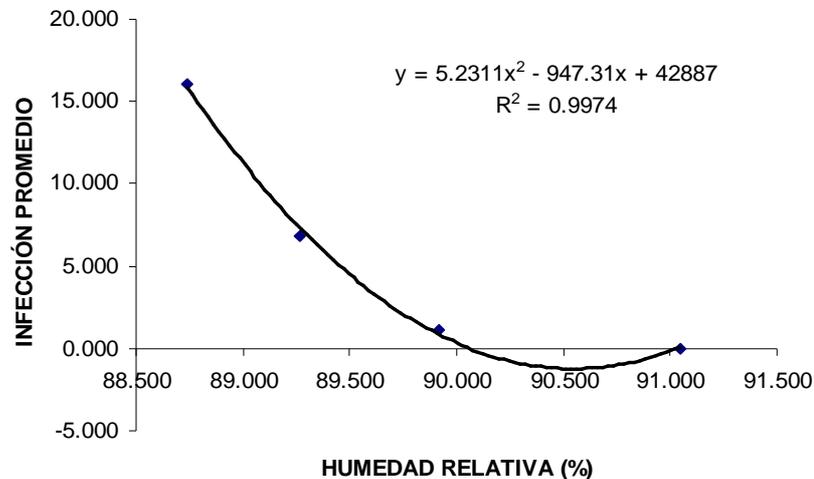


Figura 11. Comportamiento de la infección promedio del tizón tardío en papa var. Fianna, en función de la humedad relativa (%) en el periodo de septiembre a octubre de 2007. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

5.6 Evaluación de la Fitotoxicidad

Durante el desarrollo del estudio no se observaron efectos fitotóxicos en las plantas de papa, variedad Fianna, en cada una de las unidades experimentales por los diferentes tratamientos evaluados ($F=1.00$; g. l.= 4, 15; $Pr>0.438$). Los valores registrados de aparente fitotoxicidad podrían estar relacionados más con efectos de que maduras en los bordes de las hojas, por factores climáticos, nutricionales o de la misma planta.

VI. CONCLUSIONES

- Las dosis probadas de Oxiclورو de cobre no ocasionaron efectos fitotóxicos en el cultivo de papa var. Fianna, en las condiciones en que se realizó el presente estudio.

- Al obtener el promedio de las eficacias de las dos últimas evaluaciones, se observó que las dosis media y alta de Oxiclورو de cobre (3.0 y 4.0 kg/ha) fueron los tratamientos con mayor eficacia en el manejo del tizón tardío con 88% de control. En tercer sitio se ubicó la dosis probada del producto Cupravit (3.0 kg/ha) que en promedio proporcionó una eficacia de 85%.
- Por otra parte, la dosis baja de Oxiclورو de cobre (2.0 kg/ha) fue el tratamiento que presentó el control más bajo con alrededor de 81%.
- Se sugiere el uso de Oxiclورو de cobre a dosis de 3.0 kg /ha, en condiciones de baja presión de la enfermedad, y la dosis alta (4.0 kg /ha), cuando se presenten condiciones favorables para el desarrollo del tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

VII. LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267 p.
- Agrios, N. G.** Fitopatología. Edit. LIMUSA; México D.F. pp. 756.
- Alcala, de M. D, J. J. Marcano y A. Pire. 1985.** Presencia de cepas del hongo *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary resistentes al Metalaxyl en siembra de papa del estado de Lara, Venezuela. Agronomía Tropical. 35 (1-3): 43-55 p.
- Ayala Ch., C., M. Sebastián. 1989.** Control químico de *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary y *Alternaria solani* (Ell. y G. Martín) L.T. Jones y Ground. El cultivo del jitomate *Lycopersicon esculentum* Mill. en la región de Uruapan, Michoacán. Memorias del XVI Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Montecillo, México.
- Bermejo P, Guerra J.A, Martínez F. 2000.** Gestión del riesgo de resistencia de patógenos a los fungicidas. Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2000. 3-6 Julio, Vitoria-Gastéis, España. 493-503 p.
- Black, W. 1954.** A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and for genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives. Euphytica 2. 173-178 p.
- Bruk, R. I., W. E. Apple. 1980.** Efect of Metalaxyl and acilalanina fungicides, on developmental stages on *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary. Phytopathology. 70 (7): 597-601 p.

- Calderoni, A. V. 1975.** Tizón tardío de la papa y del tomate. En fitopatología. Tomo II (Edit. Sarasola, A.A), Edit. Hemisferio sur, Buenos Aires, Argentina. Pp 115-155.
- Castro J., F. 1962.** Observaciones sobre la variación sexual en *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1981.** Control de enfermedades fungosas de importancia, informe anual CIP. Lima, Perú, visita el 27 de abril de 2008.
- Cohen, and M. Reuveni. 1983.** Occurrence of metalaxyl activity of Ridomil against *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary on tomato *Plants Phytopathology* 69 (6) 645-649 p.
- Cortez, G. Hurtado. 2002.** Guía Técnica: Cultivo de la Papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, San Salvador, El Salvador. 30 p
- Chester, K. S. 1950-1951.** Validity and value of plants disease forecasting. The Plant Disease Reporter. Supplement 190: 5-8 p.
- Clinton, G. P. 1910.** Control of *Phytophthora infestans*. Conn. Agric. Exp. Sta. (Rep. 1909-1910) 753-774 p.
- Delp, C.J. 1980.** Coping with resistance to plant disease control agents. Plant Disease. 64: 652-657 p.
- Estrada T., A. 1996.** Evaluación del Timsen (N-Alquil Dimetil Bencil Amainio) en mezclas con fungicidas de contacto para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary en Jitomate *Lycopersicum esculentum* (Mill.), en Nepantla, Estado de México. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

- Fernández N. E., Navia O., Gondorillas, A. 1999.** Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío de la papa desarrolladas por PROINPA en Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa, Publicación de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP). , Volumen 11 N°1 . 1998/1999.
- FAO, 2007.** La papa. Boletín Especial No. 8/ 19 de marzo, 2008.
- Fly, E.W., Goodwin, S.B. 1995.** Recent migrations of *Phytophthora infestans*.1995. Páginas 89-95 p.
- Fry, W. E. 1978.** Quantification of partial resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of late blight. Phytopathology. 41: 345-354 p.
- García de M., E. 1986.** Apuntes de Climatología. Programas vigentes de Formación de Biólogos de Facultad de Estudios Superiores, Zaragoza y la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 89 p.
- García G., M. P. 1998.** Severidad del tizón tardío en relación con el contenido nutricional de la papa en Arteaga, Coahuila y Galeana, N.L. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista Saltillo, México. 90 p.
- Gallegly, M. E., and J. A. Galindo. 1958.** Mating types and oospores of *Phytophthora infestans* in nature in México. Phytopathology 48: 274-276 p.
- Goodwin, S. B. 1996.** Origen and Ecology of *Phytophthora infestans*. Rev. México. Fitopatol 14: 143-147 p.
- Gil V., J. A. 1994.** Control químico de las enfermedades foliares del jitomate *Lycopersicon esculentum* (Mill.). Tizón temprano *Alternaria solani*, tizón tardío *Phytophthora infestans* y mancha gris *Stemphyllium solani*, en la región de Nepantla, Estado de México. Tesis de Licenciatura.

Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 87 p.

Gutche, V. 1994. Reflection of effects of *Phytophthora* fungicides in a simulation model. Nachrichtenblatt des pflanzenschutzdienstes. 23: 124-135 p.

Grunwald, N. J., Rubio-Covarrubias, O. A., and Fry W. E. 2000. Potato late-blight management in the Toluca Valley: Forecasts and resistant cultivars. Plant Dis. 84:410-416 p.

Grunwald, N. J., Flier W. G., Sturbaum A. K., Garay-Serrano, E., van den Bosch, T. B. M., Smart C. D., Matuszak J. M., Lozoya-Saldaña, H., Turkensteen L. J., and Fry W. E. 2001. Population Structure of *Phytophthora infestans* in the Toluca Valley Region of Central Mexico. Phytopathology 91: 882-890 p.

Holmes, S. J. T. 1981. Chemical control of the late blight in potatoes. In: Review of Plant Pathology (1982) 61(6): 222 p.

Huber, D. M., and I. A. Thompson. 2007. Nitrogen and plant disease. Pp. 31-44. In: Mineral nutrition and plant disease. Datnoff, L. E., W. H. Elmer, and D. M. Huber (eds). APS Press. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota.

Jaramillo. V.S. 2003. Monografía sobre *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary. Pp 116.

Jarvis, W. R., W. D. Gubler, and G. G. Grove. 2002. Epidemiology of powdery mildews in agricultural pathosystems. Pp. 169-199. In: The Powdery Mildews. A comprehensive treatise. Bélanger, R. R., W. R. Bushnell, A. J. Dik and T. L. W. Carver (eds). APS PRESS, St. Paul, Minnesota.

- Johnson, D., T. Cummings, P. Hamm, R. Rowe, J. Miller, R. Thornton, G. Pelter y E. Sorensen. 1997.** Potato late blight in the Columbia Basin: an economic analysis of the 1995 epidemic. *Plant Disease* 81(1): 103-106 p.
- Kirk, P.M., P.F. Cannon, J.C. David & J.A. Salpers. 2001.** ainsworth & bisby's, dictionary of the fungi. 9na. ed . cab international.
- Krause, R. A, and L. B. Massie. 1975.** Predictive systems: modern approaches to disease control. *Annu. Rev. Phytopathol.* 13: 31-47 p.
- L. Luján C. (1996).** La historia de la papa. *Boletín de la Papa*, Volumen 1, Número 2
- Magarey, R. D., T. B. Sutton, and C. L. Thayer. 2005.** A simple generic infection model for foliar fungal plant pathogens. *Phytopathology.* 95: 92-100 p.
- Mendoza Z., C., F. Ponce G. y V. Venado. 1991.** Control químico del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary con fungicidas protectivos en Calimaya, México. En *Memorias: XVIII Congreso Nacional de Fitopatología.* Sociedad Mexicana de Fitopatología. Puebla de los Ángeles, México.
- Mendoza Z., C., y F. Ponce G. y M. E. Hernández. 1992.** Evaluación del Ridomil Cobre (Metalaxyl + hidróxido de cobre) en el control del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en el Estado de Hidalgo, México. En: *Memorias XXI Congreso Nacional de Fitopatología.* Sociedad Mexicana de Fitopatología. Cuernavaca, Morelos. México.
- Mendoza Z., C. 1992.** Enfermedades fungosas en hortalizas y fresa. Pp. 273-312. En: *Manejo fitosanitario de las hortalizas en México.* Anaya R., S., N. Bautista M., B. Domínguez R. (eds). Centro de Entomología y Acarología. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México.

- Mendoza Z., C. 2002.** Fungicidas en ornamentales. Pp. 119-147. En: Manejo fitosanitario de las ornamentales. Bautista M., N., J. Alvarado L., J. C. Chavarín P., H. Sánchez A. (eds). Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Mondino. P. 2001.** Curso de Protección Vegetal Hortícola y Protección Vegetal Frutícola. Tema: Manejo de la Resistencia a fungicidas 11: 2-4 p.
- Naerstad, R., A. Hermansen, and T. Bjor. 2007.** Exploiting host resistance to reduce the use of fungicides to control potato late blight. *Plant Pathology*. 56: 156-166 p.
- Navase, A.G. and G.W. Dhane. 1982.** Fungal control of the blingh on patato. *Pesticides* 16 (11): 36-38 p.
- Niederhauser, J.S. 1986.** Tizón tardío de la papa en México, su lugar de origen y solución. *Revista Mexicana de Fitopatología* 4(1): 31-36 p.
- Olofson, B. 1987.** Metalaxyl resistant strains of late blinght, *Phytophthora infestans* in Swedish patato fields. In *Review of plant pathology* (1988) 67 (6) 329-330.
- Pérez L., J. R. 1997.** Evaluación del metalaxyl M para el control del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 79 p.
- Pilar, E. 1990.** Comparación de dos fungicidas en el control del tizón tardío en tomate cultivar Río Grande en el Valle del Yaqui, Sonora. En: *Memorias XXII Congreso Nacional de Fitopatología*. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Culiacán, Sinaloa. México.
- Prabhu, A. S., N. K. Fageria, R. F. Berni and F. A. Rodrigues. 2007.** Phosphorous and plant disease. Pp. 45-55. In: Datnoff, L. E., W. H. Elmer, and D. M.

Huber (eds). APS Press. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota.

Raposo, R; D. S. Wilks, and W. E. Fry. 1993. Evaluation of potato late blight forecasts modified to include weather forecasts: A simulation analysis. *Phytopathology*. 83: 103-108 p.

Rocha G., J. J. 1994. Control químico del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en Tetlapayac, Apan, Hidalgo. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Rodríguez, R. R., J. M. Tabares, S. A. Medina. 1984. Cultivo moderno del tomate. Edit. Mundi-prensa. Madrid España. Pp. 15-17.

Ríos A., J. 1996. Evaluación de formulaciones de Captán para el control del tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en jitomate en Nepantla, Estado de México. Tesis licenciatura Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 p.

Sánchez G., V. M. 1996. Evaluación de fungicidas para el control del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. En Almoloya Hgo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 69 p.

SAS. 2005. SAS for Windows. V. 9.1. SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SDUV). 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec. Julio de 2003. Gobierno del Estado de México. 245 p.

- Schwinn, F.J., and Margot, P. 1991.** Control with chemicals. Pages 225-265 in: *Phytophthora infestans*, the cause of late blight of potato. *Advances in Plant Pathology*. D.S. Ingram and P.H. Williams, eds. Academic Press, London.
- Sharma, K.K. 1992.** Control of potato late blight with systemic and contact fungicides mixtures in North West Indian Plant diseases. (1992) 19 (2): 75-76 p.
- Smot, J. F, J. Gough; H. A. Lamey, J. J Echenmuller y M. E. Gallegly. 1958.** *Phytopathology* 48: 105-171 p.
- Stachewicz, H., and U. Burth. 1988.** Pressing of seed potatoes with metalaxyl against *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. In *Review of Plant Pathology* 68 (2): 68 p.
- Stivenson, F.S. and Jones H.A. 1953.** Algunos orígenes de resistencia en plantas de recolección. *The yearbook of Agriculture*, U.S. Dept. Agric. Trad . 243 p.
- Spielman, J.L., Drenth, A., Davidse, L.C., Sujkowsky, L.J., Gu, W., Tooley, P.M. and Fry, W.E. 1991.** A Second world-wide Migration and population Displacement of *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology*. 40: 422-430 p.
- Townsend, G.R.; Heuberger J. W. 1943.** Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Rep.* 27: 340-343 p.
- Tomescu, A. 1984.** Research on methods of controlling tomato mildew caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Rev. Plant Pathology* 68 (1): 251.
- Tlapal B., B. 2006.** Principales enfermedades del jitomate. Pp. 153-189. En: *Producción del jitomate en invernadero*. Bautista M., N., y J. Alvarado L. (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.

Uribe G., E. D. M. 2007. Evaluación de la efectividad biológica del fungicida Consentó 450 SL (fenamidona+propamocarb) en el control del Tizón tardío en papa, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 66 p.

Villarreal, G. M. 1983. Conozca más sobre papa. Noticiamec: CIAMEC. SARH-INIA, México 2 (5).

Zwankhuizen, M. J. and J. C. Zadoks. 2002. *Phytophthora infestans* 10-years truce with Holland: a long-term analysis of potato late-blight epidemics in the Netherlands. Plant Pathology. 51: 413-423 p.

VIII. ANEXO

8.1 Programa de SAS para el análisis de varianza del porcentaje de severidad del tizón tardío en papa var. Fianna, en Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

```
DATA OXICOBPAPA;
INPUT TRAT $ PREV UNO DOS TRES;
DATALINES;
T1 0.01 1.00 5.00 25.00
T2 0.01 1.00 5.00 5.00
T3 0.10 1.00 5.00 5.00
T4 0.01 0.10 1.00 5.00
T5 0.01 1.00 25.00 75.00
T1 0.01 1.00 5.00 5.00
T2 0.01 0.10 1.00 5.00
T3 0.10 1.00 1.00 5.00
T4 0.01 1.00 5.00 5.00
T5 0.01 5.00 5.00 50.00
T1 0.01 1.00 5.00 5.00
T2 0.01 1.00 1.00 5.00
T3 0.01 0.10 5.00 5.00
T4 0.01 0.10 5.00 5.00
T5 0.10 1.00 25.00 50.00
T1 0.01 1.00 1.00 5.00
T2 0.01 1.00 5.00 5.00
T3 0.01 0.01 1.00 1.00
T4 0.10 1.00 5.00 5.00
T5 0.01 5.00 25.00 50.00
;
PROC SORT; BY TRAT;
PROC PRINT;
PROC PLOT; PLOT TRAT*(PREV UNO DOS TRES)='*';
PROC UNIVARIATE; BY TRAT;
PROC GLM;
CLASS TRAT;
MODEL PREV UNO DOS TRES=TRAT; MEANS TRAT/TUKEY LINES;
RUN; QUIT;
```

Anexo 8. 2 Análisis de varianza, por etapas de evaluación, de la variable severidad del tizón tardío en hojas de papa var. Fianna, en Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

Cuadro 8.2.1. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del tizón tardío en papa, var. Fianna, durante la evaluación previa. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007

Fuente	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>F
Modelo	4	0.0057	0.0014	1.05	0.4146NS
Error	15	0.0202	0.0013		
Total	19	0.0259			

corregido

NS= No significativo; Coeficiente de variación=131.22; Media general de severidad= 0.028; R²= 0.22

Cuadro 8.2.2. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del tizón tardío en papa, var. Fianna, durante la primera evaluación. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007

Fuente	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>F
Modelo	4	17.324	4.331	3.55	0.0315*
Error	15	18.314	1.221		
Total	19	35.640			

corregido

*= Significativo al 0.05; Coeficiente de variación=94.40; Media general de severidad=1.17; R²= 0.486

Cuadro 8.2.3. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del tizón tardío en papa, var. Fianna, durante la segunda evaluación. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007

Fuente	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>F
Modelo	4	875.20	218.80	9.22	0.0006**
Error	15	356.00	23.73		
Total	19	1231.20			

corregido

**= Altamente significativo al 0.01; Coeficiente de variación=71.64; Media general de severidad= 6.80; R²= 0.71

Cuadro 8.2.4. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad del tizón tardío en papa, var. Fianna, durante la tercera evaluación. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007

Fuente	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>F
Modelo	4	8168.20	2042.05	39.23	<0.0001**
Error	15	780.75	52.05		
Total	19	8948.95			

corregido

**= Altamente significativo al 0.01; Coeficiente de variación=41.23; Media general de severidad= 16.05; R²= 0.88

8.3. Evaluación de las variables atmosféricas con los niveles de severidad del tizón tardío en papa, var. Fianna, en el periodo de septiembre a octubre del 2007. Buenavista, Zinacantepec, Estado de México. 2007.

```

data tucuch;
input inf ta temp hr pp ppacum;
datalines;
0.028    0.030    12.220  91.050  0.000  0.000
1.170    3.000    12.810  89.920  6.570  6.570
6.800    20.000   13.860  89.270  5.530  12.100
16.050   56.250   14.390  88.740  6.170  18.270
;
proc print;
/*proc plot; plot inf*(temp hr pp)='*';
plot ta*(temp hr pp);*/
PROC REG;
MODEL inf=hr ppacum;
run;
quit;

```

8.4. Evaluación de las diferencias de fitotoxicidad presentes en las unidades experimentales debido a los tratamientos aplicados.

```

DATA FITOTUN;
INPUT REP$ TRAT$ UNO DOS TRES;
DATALINES;
I    T1    0    0    0
I    T2    0    0    0
I    T3    0.1  0    0
I    T4    0    0    0
I    T5    0    0    0
II   T1    0    0    0
II   T2    0    0    0
II   T3    0    0    0
II   T4    0    0    0
II   T5    0    0    0
III  T1    0    0    0
III  T2    0    0.1  0
III  T3    0    0    0
III  T4    0    0    0
III  T5    0    0    0
IV   T1    0    0    0
IV   T2    0    0    0
IV   T3    0    0    0
IV   T4    0    0    0
IV   T5    0    0    0.01
;
PROC PRINT;
PROC GLM;
CLASS TRAT;
MODEL UNO DOS TRES=TRAT;
RUN;
QUIT;

```