



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
(U N A)**

**FACULTAD DE AGRONOMIA
(FAGRO)**

**DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA Y FORESTAL
(DPAF)**

Trabajo de graduación

Efecto de la combinación fungicida protectante y variedad sobre el tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Montagne) De Bary] en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en época de primera en la localidad La Tejera, San Nicolás, Estelí. 2008.

AUTORES

Br. Jiomar López Agüero

Br. Widmark Zeledón León

ASESOR

Ing. Msc. Jorge Ulises Blandón Díaz



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN AGRÍCOLA Y FORESTAL

Trabajo de graduación

Efecto de la combinación fungicida protectante y variedad sobre el tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Montagne) De Bary] en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en época de primera en la localidad La Tejera, San Nicolás, Estelí. 2008.

AUTORES

Br. Jiomar López Agüero

Br. Widmark Zeledón León

ASESOR

Ing. Msc. Jorge Ulises Blandón Díaz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo especial y primeramente a **Dios** por ser el gran creador, el que me dio fuerzas y amparo para concluir con mi tesis. **Gracias Señor** por todo lo bueno que me has dado en esta vida.

Con todo el amor del mundo le dedico mi tesis a **mi querida y adorada Madrecita Xiomara Agüero Salmerón**, que siempre estuvo apoyándome en las buenas y las malas. Te agradezco por darme la vida, mis estudios la oportunidad de estar aquí y ser lo que soy ahora. especialmente para ti.

A mis hermanos: **Norman, Sharon**. Porque de manera directa e indirecta han contribuido con todas mis metas, porque son muy especiales en mi vida, así que les dedico este trabajo como forma de reconocimiento de lo mucho que los quiero.

Les dedico mi trabajo a mis compañeros de clases y amigos: **Wilber, Carlos, Álvaro, Widmark, Eduar, Elying, Alfonso, Adrian y e Irma**.

Especialmente a mi compañera **Merling Belén Cornejo Cáliz (q.e.p.d)** por haberme dado tu amistad incondicional. Siempre serás recordada.

A mi tía **Beanira**, mi tío **Javier**, mi tía **Wilda** a mi abuelito **Esteban** y a mi abuelita **Socorro On'sang (q.e.p.d)** a todos mis primos y amigos de **Siuna** y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron conmigo.

Br. Jiomar López Agüero

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a **Dios**, por ser nuestro creador, amparo y fortaleza, y por darme la inteligencia para desarrollar mis capacidades. **Gracias Señor** por todas las cosas que me has dado en mi vida.

A mi madre **Martha León Úbeda**, y a mi padre **Adán Rodolfo Zeledón** que con todo su cariño y esfuerzo me brindaron su apoyo emocional, espiritual y económico porque sin la ayuda de ellos no hubiese sido posible culminar con esta etapa de mi vida.

A mis hermanos **Rodolfo Josué** y **Romar Adam Zeledón**. Por ser unas de mis motivaciones para alcanzar mi carrera profesional.

Especialmente a mi abuelita **Lylliam Sobalvarro (q.e.p.d)** por ser esa persona que estuvo en los momentos más difíciles de mi vida. Donde quiera que este, siempre te llevare en mis pensamientos. **Te quiero.**

A mis primos: **Milagros Leyva Zeledón, Henry Zeledón, Lylliam Zeledón** y en especial a mi primo y ahijado **Jorge Emmanuel Zeledón Zeledón**, el cual le tengo un gran cariño.

Le dedico este trabajo a mi compañero de tesis **Jiomar López Agüero**, gracias amigo por darme comprensión y ayudarme a realizar este trabajo, y tu mamá **Xiomara Agüero** por darme un espacio caluroso en tu hogar.

A todos mis **compañeros de clases** por haber compartido buenos momentos y apoyarme cuando los necesité.

Br. Widmark Emmanuel Zeledón León

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a **Dios** todo poderoso, Gracias **señor** por habernos ayudado a culminar con esta investigación y nuestros estudios, **Señor** te agradecemos porque tú nos distes la vida. Tu nos distes la sabiduría, entendimiento y los recursos para que diéramos culminación a esta carrera.

Al M.Sc. Jorge Ulises Blandón Díaz por habernos dado el apoyo intelectual y la oportunidad para dar culminación a nuestra educación profesional.

A la **Universidad Nacional Agraria (UNA)** por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales bajo esta alma mater y muy especialmente al personal de que labora en el Departamento de Protección Agrícola y Forestal (**DPAF**).

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de nuestro trabajo monográfico.

Br. Jiomar López Agüero

Br. Widmark Zeledón León

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo General	5
2.2 Objetivos Específicos.....	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3.1 Localización del área experimental.....	6
3.2 Material experimental.....	6
3.2.1. Tratamientos.....	7
3.3 Procedimiento experimental.....	8
3.3.1. Diseño experimental	8
3.3.2. Manejo experimental.....	8
IV. VARIABLES EVALUADAS Y ANALISIS ESTADISTICO	10
4.1 Severidad	10
4.2 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad	10
4.3 Tasa de infección aparente (r)	11
4.4 Rendimiento en 18 m ² y rendimiento por hectárea	12
4.5 Variables climatológicas	13
4.6 Análisis estadístico.....	13
V. RESULTADOS	14
5.1 Severidad.....	15
5.2 Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE).....	18
5.3 Tasa de infección aparente (r)	21
5.4 Rendimiento	25
VI. DISCUSION.....	28
VIII. RECOMENDACIONES	33
IX. BIBLIOGRAFIA.....	34
X. ANEXOS	39

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Inicio de las epidemias de tizón tardío [<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary] en tres variedades de papa y tres intervalos de aplicación del fungicida protectante clorotalonil en la localidad La Tejera, San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.	15
2. Efecto interactivo de la variedad y tratamientos sobre la tasa de infección aparente (r) del tizón tardío (<i>P. infestans</i>) en experimento de campo realizado en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.	22
3. Rendimiento obtenido de tres variedades de papa en parcelas de 18 m ² con tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil y un testigo, en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.	26
4. Rendimiento proyectado por hectárea de tres variedades de papa con tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil y un testigo en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.	27

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en la variedad de papa Cal White en parcelas sin fungicida (SF) y con intervalos de aplicación de fungicida de 4, 7 y 14 días (4D, 7D y 14D). La Tejera, San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre 2008.....	16
2. Severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en la variedad de papa Granola en parcelas sin fungicida (SF) y con intervalos de aplicación de fungicida de 4, 7 y 14 días (4D, 7D y 14D). La Tejera, San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre 2008.....	17
3. Severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en la variedad de papa Jacqueline Lee en parcelas sin fungicida (SF) y con intervalos de aplicación de fungicida de 4, 7 y 14 días (4D, 7D y 14D). La Tejera, San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre 2008.....	18
4. Valores promedios de ABCPE obtenidos durante nueve semanas de evaluación de la severidad del tizón tardío en tres variedades de papa en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.	19
5. Valores promedios de ABCPE obtenidos durante nueve semanas de evaluación de la severidad del tizón tardío bajo un régimen de aplicación del fungicida clorotalonil de cada 4 días (4D), cada 7 días (7D) y cada 14 días (14D) en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. En el estudio también se incluyó un testigo sin fungicida (SF). Julio-Octubre, 2008.	20
6. Valores promedios de ABCPE obtenidos durante nueve semanas de evaluación de la severidad del tizón tardío en tres variedades de papa (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) bajo un régimen de aplicación del fungicida clorotalonil de cada 4 días (4D), cada 7 días (7D) y cada 14 días (14D) en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. En el estudio también se incluyó un testigo sin fungicida (SF). Julio-Octubre, 2008.	21
7. Tasa de infección aparente (r) de tizón tardío (<i>P. infestans</i>) obtenida al estudiar la interacción entre tres variedades de papa (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) y tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. En el estudio también se incluyó un testigo sin fungicida (SF). Julio-Octubre, 2008.	23

8. Comportamiento de variables climáticas (temperatura, humedad relativa y precipitación) durante nueve semanas de evaluación epidemiológica del tizón tardío de la papa [<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary] en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.	25
--	----

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Localización geográfica de La Tejera, municipio de San Nicolás, Estelí, donde se llevó a cabo el estudio epidemiológico del tizón tardío y tres variedades de papa (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) desde Julio a Octubre del 2008.	40
2. Registro de aplicaciones del fungicida clorotalonil para el control de tizón tardío de la papa [<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary] durante el mes de Agosto del 2008..	41
3. Registro de aplicaciones del fungicida clorotalonil para el control de tizón tardío de la papa [<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary] durante el mes de Septiembre del 2008.	42
4. Registro de aplicaciones del fungicida clorotalonil para el control de tizón tardío de la papa [<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary] durante el mes de Octubre del 2008.	43
5. Plano de campo de la azarización de los tratamientos y plantas donde se evaluó (surcos centrales de cada parcela) la severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) desde Julio a Octubre del 2008.	44
6. Escala para el registro de severidad de tizón tardío [<i>Phytophthora infestans</i> (Montagne) De Bary] en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.....	45
7. Análisis de varianza (ANDEVA) del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), tasa de infección aparente (r) y rendimiento	46
8. Rendimiento obtenido en la interacción variedad*tratamientos en parcelas de 18 m ² y el rendimiento proyectado a obtener en una hectárea en la Localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.	47
9. Establecimiento de las parcelas.....	48
10. Ubicación de las variedades.....	48
11. Tratamientos evaluados.....	49

12. Registro de lluvia con el pluviómetro RG3-M.....	50
13. Establecimiento de sensores HOBO (Pro v2 temp/HR) y Pluviometro RG3-M (Precipitación).....	51
14. Síntomas de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en hojas.....	52
15. Síntomas de tizón tardío en tallos.	53
16. Síntomas iniciales de tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) en hojas.	53
17. Síntomas de tizón temprano en estado avanzado.....	54
18. Ubicación del sensor HOBO Pro v2 (Temp/HR).....	54
19. Ubicación del sensor Pluviómetro RG3-M.....	55

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue el de evaluar el efecto de tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil y tres variedades de papa con diferentes niveles de resistencia sobre la epidemiología y manejo del tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Montagne) De Bary] en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) El trabajo experimental se realizó de Julio a Octubre 2008, en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, departamento de Estelí, localizado en las coordenadas geográficas 12°58'23” latitud norte y 86°24'21” longitud oeste, a una altura de 1,328 metros sobre el nivel del mar. Se evaluaron doce epidemias de tizón tardío que resultaron de la combinación de tres variedades de papa (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) y cuatro tratamientos (tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil y un testigo en el cual no se aplicó fungicida). Los tratamientos fueron distribuidos en bloques completos al azar. El manejo experimental fue el mismo que realiza el productor convencionalmente. Las variables epidemiológicas evaluadas fueron: severidad, área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y la tasa de infección aparente (r). Además, se midieron variables climáticas como temperatura, humedad relativa y precipitaciones y se determinó el rendimiento de las variedades incluidas en el estudio. Las doce epidemias analizadas en este estudio iniciaron con varios días de diferencia, en dependencia del nivel de resistencia de la variedad y del intervalo de aplicación del fungicida protectante clorotalonil. La severidad de la enfermedad alcanzó casi el 100% en las variedades susceptibles (Cal White y Granola) en las parcelas donde no se aplicó el fungicida clorotalonil, pero el porcentaje de severidad en las parcelas tratadas disminuyó conforme el intervalo de aplicación se fue acortando. En la variedad Jacqueline Lee los porcentajes de severidad fueron bajos, incluso en las parcelas que no fueron tratadas con el fungicida clorotalonil, lo cual demuestra que esta variedad es resistente a *P. infestans*. Ninguno de los intervalos de aplicación (cada 4, 7 y 14 días) del fungicida clorotalonil detuvo el avance de las epidemias de tizón tardío una vez que éstas iniciaron, principalmente, en las parcelas con variedades susceptibles. El rendimiento obtenido en cada una de las variedades evaluadas fue menor al compararlo con otro estudio de validación llevado a cabo en 2007 en tres localidades de Matagalpa y Jinotega. Los resultados de este estudio constituyen una contribución muy importante para el desarrollo de futuras estrategias encaminadas, no a la erradicación total del tizón tardío de los campos de papa y/o tomate de Nicaragua, pero si para lograr mitigar su efecto devastador sobre tan importantes cultivos tanto desde el punto de vista nutritivo como económico.

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the effect of three application intervals of the protectant fungicide chlorothalonil and three potato varieties with different levels of resistance on the epidemiology and management of late blight [*Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary] in potato crop (*Solanum tuberosum* L.) The experimental work was conducted from July to October 2008 in the locality "La Tejera", municipality of San Nicolas, Estelí (latitude 12°58'23" N and longitude 86°24'21" W; 1328 meters above sea level). Twelve late blight epidemics were evaluated that resulted from the combination of three potato varieties (Cal White, Granola and Jacqueline Lee) and four treatments (three application intervals of the fungicide chlorothalonil and a control in which no fungicide was applied). The treatments were distributed in randomized complete blocks. The crop management was the same as conventionally done by the grower. The epidemiological variables evaluated were: severity, area under the disease progress curve (AUDPC) and apparent infection rate (r). Moreover, climatic variables as temperature, relative humidity and precipitation were measured and the yield of the varieties included in the study was determined. The twelve epidemics analyzed in this study began with several days apart, depending on the resistance level of the variety and the application interval of the protectant fungicide chlorothalonil. The disease severity reached almost 100% in susceptible varieties (Cal White and Granola) in plots where the fungicide chlorothalonil was not applied, but the percentage of severity in the treated plots declined as the application interval was shorter. Jacqueline Lee showed very low values of severity, even in plots that were not treated with the fungicide chlorothalonil, indicating that this variety is resistant to *P. infestans*. None of the application intervals (every 4, 7 and 14 days) of the fungicide chlorothalonil stopped the progress of late blight epidemics once they started mainly in the plots with susceptible varieties. The yield in each of the varieties evaluated was low when compared with other validation study conducted in 2007 in three locations in Matagalpa and Jinotega. The results of this study are an important contribution to the development of future strategies, not for the total eradication of late blight of potato and/or tomato fields in Nicaragua, but to mitigate its devastating impact on such important crops both from a nutritional and economical standpoint.

I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de América del Sur, más probablemente de la parte central de los Andes Peruanos. Esta planta fue domesticada y ha sido cultivada por comunidades indígenas por más de 4,000 años. El cultivo de papa fue introducido a Europa en el siglo XVI y de allí fue posteriormente distribuido a otras partes del mundo. A nivel mundial, la papa ocupa el cuarto lugar en términos de producción, solamente superado por cultivo de cereales como el trigo, maíz y el arroz (Tantowijoyo y van de Fliert, 2006).

El cultivo de papa ocupa el primer lugar en el mundo entre los cultivos que no son cereales (Skelsey, 2008). En países de Asia, África y América Latina se produjeron más de 160 millones de toneladas de papa en el año 2007, alcanzándose en este mismo año una cifra récord de producción de 320 millones de toneladas a nivel mundial (FAO, 2008).

En países desarrollados (Estados Unidos, Europa y otros) se consumen aproximadamente 75 kg per cápita anual. La FAO reporta un consumo de 8 kg per cápita anual en Nicaragua y un área de siembra anual en tres ciclos (1600-1800 ha) (INTA, 2004).

Los agricultores han reconocido el valor de las raíces y tubérculos en términos de producción de energía cosechada por hectárea por día, de los cuales la papa es el más eficiente entre los cultivos comestibles comunes. La calidad y cantidad de las sustancias nutritivas del tubérculo varían por variedad de papa y condiciones de campo. El contenido de agua en un tubérculo fresco varía entre 63% a 87%; de hidratos de carbono, 13% a 30% (incluyendo el contenido de fibra 0.17% a 3.48%), de proteínas 0.7% a 4.6%; de grasas entre 0.02% a 0.96%; y de cenizas, 0.44% a 1.9%. Los otros constituyentes básicos son: azúcares, ácido ascórbico y vitaminas (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Las principales zonas productoras de papa en Nicaragua, están ubicadas en Estelí, Matagalpa y Jinotega. Estas zonas se caracterizan por tener un clima de trópico húmedo donde las precipitaciones oscilan entre (1200-1400 mm) al año, y con temperaturas que oscilan entre 18-24°C (INTA, 2004).

En Nicaragua, unas de las variedades que se están utilizando son Desirée con rendimientos entre 19.404-25.87 ton/ha y la variedad Sante que al igual que Desirée los rendimientos son los mismos, estas dos variedades tienen una buena aceptación culinaria, pero ambas son susceptibles al tizón tardío (INTA, 2004).

El cultivo de papa es atacado por muchas plagas y enfermedades. Entre las enfermedades más importantes está el tizón tardío, que es causado por el oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. *P. infestans* es un patógeno heterotálico (con dos tipos de apareamientos llamados A1 y A2), hemibiotrófico casi obligado, tanto en condiciones naturales como en los agroecosistemas de papa y tomate (Fry, 2008). Los oomicetos (incluyendo *P. infestans*) comparten varias características con los hongos: desarrollan micelio, su tipo de nutrición es mediante absorción y se reproducen mediante esporas (Money, 1998). Sin embargo, como lo han indicado algunas investigaciones (Hardham, 2005; Tyler, 2007), los oomicetos están distanciados evolutivamente de los hongos (Harper *et al.*, 2005).

Las características que diferencian a los oomicetos de los hongos verdaderos son que sus paredes celulares están compuestas de β 1-6, y β 1-3 glucanos en lugar de quitina, producen zoosporas biflageladas, producen anteridios y oogonios como gametangios y su micelio es diploide (Fry, 2008). La mayoría de estas diferencias ya habían sido aceptadas como evidencia de que los oomicetos están separados taxonómicamente de los hongos (Money, 1998), pero fueron los avances en la genética molecular que llevaron al reconocimiento de que los oomicetos y los hongos están evolutivamente distanciados (Fry, 2008). La clasificación taxonómica correcta de *P. infestans* es la siguiente: *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary – Reino Chromista, Phylum Oomycota, Orden *Peronosporales*, Familia *Peronosporaceae*, Género *Phytophthora*, del cual es la especie-tipo (Birch y Whisson, 2001).

Además de papa y tomate, *P. infestans* también ataca otras especies cultivadas del género *Solanum*, tales como el pepino dulce (*S. muricatum*) (Turkensteen, 1978), tamarillo o tomate de árbol (*S. betaceum*) (Oliva *et al.*, 2002) y naranjilla (*S. quitoense*) (Adler, *et al.*, 2004).

El éxito de un patógeno está determinado principalmente por su habilidad de diseminarse de un hospedante a otro (Bosmans, 2009). *P. infestans* tiene la capacidad de producir un gran número de esporas asexuales que son dispersadas por el viento o la lluvia. La diseminación del patógeno a través de estas esporas asexuales es especialmente eficiente en días húmedos (Porter y Johnson, 2004) cuando la temperatura no es tan alta (Mizubuti y Fry, 1998) y el sol no brilla tan intensamente (Mizubuti *et al.*, 2000). Bajo estas circunstancias, una sola infección puede destruir un cultivo de papa previamente sano, en unas pocas semanas (Fry, 2008). El ciclo asexual de *P. infestans* es corto y bajo condiciones favorables, de los 3 a 7 días después de una infección exitosa aparecen lesiones foliares esporulantes (Maltese *et al.*, 1995), lo cual resulta en una epidemia policíclica (Zwankhuizen *et al.*, 1998).

El patógeno ataca los frutos, hojas y tallos del tomate, en la papa ataca el follaje, los tubérculos y los tallos. En el follaje, tanto del tomate como de la papa, los síntomas inician como zonas acuosas en los bordes de los folíolos, las cuales adquieren un color verde grisáceo, como si se hubiera echado agua caliente. En el envés de las hojas, el patógeno desarrolla el micelio donde esporula profusamente, en forma de un “mildiú” delicado. La esporulación se concentra en el borde de la lesión y está constituida por los esporangióforos y esporangios del patógeno (Castaño-Zapata y del Río Mendoza, 1994).

En años recientes, el tizón tardío ha llegado a convertirse en una enfermedad re-emergente a nivel mundial, 150 años después de la gran hambruna de Irlanda (1840-1850). La enfermedad ha alcanzado proporciones epidémicas en muchos países del mundo debido al desarrollo de resistencia a los fungicidas del grupo de las fenilamidas (metalaxil) en poblaciones del patógeno y a la presencia de nuevos genotipos (Deahl *et al.*, 1991; Fry y Goodwin, 1997). Esta enfermedad es la causante del uso extensivo de fungicidas en el cultivo de papa y en muchas áreas del mundo la papa no puede ser cultivada sin la aplicación frecuente de fungicidas (Ristaino, 2002). Globalmente, los costos en fungicidas se han calculado en aproximadamente 1 billón de dólares por año (Forbes y Landeo, 2006).

Las estrategias de manejo del tizón tardío han cambiado considerablemente después de la migración de los aislamientos de *P. infestans* resistentes al metalaxil desde México hacia otras partes del mundo (Fry y Goodwin, 1997) y requieren de la utilización de medidas de control culturales y de la modificación de las anteriores prácticas de control químico (Kirk *et al.*, 2005). Las prácticas culturales pueden ser usadas para reducir las poblaciones del patógeno al reducir su sobrevivencia, dispersión y reproducción. Las medidas de control cultural incluyen: el uso de semilla sana, remoción de plantas voluntarias de papa, aporque con la adecuada cantidad de suelo, manejo de la nutrición de la planta, uso de cultivos intercalados y mezcla de variedades de papa (Garret y Dendy, 2001).

El uso excesivo de fungicidas en el cultivo de papa elevan los costos de producción y pueden causar contaminación ambiental, por lo tanto se requieren de medidas de control que sean económicamente y ambientalmente saludables (Kirk *et al.*, 2005). Se han desarrollado y aplicado varias estrategias para reducir la cantidad de aplicaciones de fungicidas para el control del tizón tardío. Algunas de estas estrategias se basan en la combinación de resistencia varietal, dosis y frecuencias reducidas de aplicaciones de fungicidas (Cadena-Hinojosa *et al.*, 2007; Kankwatsa *et al.*, 2003; Kirk *et al.*, 2005) y otras estrategias se basan en *sistemas de apoyo de decisión*, también conocidas como *sistemas de alarma de enfermedad*, los cuales toman en cuenta la información disponible acerca del cultivo, el patógeno, los fungicidas, y principalmente las condiciones climáticas (históricas y predichas) para determinar el momento de realizar las aplicaciones de fungicidas (Lozada García *et al.*, 2008).

Al igual en que muchos países, Nicaragua no tiene dentro de sus planes de producción de semillas, variedades tolerantes a *Phytophthora infestans*, lo cual es un problema para los productores por los altos costos que deben enfrentar para el control de la enfermedad y el porcentaje que dejan de recibir por los bajos rendimientos ocasionados por los ataques severos en condiciones climáticas propicias para el desarrollo de la enfermedad. Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados, se emprendió este trabajo de tesis, con los objetivos que se detallan a continuación.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Contribuir a la generación de información sobre la epidemiología y manejo del tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Montagne) De Bary] en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) utilizando variedades con diferentes niveles de resistencia y diferentes intervalos de aplicación de fungicidas protectantes.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el comportamiento de las variedades Cal White, Granola y Jacqueline Lee con respecto a la severidad del tizón tardío.
- Evaluar tres intervalos de aplicación del fungicida protectante clorotalonil sobre la severidad del tizón tardío de la papa.
- Determinar el rendimiento de las tres variedades de papa en estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área experimental

El trabajo experimental se realizó en la localidad La Tejera, municipio de San Nicolás, departamento de Estelí, localizado en las siguientes coordenadas geográficas 12°58'23" latitud norte y 86°24'21" longitud oeste a una altura de 1328 metros sobre el nivel del mar (msnm) con una precipitación entre 1200 y 1600 mm/año. La temperatura media anual oscila entre 12° y 15°C por la mañana y de 16° a 18° C por la tarde. El estudio de campo se realizó en el periodo comprendido entre julio y octubre del 2008.

3.2 Material experimental

Se evaluaron tres variedades de papa que fueron recientemente introducidas (2006) a Nicaragua por la Cooperativa de Paperos de Matagalpa (COOPAMAT): Cal White, Granola y Jacqueline Lee.

Jacqueline Lee es una variedad de papa de piel amarilla brillante para consumo fresco, tubérculos de forma oval muy atractivos y de excelente calidad de cocimiento. Esta variedad tiene altos niveles de resistencia al genotipo US-8 de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, tanto en invernadero como en condiciones de campo. Jacqueline Lee es una variedad con alto potencial de rendimiento y maduración media tardía. Produce un gran número de tubérculos (14-16 tubérculos/semillas) de tamaño mediano, de los cuales 65-85% son de tubérculos comercializables. Los tubérculos tienen resistencia a defectos internos y externos. También tiene resistencia a la sarna (*Streptomyces scabies* Thaxter) y dormancia larga (Douches *et al.*, 2001).

Granola es una variedad de origen alemán que presenta un promedio de rendimiento de 20-30 toneladas por hectárea y un ciclo de producción de 110 días. El tubérculo es ovalado-redondo (corto), los ojos son superficiales a medianamente profundos, la piel y la pulpa del

tubérculo es amarilla. La planta es mediana a alta, se ramifica y las flores son de color rojo púrpura. Se utiliza principalmente para consumo fresco. Es susceptible al tizón tardío (APEU, 2007).

Cal White es una variedad de madurez precoz (90-100 días), papa larga y ovalada, de piel blanca brillante, pulpa blanca y yemas superficiales o medianamente profundas. Tiene dormancia corta. Se usa para el consumo fresco y el proceso de deshidratación. Se puede servir en forma cocida, ensaladas y sopas. Es una variedad de alto rendimiento, presenta un reducido número de tubérculos de gran tamaño (3-6 tubérculos/planta). Es moderadamente resistente a pudrición de la semilla causada por *Fusarium*, pero susceptible a pudrición blanda y necrosis en red. Los tubérculos son muy susceptibles a la brotación por calor y su follaje es altamente susceptible al tizón tardío (VRIC, 2004).

3.2.1. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en tres frecuencias de aplicación del fungicida Clorotac 72 SC (clorotalonil): cada cuatro días (4D), cada siete días (7D) y cada catorce días (14D) y un testigo sin fungicida (SF). El fungicida fue aplicado con bomba de mochila de 20 litros de capacidad. La dosis recomendada de este fungicida en el cultivo de papa es de 0.88-1.22 litros por manzana (1.25-1.75 lt/ha) ó 0.5-0.75 litros de producto comercial diluido en 200 litros de agua. En este estudio se utilizaron 75 cc de producto comercial por bomba de 20 litros (54 gramos de ingrediente activo/bomba de 20 litros), es decir, se usó la dosis máxima recomendada teniendo en cuenta que el estudio se realizó durante la época de primera (estación lluviosa), la cual presenta condiciones favorables para el desarrollo de epidemias de tizón tardío. Las aplicaciones iniciaron al día siguiente que se evaluó que había un promedio de 50% de emergencia de las planta.

3.3 Procedimiento experimental

3.3.1. Diseño experimental

Los tratamientos fueron distribuidos en el campo en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro tratamientos (SF, 4D, 7D y 14D) y cuatro repeticiones para un total de 16 parcelas experimentales por cada variedad evaluada. La parcela experimental consistió de cuatro surcos espaciados a 1 metro de distancia y 30 cm entre plantas. El largo de los surcos fue de 4.5 metros. Cada surco tuvo 15 plantas, totalizando 60 plantas de papas por cada parcela de cada variedad. Cada parcela experimental tuvo una dimensión de 18 m², en bloques de 72 m². Cada variedad ocupó un área de 288 m². Las unidades experimentales (parcelas) estaban distanciadas a un metro, los bloques tenían una distancia de dos metros entre sí, mientras que las variedades tenían una separación de tres metros. El área total del experimento fue de 864 m² (Anexo 5).

3.3.2. Manejo experimental

El cultivo se estableció el 30 de Julio del 2008, la preparación del terreno consistió en un pase de arado, tres pases de grada y posteriormente la aplicación del insecticida Counter 10 G (terbufos) para el control de las principales plagas de suelo tales como gallina ciega (*Phyllophaga* sp) y gusano alambre (*Aeolus* sp). Las primeras aplicaciones del fungicida clorotalonil iniciaron tan pronto como emergió el 50% de las plantas.

Al momento de la siembra se aplicó el fertilizante 18-46-0 (N-P-K), se realizó un aporque a los 45 días después de la siembra (dds) y otro aporque a los 73 dds; asimismo, se aplicó el fertilizante foliar calex cada 15 días hasta el inicio de la tuberización. La segunda fertilización fue a los 60 dds con urea al 46%. El control de malezas se realizó con el herbicida Sencor (metribuzin) en dosis de 700 g de i.a.ha⁻¹. Las plagas insectiles del follaje tales como pulguitas (*Epitrix* sp) y crisomélidos (*Diabrotica* sp) fueron oportunamente controladas con Regent 200 SC (fipronil), mientras que la mosca minadora (*Liriomyza* sp)

fue manejada con Newmectin 1.8 EC (Abamectina). Los insecticidas fueron aplicados usando dosis recomendadas en las etiquetas de los productos. El manejo de estas plagas insectiles se hizo necesario para evitar que dañaran el follaje y esto pudiera interferir con el registro de severidad de la enfermedad.

IV. VARIABLES EVALUADAS Y ANALISIS ESTADISTICO

Se evaluaron 12 epidemias de tizón tardío, causadas por el oomiceto *P. infestans*. Estas epidemias resultaron de la combinación de tres variedades de papa (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) y cuatro tratamientos (SF, 4D, 7D y 14D). Las variables evaluadas fueron:

4.1 Severidad

Se evaluó la severidad de la enfermedad una vez que emergió aproximadamente el 50% de las plantas, tomando como muestra 20 plantas por cada parcela experimental. Las evaluaciones se realizaron utilizando la escala descrita por el Centro Internacional de la Papa (CIP) (Anexo 6).

4.2 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad

Con los registros de severidad se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE). El ABCPE se calcula usualmente con la ecuación (Campbell y Madden, 1990):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

donde,

ABCPE es el área bajo la curva de progreso de la enfermedad; y_i es la proporción de tejido afectado (severidad), t es el tiempo (días, usualmente después de la siembra o emergencia) y n es el número de evaluaciones.

El ABCPE es un descriptor de epidemias de tizón tardío que ha demostrado ser una medida confiable para estimar el efecto de fungicidas, resistencia del hospedante (Fry, 1978) o aptitud del patógeno (Spielman *et al.*, 1992) en la epidemias de tizón tardío. Este descriptor toma en cuenta el tiempo de inicio de la enfermedad, la tasa de incremento de la enfermedad y la severidad final. Las unidades del ABCPE son porcentaje-días (si la

severidad es expresada en porcentaje y el tiempo en días) o proporción-días (si la severidad es expresada en proporción) (Campbell y Madden, 1990). Cuanto más alto es el valor del ABCPE, más severa es la epidemia.

4.3 Tasa de infección aparente (r)

Las epidemias de tizón tardío también fueron analizadas usando la tasa de infección aparente (r) (Bruhn y Fry, 1981; Fry, 1978). Este es un parámetro de muchos modelos que son usados para estudiar el progreso de enfermedades en una población de plantas en el tiempo (Campbell y Madden, 1990). La tasa de infección aparente (r) representa la pendiente de la curva de progreso de la enfermedad (tizón tardío), asumiendo que esta curva puede ser aproximada mediante una función logística. La r se calculó basándose en el modelo logístico linealizado (Vanderplank, 1963; Campbell y Madden, 1990), utilizando la siguiente ecuación:

$$r = (1/(t_2 - t_1)) \log_e [x_2(1-x_1)/x_1(1-x_2)]$$

donde,

t_1 y t_2 son la fechas en las cuales se realizó la evaluación de la enfermedad; x_1 y x_2 son los porcentajes de enfermedad (Vanderplank, 1963).

El modelo logístico se usa generalmente para enfermedades policíclicas (aquellas enfermedades con muchos ciclos de infección durante una temporada de cultivo) con curvas de progreso de la enfermedad sigmoideas (con forma de S), como por ejemplo el tizón tardío. En este modelo, la tasa de incremento de la enfermedad es la pendiente de la transformación logística de la severidad en el tiempo. A la transformación logística se le llama *logit* y se describe con la ecuación $\text{logit} = \ln [x/(100-x)]$ donde, \ln = logaritmo natural y x = la severidad de la enfermedad (porcentaje). A la tasa de incremento de la enfermedad del modelo logístico se le llama *tasa de infección aparente* (r), porque lo que está siendo

evaluado es el tejido *aparentemente* enfermo, ya que también hay tejido infectado que todavía no presenta síntomas (asintomático) de la enfermedad. Los valores obtenidos de r representan una medida de la velocidad de incremento de la enfermedad en el tiempo (cuanto más alto es el valor de r , más rápido es el incremento de la enfermedad). La r está determinada por la agresividad del patógeno, la susceptibilidad de la planta y las condiciones ambientales (Campbell y Madden, 1990).

4.4 Rendimiento en 18 m² y rendimiento por hectárea

Para la evaluación del rendimiento se tomaron 6 plantas (10% del total de plantas en la parcela) por parcela experimental de 18 m². Se midió el peso de los tubérculos por cada planta y luego se promedió para obtener el peso promedio (en kg) de tubérculos por planta. El peso promedio de tubérculos por planta se multiplicó por el número total de plantas (60 plantas) para obtener el rendimiento promedio por unidad experimental de 18 m² (Tantowijoyo y van de Fliert, 2006). De esta manera se calculó el rendimiento por variedad y por tratamiento.

En base al rendimiento promedio obtenido en 18 m² (parcela experimental), se calculó el rendimiento promedio por hectárea (10,000 m²) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento ton/ha} = [(10,000 \times \text{rendimiento promedio}) / (18 \text{ m}^2) / 1,000]$$

donde,

10,000 = dimensión de una hectárea

Rendimiento promedio = rendimiento obtenido en cada una de las parcelas experimentales.

18 m² = dimensión de las parcelas experimentales.

1,000 = factor de conversión de kilogramos a toneladas.

4.5 Variables climatológicas

Se tomaron registros de temperatura, humedad relativa y precipitación durante el período de estudio. La temperatura y la humedad relativa se midieron con sensores HOBO Pro v2 temp/RH (Onset Computer Corporation), colocados a 1.8 m del suelo y protegidos por un abrigo meteorológico. La precipitación se midió con un pluviómetro RG3-M (Onset Computer Corporation) provisto de un sensor interior para registrar eventos de precipitación de cada 0.2 mm. El pluviómetro fue colocado en una plataforma de madera a 1.2 m de distancia del suelo. Tanto los sensores de temperatura y humedad relativa como el pluviómetro fueron calibrados para registrar datos de clima cada 15 minutos. Los registros de clima fueron obtenidos de los sensores semanalmente. Los datos de clima fueron promediados para obtener registros totales por semana de evaluación.

4.6 Análisis estadístico

Las epidemias de tizón tardío fueron analizadas utilizando la severidad, el ABCPE y la r , las cuales fueron inicialmente calculadas en hojas de cálculo de EXCEL. En el caso de la r , la pendiente de la curva de progreso de la enfermedad se estimó al calcular la regresión de logit = $\ln(x/(100-x))$, tomando solamente los porcentajes de enfermedad que oscilaron entre 1 y 99% (Fry, 1977), ya que la transformación logística no está definida a valores de $x=0\%$ y $x=100\%$. Por lo tanto, los valores de x incluidos para la estimación tenían que ser mayores que 0% y menores de 100%. Las epidemias se truncaron (cortaron) al encontrar valores de x igual a 100% y éste valor fue reemplazado por un valor mayor que el precedente, pero inferior a 100%. Posteriormente se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) para detectar diferencias en las variables evaluadas. Una vez que se detectaron diferencias significativas, las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Para los análisis se utilizaron dos programas estadísticos: SAS 9.1 y MINITAB 15. El análisis estadístico del rendimiento siguió el mismo procedimiento usado en las variables epidemiológicas y se usaron los mismos programas estadísticos.

V. RESULTADOS

El total de aplicaciones de clorotalonil en los diferentes tratamientos fue el siguiente: en las parcelas 4D, 7D y 14D se realizaron 17, 9 y 5 aplicaciones respectivamente durante todo el período de estudio (Anexos 2, 3 y 4).

Las epidemias de tizón tardío iniciaron primeramente en las parcelas que no recibieron aplicación del fungicida protectante clorotalonil (SF), en la variedades susceptibles Cal White y Granola a los 8 días después de la emergencia (dde). En la variedad resistente Jacqueline Lee, las epidemias iniciaron a los 36 dde en las parcelas sin fungicida (SF), es decir, las epidemias iniciaron con un retraso de 28 días en la variedad resistente con respecto a las variedades susceptibles.

En las parcelas con aplicaciones de fungicidas, el inicio de las epidemias fue similar o igual para los tres intervalos de aplicación (4D, 7D y 14D) en el caso de las variedades susceptibles (Cal White y Granola) y se observó siempre un retraso en el inicio de la enfermedad en comparación con las parcelas sin fungicida (SF).

En las parcelas donde se sembró la variedad resistente Jacqueline Lee, el inicio de las epidemias se retrasó en comparación con las variedades susceptibles y tuvo un comportamiento similar tanto en las parcelas sin fungicida (SF) como en las parcelas tratadas. Por lo tanto, estos resultados sugieren que esta variedad (Jacqueline Lee) podría cultivarse sin la aplicación de fungicidas para controlar el tizón tardío (Cuadro 1).

Cuadro 1. Inicio de las epidemias de tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] en tres variedades de papa y tres intervalos de aplicación del fungicida protectante clorotalonil en la localidad La Tejera, San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.

Variedad	Tratamientos			
	SF	4D	7D	14D
Cal White	8 ¹	22	22	15
Granola	8	29	22	15
Jacqueline Lee	36	43	36	43

¹ Días después de la emergencia

5.1 Severidad

La severidad de tizón tardío fue evaluada durante nueve semanas en las tres variedades de papa que se incluyeron en el estudio. Las evaluaciones finalizaron a los 57 días después de la emergencia (dde).

En la variedad susceptible Cal White, los valores finales de severidad fueron los siguientes: en las parcelas sin fungicidas (SF) 99.8, en las parcelas con intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil de 4, 7 y 14 días (4D, 7D y 14D) estos valores fueron 56.6, 72.3 y 87.7 respectivamente (Figura 1).

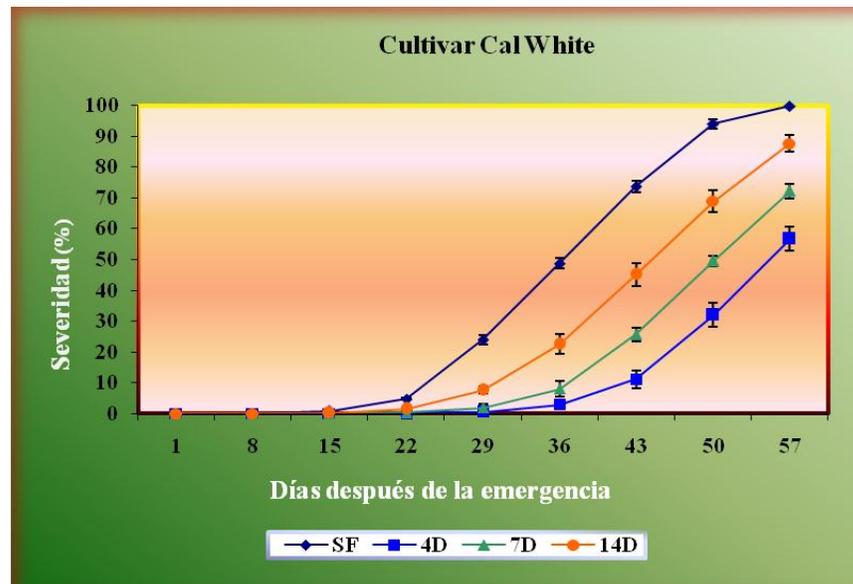


Figura 1. Severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en la variedad de papa Cal White en parcelas sin fungicida (SF) y con intervalos de aplicación de fungicida de 4, 7 y 14 días (4D, 7D y 14D). La Tejera, San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre 2008.

En la variedad susceptible Granola los valores promedio finales de severidad fueron los siguientes: en las parcelas sin fungicidas (SF) 99.6, en las parcelas con intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil de 4, 7 y 14 días, los valores de severidad fueron: 49.4, 65.9 y 86.3 respectivamente (Figura 2).

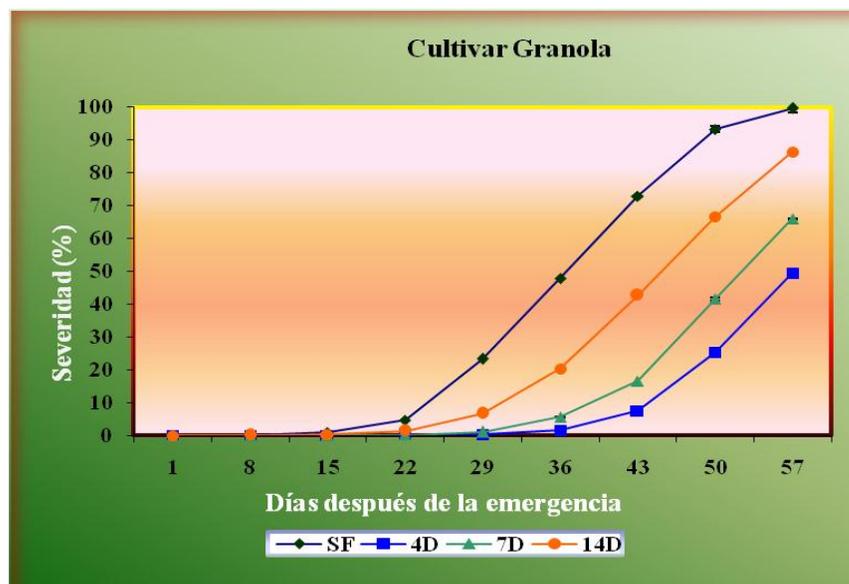


Figura 2. Severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en la variedad de papa Granola en parcelas sin fungicida (SF) y con intervalos de aplicación de fungicida de 4, 7 y 14 días (4D, 7D y 14D). La Tejera, San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre 2008.

Cabe destacar que los valores finales de severidad en las dos variedades susceptibles (Cal White y Granola) fueron similares tanto para las parcelas sin fungicida (SF), como para las parcelas que fueron tratadas a diferentes intervalos (4D, 7D y 14D). En estas dos variedades, en las parcelas sin fungicida (SF), las curvas de progreso de la enfermedad comenzaron a adoptar una forma sigmoide (forma de S) a los 57 dde. Una situación similar, pero menos pronunciada, fue observada en las parcelas con intervalos de aplicación de 14 días (14D) (Figuras 1 y 2).

En la variedad Jacqueline Lee se observó una gran variabilidad en el tratamiento SF a partir del día 50 hasta los 57 dde. Esto probablemente fue debido a la intensificación de las lluvias en ese período. Aún cuando se observó un incremento brusco en la severidad en el tratamiento SF durante ese período de evaluación, los valores promedios de severidad obtenidos fueron bajos. En el tratamiento SF la severidad alcanzó un 3.4%, seguido del tratamiento 14D con 2.5%. En los dos tratamientos restantes los valores promedios de severidad fueron insignificantes: 0.5 para las parcelas 4D y 1.5 para las parcelas 7D. En

base a estos resultados obtenidos, se puede afirmar categóricamente que la variedad Jacqueline Lee presenta elevados niveles de resistencia a las poblaciones locales de *P. infestans* (Figura 3).

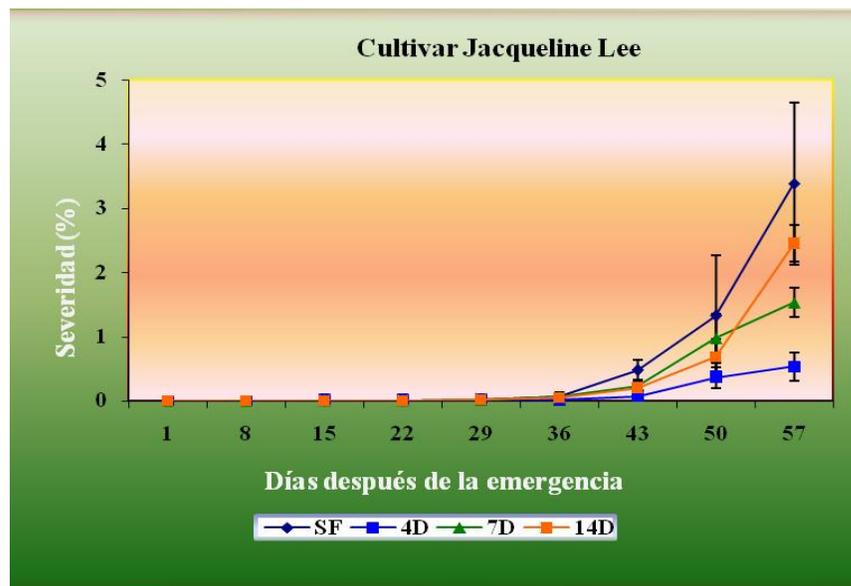


Figura 3. Severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en la variedad de papa Jacqueline Lee en parcelas sin fungicida (SF) y con intervalos de aplicación de fungicida de 4, 7 y 14 días (4D, 7D y 14D). La Tejera, San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre 2008.

5.2 Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

En el análisis de varianza (ANDEVA) se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) entre las variedades evaluadas con respecto a la variable epidemiológica área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE). La variedad con los mayores valores promedios de ABCPE fue Cal White (1195.03), seguida de la variedad Granola (1107.5). Estas dos variedades fueron consideradas susceptibles en base a los valores promedios de ABCPE obtenidos. En la variedad Jacqueline Lee el valor promedio del ABCPE fue de 15.5, por lo tanto esta variedad demostró que es resistente a las poblaciones locales de *P. infestans* (Figura 4 y Anexo 7).

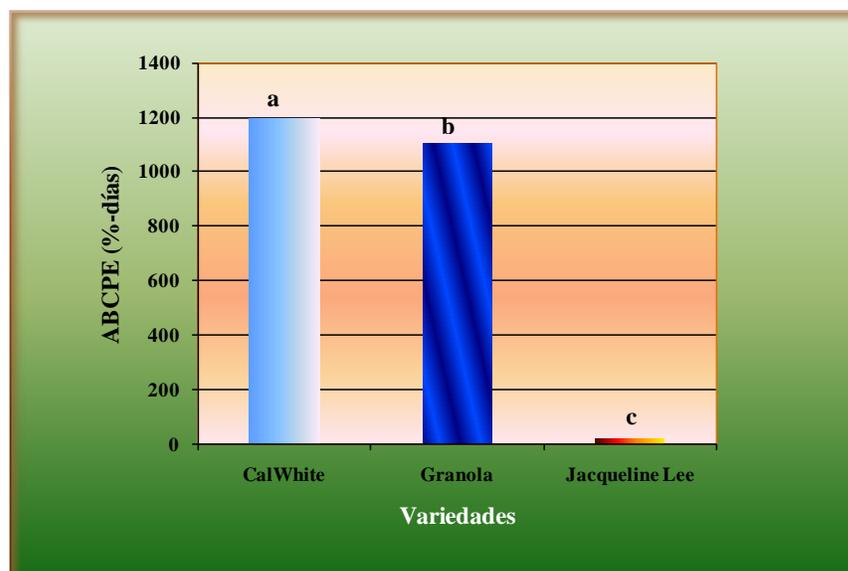


Figura 4. Valores promedios de ABCPE obtenidos durante nueve semanas de evaluación de la severidad del tizón tardío en tres variedades de papa en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.

Entre los tratamientos también se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) con relación al ABCPE. El valor promedio de ABCPE más alto fue obtenido en las parcelas sin fungicida (SF) 1382.92, mientras que en las parcelas tratadas a diferentes intervalos con el fungicida clorotalonil, los valores de ABCPE se distribuyeron de la siguiente manera: en parcelas tratadas cada 4 días (4D) 315.01, cada 7 días (7D) 522.83 y por último cada 14 días 869.93 (Figura 5 y Anexo 7).

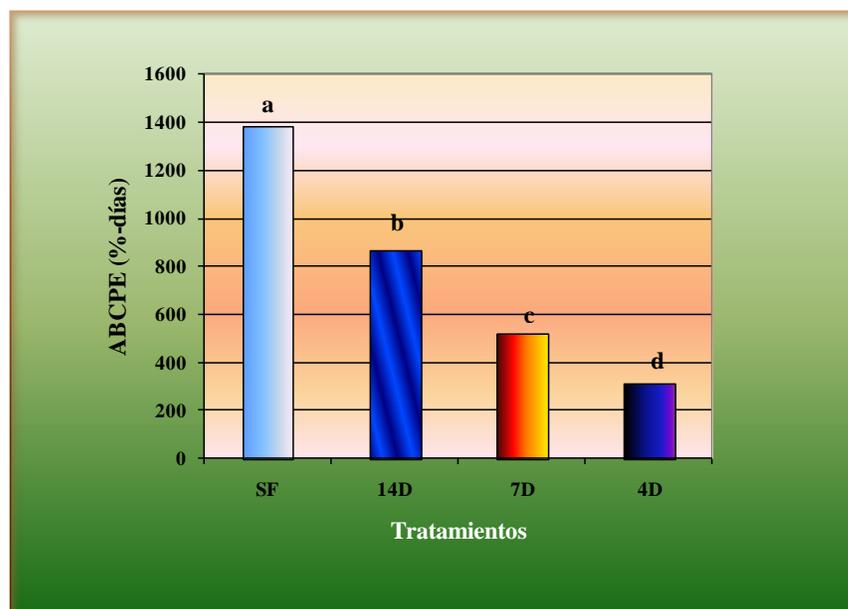


Figura 5. Valores promedios de ABCPE obtenidos durante nueve semanas de evaluación de la severidad del tizón tardío bajo un régimen de aplicación del fungicida clorotalonil de cada 4 días (4D), cada 7 días (7D) y cada 14 días (14D) en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. En el estudio también se incluyó un testigo sin fungicida (SF). Julio-October, 2008.

Al igual que en los efectos principales, en la interacción (variedad*tratamiento) también se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) para la variable ABCPE. Los valores promedios de ABCPE más altos correspondieron a las variedades Cal White y Granola en las parcelas sin fungicida (SF) 2073.58 y 2047.88 respectivamente. El valor promedio de ABCPE más bajo (5) se observó en las parcelas tratadas cada 4 días (4D). En general, los valores promedios de ABCPE más altos fueron encontrados en las parcelas sin fungicida y en las variedades susceptibles (Cal White y Granola) (Figura 6 y Anexo 7).

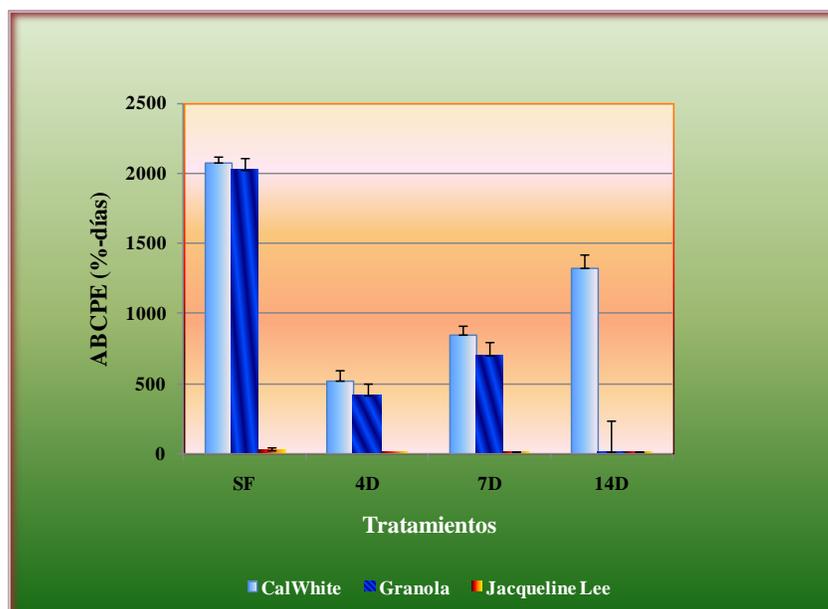


Figura 6. Valores promedios de ABCPE obtenidos durante nueve semanas de evaluación de la severidad del tizón tardío en tres variedades de papa (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) bajo un régimen de aplicación del fungicida clorotalonil de cada 4 días (4D), cada 7 días (7D) y cada 14 días (14D) en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. En el estudio también se incluyó un testigo sin fungicida (SF). Julio-Octubre, 2008.

5.3 Tasa de infección aparente (r)

En el análisis de varianza (ANDEVA) de la tasa de infección aparente (r) se observó diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre las variedades evaluadas (Anexo 7). La tasa de infección aparente más baja se obtuvo en la variedad resistente Jacqueline Lee, mientras que en las variedades susceptibles (Cal White y Granola) la r fue igual para ambas. Esto indica que en la variedad Jacqueline Lee el progreso de la enfermedad fue más lento, ya que ésta es una variedad resistente. Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas ($p = 0.1829$) entre los tratamientos evaluados, indicando que el fungicida no tuvo efecto sobre el progreso de la enfermedad.

En la interacción (variedad*tratamiento) no se encontraron diferencias significativas ($p=0.5681$) (Anexo 7). La tasa de infección aparente (r) más baja ($r = 0.19$) fue encontrada en la interacción entre la variedad Jacqueline Lee y todos los tratamientos, exceptuando el tratamiento 7D, donde se obtuvo una $r = 0.20$. Por lo tanto, en estas parcelas el progreso de la enfermedad fue más lento. La tasa de infección aparente (r) más alta ($r = 0.25$) se observó en la interacción entre la variedad Granola y el tratamiento sin fungicidas (SF). En estas parcelas la enfermedad progresó más rápidamente. Las demás interacciones tuvieron valores intermedios a los ya señalados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto interactivo de la variedad y tratamientos sobre la tasa de infección aparente (r) del tizón tardío (*P. infestans*) en experimento de campo realizado en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.

Tratamientos	Variedades		
	Cal White	Granola	Jacqueline Lee
SF	0.24	0.25	0.19
4D	0.23	0.23	0.19
7D	0.23	0.23	0.20
14D	0.22	0.22	0.19

$$DMS^1 = 0.02886$$

$$\alpha = 0.05$$

¹DMS = diferencia mínima significativa (LSD Fisher).

El efecto aditivo y/o interactivo de los intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil y las variedades fue representado también gráficamente mediante las líneas de tendencia. En la Figura 7 se observa muy claramente que el efecto de los factores estudiados fue aditivo o independiente, ya que las líneas de tendencia son paralelas. Las variedades susceptibles tuvieron un comportamiento similar en respuesta a los diferentes intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil. Por otro lado, se observa una clara diferenciación de la variedad resistente Jacqueline Lee con respecto a las otras dos variedades. Esto nos indica, que

cuanto más resistente es la variedad, el progreso de la enfermedad es más lento y viceversa, en variedades susceptibles, la enfermedad progresa más rápidamente (Figura 7).

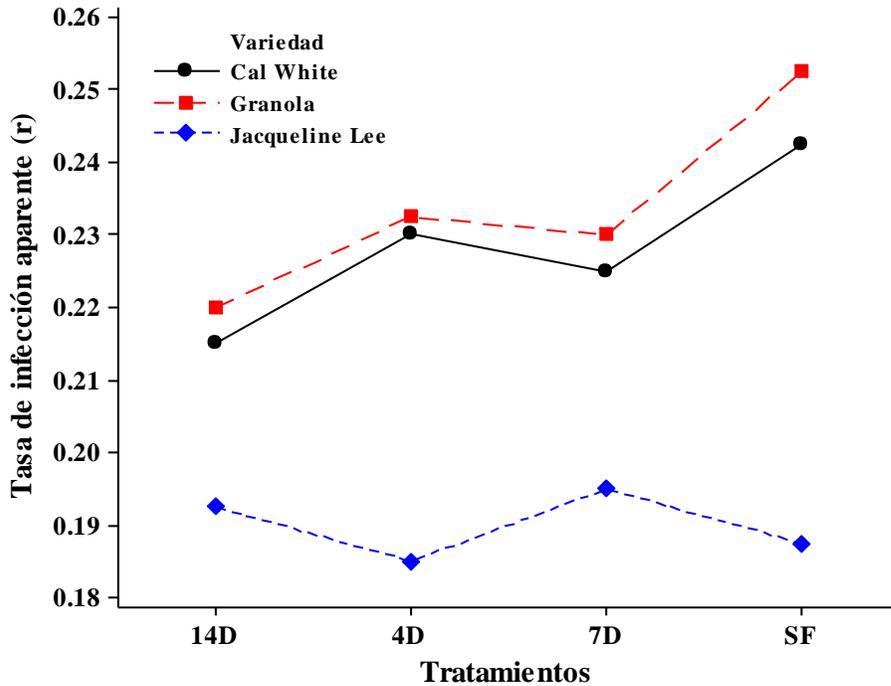


Figura 7. Tasa de infección aparente (r) de tizón tardío (*P. infestans*) obtenida al estudiar la interacción entre tres variedades de papa (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) y tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. En el estudio también se incluyó un testigo sin fungicida (SF). Julio-October, 2008.

Sin duda, las variables climáticas (temperatura, humedad relativa y precipitación) jugaron un papel importante en los valores finales de severidad y ABCPE. En las tres primeras semanas del estudio, las lluvias se intensificaron y se pudo observar el primer pico en la tercera semana (Figura 8). Simultáneamente, la epidemia de tizón tardío comenzó a incrementarse en dependencia del tratamiento y la variedad. En las variedades susceptibles sin aplicación de fungicida ese incremento fue más notorio en comparación con las parcelas que si fueron tratadas con fungicida. En la variedad resistente Jacqueline no se observó incremento de la enfermedad en respuesta a las variables climáticas incluso en las parcelas no tratadas durante estas tres primeras semanas (Figuras 1, 2 y 3).

A partir de la tercera semana se observó una disminución de las lluvias, la humedad relativa y aumento de la temperatura hasta la quinta semana donde se registró el nivel más bajo de precipitaciones durante el período de estudio (Figura 8). Sin embargo, durante este período las epidemias no cesaron y al contrario continuaron su ritmo de incremento en las variedades susceptibles independientemente del tratamiento (Figuras 1 y 2). De la quinta semana en adelante, las lluvias se intensificaron, la temperatura se mantuvo más o menos constante (18-19°C) y la humedad relativa se mantuvo alta (94-95%) (Figura 8).

Estas condiciones fueron favorables para el desarrollo del patógeno y por lo tanto las epidemias incrementaron su severidad y velocidad de avance principalmente en las parcelas con variedades susceptibles y que no fueron tratadas con el fungicida. No obstante, este incremento en severidad y velocidad de avance de la enfermedad no fue observado únicamente en las parcelas sin fungicida, sino también en las parcelas que fueron tratadas con 14 días de intervalo (Figuras 1 y 2).

Hacia la novena y última semana de evaluación se pudo observar claramente que las curvas de progreso de la enfermedad de las variedades susceptibles, tanto en las parcelas sin fungicidas, como en las parcelas tratadas cada 14 días, adquirieron la típica forma sigmoide (forma de S) de las enfermedades policíclicas (Figuras 1 y 2). Un leve incremento de enfermedad fue observado también en las parcelas sin fungicida de la variedad Jacqueline Lee desde la séptima hasta la novena semana de evaluación. Este aumento de enfermedad en la variedad Jacqueline Lee durante ese período, aunque fue brusco en comparación con las semanas anteriores, fue insignificante si se compara con el aumento de enfermedad en las variedades susceptibles durante ese mismo período (Figura 3). En este caso, las variables climáticas si tuvieron incidencia en el aumento de enfermedad en la variedad resistente.

El aumento de enfermedad, en general, fue producto de las condiciones climáticas favorables al patógeno, que se presentaron desde la quinta hasta la novena semana de evaluación (Figura 8).

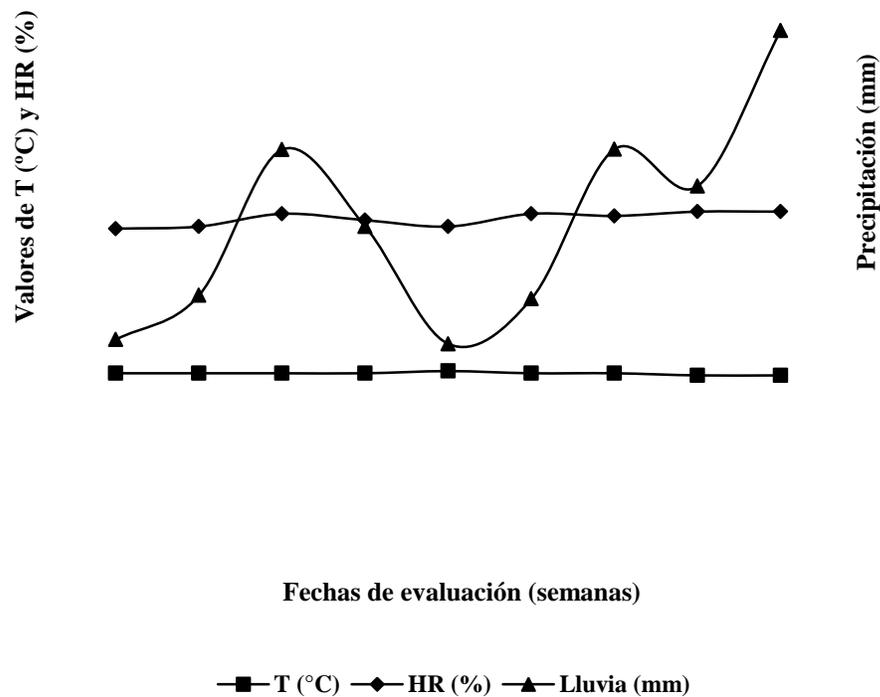


Figura 8. Comportamiento de variables climáticas (temperatura, humedad relativa y precipitación) durante nueve semanas de evaluación epidemiológica del tizón tardío de la papa [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.

5.4 Rendimiento

En el rendimiento calculado en parcelas de 18 m², no se encontraron diferencias significativas, entre variedades ($p=0.4843$), entre tratamientos ($p=0.8414$) y en la interacción de ambos efectos principales (variedad*tratamiento) ($p=0.6586$). Sin embargo, en la variedad Cal White se obtuvo el rendimiento más alto (kg/parcela de 18 m²) y el rendimiento más bajo fue obtenido en la variedad Granola. Entre los tratamientos, el tratamiento con el mayor rendimiento fue el 4D y el menor rendimiento fue obtenido en las parcelas con intervalos de aplicación de siete días (Cuadro 3 y Anexo 8). Igual situación

fue observada cuando se analizó el rendimiento proyectado a obtener por hectárea (ton/ha). No se detectaron diferencias significativas entre variedades ($p=0.4866$), entre tratamientos ($p=0.8434$) y en la interacción variedad*tratamientos ($p=0.6623$) (Cuadro 4 y Anexo 8).

Es importante mencionar que durante el proceso de evaluación del rendimiento obtenido de cada variedad, se observó una alta incidencia de pudrición blanda ocasionada por *Pectobacterium carotovorum* (=Erwinia carotovora). Esta incidencia de pudrición blanda fue observada en tubérculos de las tres variedades en estudio, pero solo fue registrada visualmente y no se realizó un análisis cuantitativo del daño ocasionado por esta bacteria.

Cuadro 3. Rendimiento obtenido de tres variedades de papa en parcelas de 18 m² con tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil y un testigo, en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.

Tratamientos	Rendimiento (kg/18 m ²)	Variedades	Rendimiento (kg/18 m ²)
SF	33.12 a ¹	Cal White	37.19 a
4D	37.75 a	Granola	30.77 a
7D	32.92 a	Jacqueline Lee	34.96 a
14D	33.44 a		

¹Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

El mayor rendimiento (ton/ha) fue obtenido en la variedad Cal White y el tratamiento con intervalo de aplicación de cuatro días (4D). El menor rendimiento fue observado en las parcelas con la variedad Granola y el intervalo de aplicación de siete días (7D) (Cuadro 5 y Anexo 8).

Los resultados del rendimiento obtenido en la interacción variedad*tratamientos tanto en parcelas de 18 m² como el rendimiento proyectado por hectárea puede ser consultado en el Anexo 8.

Cuadro 4. Rendimiento proyectado por hectárea de tres variedades de papa con tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil y un testigo en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.

Tratamientos	Rendimiento (ton/ha)	Variedades	Rendimiento (ton/ha)
SF	18.41 a ¹	Cal White	20.67 a
4D	20.97 a	Granola	17.11 a
7D	18.29 a	Jacqueline Lee	19.41 a
14D	18.58 a		

¹Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

VI. DISCUSION

Esta es la primera vez, en Nicaragua, que en el patosistema *Phytophthora infestans-Solanum tuberosum* se estudia y analiza el efecto de la combinación de fungicidas protectantes y variedades de papa con diferentes niveles de resistencia a tizón tardío durante un ciclo vegetativo del cultivo en la época más favorable para el desarrollo de la enfermedad (estación lluviosa).

En este estudio epidemiológico se evaluaron tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil y tres variedades de papa con dos diferentes niveles de resistencia al tizón tardío (*P. infestans*). Las variedades Cal White y Granola demostraron que son susceptibles a la enfermedad, mientras que la variedad Jacqueline Lee presentó elevados niveles de resistencia las poblaciones locales del patógeno. Las doce epidemias analizadas en este estudio iniciaron con varios días de diferencia, en dependencia del nivel de resistencia de la variedad y del intervalo de aplicación del fungicida protectante clorotalonil. Las epidemias iniciaron tempranamente en las variedades susceptibles en las parcelas donde no se aplicó fungicida como era de esperarse y experimentaron un retraso que osciló entre 7 y 21 días en los demás tratamientos en dependencia del intervalo de aplicación. En la variedad resistente Jacqueline Lee, el inicio de las epidemias tuvo un retraso de 26 hasta 35 días en todos los tratamientos con respecto a las variedades susceptibles (Cuadro 1).

La severidad de la enfermedad alcanzó casi el 100% en las variedades susceptibles en las parcelas donde no se aplicó el fungicida clorotalonil, pero el porcentaje de severidad en las parcelas tratadas disminuyó conforme el intervalo de aplicación se fue acortando. Aún cuando el fungicida no pudo detener el avance de la enfermedad, los valores más bajos de severidad en las variedades susceptibles fueron observados en las parcelas con intervalos de aplicación de cuatro días (4D).

En la variedad Jacqueline Lee los porcentajes de severidad fueron bajos, incluso en las parcelas que no fueron tratadas con el fungicida clorotalonil, lo cual demuestra que esta variedad es resistente a *P. infestans* y bien pudiera cultivarse sin la aplicación de fungicidas

que afectan a este patógeno. Sin embargo, se observó que esta variedad presenta susceptibilidad al tizón temprano (*Alternaria solani* Sorauer), lo cual debe tomarse en cuenta si la variedad Jacqueline Lee se incorpora como material resistente en un programa de manejo integrado de tizón tardío. En este caso, los fungicidas a utilizar estarían destinados a controlar el tizón temprano.

Tanto el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), como la tasa de infección aparente (r), revelaron la susceptibilidad de las variedades Cal White y Granola, y la resistencia de la variedad Jacqueline Lee a infecciones de *P. infestans*. Los valores promedios más altos de ABCPE fueron encontrados principalmente en las parcelas con variedades susceptibles que no fueron tratadas con el fungicida clorotalonil y en las parcelas donde el fungicida fue aplicado cada 14 días. Ninguno de los tratamientos donde se incluyó el fungicida detuvo el avance de la enfermedad, ya que el clorotalonil solamente tiene efecto preventivo y no curativo (sistémico).

En las enfermedades policíclicas, como es el caso del tizón tardío, lo más eficiente desde el punto de vista de control, es la reducción de la tasa de desarrollo de la enfermedad o tasa de infección aparente (r). Tanto las variedades con resistencia horizontal (poligénica) como las aplicaciones periódicas de fungicidas preventivos reducen la tasa de infección aparente y el efecto de estos dos factores puede ser combinado (Fry, 1977). En este estudio, la variedad Jacqueline Lee, redujo la tasa de infección aparente, ya que es una variedad con resistencia a *P. infestans*, pero no se conoce con exactitud qué tipo de resistencia tiene (vertical u horizontal). Además, esta variedad demostró que incluso puede ser cultivada sin aplicación de fungicidas que afectan al agente causal del tizón tardío (*P. infestans*), porque los niveles de severidad, ABCPE y r fueron bajos e insignificantes en comparación con las variedades susceptibles (Cal White y Granola) que se incluyeron en el estudio. Sin embargo, se debe tener mucha cautela con la variedad Jacqueline Lee, porque al no conocerse su origen de resistencia, sería muy arriesgado depender exclusivamente de ella como única fuente de resistencia a *P. infestans*. Por el contrario, sería recomendable mantener un monitoreo constante de esta variedad para detectar oportunamente cambios en la virulencia y

agresividad del patógeno, que pudieran conducir a la pérdida de resistencia en esta variedad.

En un estudio de validación del potencial productivo de las variedades de papa Cal White, Granola y Jacqueline Lee en tres localidades de Matagalpa y Jinotega, Picado Vanegas (2007), obtuvo rendimientos de 701 quintales por manzana (45.25 ton/ha) en la variedad Jacqueline Lee, 576 quintales por manzana (37.17 ton/ha) en la variedad Granola y 519 quintales por manzana (33.5 ton/ha) en la variedad Cal White. En el estudio epidemiológico llevado cabo de Julio a Octubre 2008 en la localidad “La Tejera” los rendimientos de las tres variedades evaluadas (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) fueron bajos (Cuadros 4 y 5) si se comparan con los rendimientos obtenidos por Picado Vanegas (2007). Es importante señalar, que en el estudio de validación de Picado Vanegas (2007) se utilizaron fungicidas preventivos y curativos (sistémicos), lo que hace suponer (aunque no está escrito en el informe publicado) que los niveles de severidad, ABCPE y r fueron más bajos que los obtenidos en este estudio epidemiológico, porque en la localidad “La Tejera”, solamente se hizo uso del fungicida preventivo clorotalonil. Por lo tanto, en el estudio de validación de Picado Vanegas (2007) los rendimientos fueron más altos, ya que no hubo interferencia de la enfermedad para que las variedades desplegaran todo su potencial genético.

Otro aspecto no menos importante a considerar es el hecho de que este estudio se realizó en una época donde las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa y precipitaciones) fueron muy propicias para el desarrollo del tizón tardío, lo cual al final tuvo su efecto negativo sobre el rendimiento (Figura 8). Por otro lado, Picado Vanegas (2007) llevó a cabo la validación durante una época que no es muy favorable para el desarrollo de epidemias de tizón tardío (Diciembre 2006-Abril 2007). Otro obstáculo a tener en cuenta para que se obtuvieran bajos rendimientos en las variedades evaluadas en este estudio fue la incidencia de pudrición blanda causada por *Pectobacterium carotovorum* (= *Erwinia carotovora*), ya que se perdieron muchos tubérculos por esta causa durante la evaluación del rendimiento. Esta interferencia de naturaleza biológica fue lo que probablemente provocó que no se encontraran diferencias significativas en cuanto a

rendimiento entre la variedad resistente (Jacqueline Lee) y las variedades susceptibles (Cal White y Granola), aun cuando no se cuantificó el grado de interferencia (porcentaje de tubérculos podridos).

Los resultados de este estudio constituyen una contribución muy importante para el desarrollo de futuras estrategias encaminadas, no a la erradicación total del tizón tardío de los campos de papa y/o tomate de Nicaragua, pero si para lograr mitigar su efecto devastador sobre tan importantes cultivos tanto desde el punto de vista nutritivo como económico.

Se requiere del desarrollo de tácticas manejo que sean confiables, benignas desde el punto de vista de la protección del medio ambiente y factibles desde el punto de vista económico para enfrentar las epidemias de tizón tardío, especialmente, en las épocas de cultivo que son más favorables para el desarrollo de la enfermedad. A este respecto, Fry (2008) considera que actualmente, el enfoque más confiable es el manejo integrado de la enfermedad, el cual debe incluir medidas como el uso de semilla limpia, la eliminación de fuentes de inóculo primario (tubérculos desechados infectados, plantas de papa voluntarias, malezas hospederas del patógeno) el uso de variedades de papa resistentes y la aplicación oportuna de fungicidas, la cual se debe basar en el constante monitoreo del cultivo y de las condiciones ambientales prevalentes durante la época del cultivo.

El uso de variedades resistentes se considera de gran ayuda en el control del tizón tardío, ya que se reduce el número y la frecuencia de aplicaciones de fungicidas, lo cual conlleva a bajar los costos de producción y conduce a la obtención de mayores ganancias para los productores. Además, con el uso de variedades resistentes, al reducirse el número y la frecuencia de aplicaciones de fungicidas, también se reduce el daño directo al hombre y al medio ambiente.

VII. CONCLUSIONES

1. Las variedades Cal White y Granola son susceptibles al tizón tardío (*P. infestans*) en la época de primera (estación lluviosa) ya que sus valores de severidad, ABCPE y r fueron altos.
2. La variedad Jacqueline Lee demostró altos niveles de resistencia a las poblaciones locales de *P. infestans* incluso en las parcelas que no fueron tratadas con el fungicida protectante clorotalonil.
3. Ninguno de los intervalos de aplicación (cada 4, 7 y 14 días) del fungicida clorotalonil detuvo el avance de las epidemias de tizón tardío una vez que éstas iniciaron, principalmente, en las parcelas con variedades susceptibles.
4. De las tres variedades de papas en estudio la que presentó mejor rendimiento fue la variedad CalWhite, seguida de la variedad Jacqueline Lee y el rendimiento más bajo se obtuvo en la variedad Granola.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Sembrar variedades susceptibles, tales como Cal White y Granola, en épocas del año que presenten condiciones desfavorables para el desarrollo y progreso de epidemias de tizón tardío (*P. infestans*).
2. Continuar evaluando el comportamiento de la variedad Jacqueline en otras zonas de Nicaragua.
3. Utilizar el fungicida clorotalonil en rotación y/o en mezcla con fungicidas sistémicos y/o translaminares para aumentar su efectividad.
4. Realizar una búsqueda sistemática de fuentes de resistencia para el manejo integrado de tizón tardío.

IX. BIBLIOGRAFIA

Asociación de Papas de Estados Unidos (APEU). 2007. Guía de las variedades de exportación de semillas de papa estadounidenses. Denver, CO 80231 USA. 100 p.

Adler, N.E., Erselius, L.J., Chacón, M.G., Flier, W.G., Ordoñez, M.E., Kroon, L.P.N.M., and Forbes, G.A. 2004. Genetic diversity of *Phytophthora infestans* sensu lato in Ecuador provides new insight into the origin of this important plant pathogen. *Phytopathology* 94:154-162.

Birch, P.R.J., and Whisson, S.C. 2001. *Phytophthora infestans* enters the genomics era. *Molecular Plant Pathology* 2:257-263.

Bosmans, S. 2009. On the evolution of pesticide resistance in *Phytophthora infestans* – an experimental evolution approach. PhD thesis, Wageningen University, the Netherlands. 125 p.

Bruhn, J. A., and Fry, W. E. 1981. Analysis of potato late blight epidemiology by simulation modeling. *Phytopathology* 71:612-616.

Cadena-Hinojosa, M.A., Díaz-Valasis, M., Guzmán-Plazola, R.A., and Grünwald, N.J. 2007. Late blight resistance of five mexican potato cultivars in the eastern sierra of the state of México. *American Journal of Potato Research* 84:385-392.

Campbell, C. L., and Madden, L.V. (1990): *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons, New York, USA. 532 p.

Castaño-Zapata, J., y del Río Mendoza, L. 1994. Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica. Tercera edición. Honduras, C.A. Zamorano Academic Press. 290 p.

Deahl, K.L., Groth, R.W., Young, R., Sinden, S.L., and M.E. Gallegly, M.E. 1991. Occurrence of the A2 mating type of *Phytophthora infestans* in potato fields in the United States and Canada. *American Potato Journal* 68:717–726.

Douches, D.S., Jastrzebski, K., Coombs, J., Kirk, W.W., Felcher, K.J., Hammerschmidt, R., and Chase, R.W. 2001. Jacqueline Lee: a late-blight-resistant tablestock variety. *American Journal of Potato Research* 78:413-419.

FAO. 2008. <http://faostat.fao.org/default.aspx>

Forbes, G.A. and Landeo, J.A. 2006. Late blight. In: Gopal, J., and Khurana, S.M.P. (Ed.). *The handbook of potato production, improvement and postharvest management*. Haworth Press Inc., Binghamton, New York, USA, pp. 279-320.

Fry, W.E. 1977. Integrated control of potato late blight – effects of polygenic resistance and techniques of timing fungicide applications. *Phytopathology* 67:415-420.

Fry, W. E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Phytopathology* 68:1650-1655.

Fry, W., and S.B. Goodwin, S.B. 1997. Resurgence of the Irish potato famine fungus, *Bioscience* 47:363–371.

Fry, W. 2008. *Phytophthora infestans*: the plant (and *R* gene) destroyer. *Molecular Plant Pathology* 9:385-402.

Garrett, K.A., and Dendy, S.P., 2001. Cultural practices in potato late blight management. In: Fernandez-Northcoted, N. (Ed.). *Complementing resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in the Andes*. Proceedings of GILB Latin American Workshop I, 13–16 February, 2001, Cochabamba, Bolivia, 107–113.

Hardham, A.R. 2005. *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular Plant Pathology* 6:589-604.

Harper, J.T., Waanders, E., and Keeling, P.J. 2005. On the monophyly of chromalveolates using a six-protein phylogeny of eukaryotes. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55:487-496.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2004. Guía MIP en el cultivo de la papa. Primera edición. Managua, Nicaragua. Impresión comercial La Prensa. 60 p.

Kankwatsa, P., Hakiza, J.J., Olanya, M., Kidenamariam, H.M., and Adipala, E. 2003. Efficacy of different fungicide spray schedules for control of potato late blight in Southwestern Uganda. *Crop Protection* 22:545-552.

Kirk, W.W., Abu-El Samen, F.M., Muhinyuza, J.B., Hammerschmidt, R., Douches, D.S., Thill, C.A., Groza, H., and Thompson, A.L. 2005. Evaluation of potato late blight management utilizing host plant resistance and reduced rates and frequencies of fungicide applications. *Crop Protection* 24:961-970.

Lozada Garcia, B.I., Sentelhas, P.C., Tapia, L.R., and Sparovek, G. 2008. Climatic risk for potato late blight in the Andes region of Venezuela. *Sci. Agri. (Piracicaba, Brazil)* 65:32-39.

Maltese, C.E., Conigliaro, G., Shaw, D.S., 1995. The development of sporangia of *Phytophthora infestans*. *Mycological Research* 99:1175–1181.

Mizubuti, E., and Fry, W. 1998. Temperature effects on developmental stages of isolates from three clonal lineages of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 88: 837-843.

Mizubuti, E., Aylor, D., and Fry, W. 2000. Survival of *Phytophthora infestans* sporangia exposed to solar radiation. *Phytopathology* 90: 78-84.

Money, N.P. 1998. Why oomycetes have not stopped being fungi. *Mycological Research* 102:767-768.

Oliva, R.F., Erselius, L.J., Adler, N.E., and Forbes, G.A. 2002. Potential of sexual reproduction among host-adapted populations of *Phytophthora infestans sensu lato* in Ecuador. *Plant Pathology* 51:710-719.

Picado Vanegas, A. 2007. Validación del potencial productivo de tres variedades (Cal White, Jacqueline Lee y Granola) en tres localidades de los departamentos de Jinotega y Matagalpa. Cooperativa agropecuaria de servicios, productores de papa de Matagalpa (COOPAMAT-Matagalpa) y Technoserve-Nicaragua. 39 p.

Porter, L.D., and Johnson, D.A. 2004. Survival of *Phytophthora infestans* in Surface Water. *Phytopathology* 94: 380-387.

Pumisacho, M., y Sherwood, S. (editores). 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. Primera edición. Quito, Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Centro Internacional de la Papa (CIP). 231 p.

Ristaino, J.B. 2002. Tracking historic migrations of the Irish potato famine pathogen, *Phytophthora infestans*. *Microbes and Infection* 4:1369-1377.

Skelsey, P. 2008. Multi-scale modelling of potato late blight epidemics. PhD thesis, Wageningen University, the Netherlands. 257 p.

Spielman, L. J., McMaster, B. J., and Fry, W. E. 1992. Relationships among measurements of fitness and disease severity in *Phytophthora infestans*. *Plant Pathol.* 41:317-324.

Tantowijoyo, W., and van de Fliert, E. 2006. All about potatoes: A handbook to the ecology and integrated management of potato. International Potato Center (CIP-ESEAP Region) & FAO Regional Vegetable IPM Programme in South and Southeast Asia. 90 p.

Turkensteen, L.J. 1978. *Phytophthora infestans*: three new hosts and specialized form causing a foliar blight of *Solanum muricatum* in Peru. *Plant Disease Reporter* 62:829.

Tyler, B.M. 2007. *Phytophthora sojae*: root rot pathogen of soybean and model oomycete. *Molecular Plant Pathology* 8:1-8.

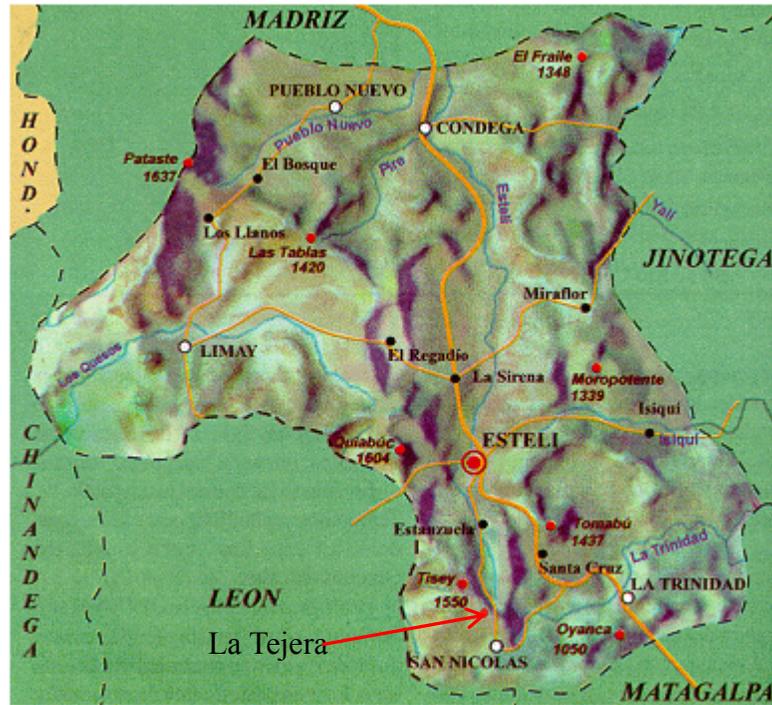
Vanderplank, J. E. (1963): *Plant Diseases: Epidemics and Control*. Academic Press, New York, USA.

Vegetable Research and Information Center (VRIC). 2004. Website: vric.ucdavis.edu.

Zwankhuizen, M.J., Govers, F., Zadoks, J.C., 1998. Development of potato late blight epidemics: disease foci, disease gradients, and infection sources. *Phytopathology* 88:754–763.

X. ANEXOS

Anexo 1. Localización geográfica de La Tejera, municipio de San Nicolás, Estelí, donde se llevó a cabo el estudio epidemiológico del tizón tardío y tres variedades de papa (Cal White, Granola y Jacqueline Lee) desde Julio a Octubre del 2008.



Anexo 2. Registro de aplicaciones del fungicida clorotalonil para el control de tizón tardío de la papa [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] durante el mes de Agosto del 2008.

Departamento: Estelí	Localidad: El Majagual-La Tejera
Variedades: Cal White, Granola, Jacqueline Lee	Fecha de siembra: 30/07/08
Fecha de emergencia: 13/08/08	Altitud: 1328 msnm

Días	Agosto 2008															
	Bloque I				Bloque II				Bloque III				Bloque IV			
	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X
15																
16																
17																
18		X				X				X				X		
19																
20																
21			X				X				X				X	
22		X				X				X				X		
23																
24																
25																
26		X				X				X				X		
27																
28			X	X			X	X			X	X			X	X
29																
30		X				X				X				X		
31																

Anexo 3. Registro de aplicaciones del fungicida clorotalonil para el control de tizón tardío de la papa [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] durante el mes de Septiembre del 2008.

Departamento: Estelí	Localidad: El Majagual-La Tejera
Variedades: Cal White, Granola, Jacqueline Lee	Fecha de siembra: 30/07/08
Fecha de emergencia: 13/08/08	Altitud: 1328 msnm

Días	Septiembre 2008															
	Bloque I				Bloque II				Bloque III				Bloque IV			
	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D
1																
2																
3		X				X				X				X		
4			X				X				X				X	
5																
6																
7		X				X				X				X		
8																
9																
10																
11		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X
12																
13																
14																
15		X				X				X				X		
16																
17																
18			X				X				X				X	
19		X				X				X				X		
20																
21																
22																
23		X				X				X				X		
24																
25			X	X			X	X			X	X			X	X
26																
27		X				X				X				X		
28																
29																
30																

Anexo 4. Registro de aplicaciones del fungicida clorotalonil para el control de tizón tardío de la papa [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] durante el mes de Octubre del 2008.

Departamento: Estelí	Localidad: El Majagual-La Tejera
Variedades: Cal White, Granola, Jacqueline Lee	Fecha de siembra: 30/07/08
Fecha de emergencia: 13/08/08	Altitud: 1328 msnm

Días	Octubre 2008															
	Bloque I				Bloque II				Bloque III				Bloque IV			
	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D	NF	4D	7D	14D
1		X				X				X				X		
2			X				X				X				X	
3																
4																
5		X				X				X				X		
6																
7																
8																
9		X		X		X		X		X		X		X		X
10																
11																
12																
13		X				X				X				X		
14			X				X				X				X	
15																
16																
17		X				X				X				X		
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																

Anexo 6. Escala¹ para el registro de severidad de tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Montagne) De Bary] en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008

Severidad (%)	Descripción
0.01	Dos a 5 folíolos afectados por cada 10 plantas. Alrededor de 5 lesiones grandes por cuadrante (20 a 25 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.
5	Alrededor de 100 lesiones por planta.
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.

¹ Escala utilizada en el Centro Internacional de la Papa (CIP) y que fue modificada por William E. Fry et al.

Anexo 7. Análisis de varianza (ANDEVA) del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), tasa de infección aparente (r) y rendimiento

a) Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Variedad	2	13820800.45	6910400.23	880.29	<.0001
Tratamiento	3	7844740.46	2614913.49	333.11	<.0001
Variedad*tratamiento	6	3795108.88	632518.15	80.57	<.0001

$R^2 = 0.99$

Coeficiente de variación = 11.47

a) Tasa de infección aparente (r)

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Variedad	2	0.02	0.01	22.39	<.0001
Tratamiento	3	2.1E-03	6.9E-04	1.71	0.1829
Variedad*tratamiento	6	2.0E-03	3.3E-04	0.81	0.5681

$R^2 = 0.60$

Coeficiente de variación = 9.26

b) Rendimiento (ton/ha)

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Variedad	2	104.4712500	52.2356250	0.73	0.4866
Tratamiento	3	58.5308333	19.5102778	0.27	0.8434
Variedad*tratamiento	6	292.4104167	48.7350694	0.69	0.6623

$R^2 = 0.15$

Coeficiente de variación = 44.22592

Anexo 8. Rendimiento obtenido en la interacción variedad*tratamientos en parcelas de 18 m² y el rendimiento proyectado a obtener en una hectárea en la Localidad “La Tejera”, municipio de San Nicolás, Estelí. Julio-Octubre, 2008.

Tratamientos	Variedades					
	Rendimiento en 18 m ² (kg)			Rendimiento por hectárea (ton)		
	Cal White	Granola	Jacq Lee	Cal White	Granola	Jacq Lee
SF	34.90	33.34	31.13	19.40	18.53	17.30
4D	38.19	27.22	47.83	21.20	15.15	26.55
7D	38.86	33.22	26.69	21.60	18.45	14.83
14D	36.82	29.31	34.19	20.48	16.30	18.98

^aSF = parcelas sin fungicida (testigo); 4D, 7D y 14D = parcelas con intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil cada 4, 7 y 14 días respectivamente.



Anexo 9. Establecimiento de las parcelas.



Anexo 10. Ubicación de las variedades.



Anexo 11. Tratamientos evaluados.



Anexo 12. Registro de lluvia con el pluviómetro RG3-M.



Anexo 13. Establecimiento de sensores HOBO (Pro v2 temp/HR) y Pluviometro RG3-M (Precipitación).



Anexo 14. Síntomas de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en hojas.



Anexo 15. Síntomas de tizón tardío en tallos.



Anexo 16. Síntomas iniciales de tizón temprano (*Alternaria solani*) en hojas.



Anexo 17. Síntomas de tizón temprano en estado avanzado.



Anexo 18. Ubicación del sensor HOBO Pro v2 (Temp/HR)



Anexo 19. Ubicación del sensor Pluviómetro RG3-M