

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PROTECCION AGRICOLA Y
FORESTAL**

TRABAJO DE DIPLOMA



MANEJO DE TIZON TARDIO [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] EN EL CULTIVO DE PAPA cv CALWHITE EN EPOCA DE APANTE EN LA ZONA DE TISEY, ESTELI, 2007

AUTORES

**Br: Roberto José Espinoza Galeano
Br: Juan Francisco Aragón Lugo**

ASESORES

**Ing MSc: Jorge Ulises Díaz Blandón
Ing MSc: Reynaldo Laguna Miranda**

Managua, Agosto del 2007.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PROTECCION AGRICOLA Y
FORESTAL**

TRABAJO DE DIPLOMA

MANEJO DE TIZON TARDIO [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] EN EL CULTIVO DE PAPA cv CALWHITE EN EPOCA DE APANTE EN LA ZONA DE TISEY, ESTELI. 2007.

AUTORES

**Br: Roberto José Espinoza Galeano
Br: Juan Francisco Aragón Lugo**

ASESORES

**Ing MSc: Jorge Ulises Díaz Blandón
Ing MSc: Reynaldo Laguna Miranda**

Esta tesis está sometida a discusión mediante las autoridades correspondientes para optar al título de Ingeniero en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo primeramente a Dios por darme la fuerza y pensamientos necesarios para seguir el camino correcto y poder luchar con todos los obstáculos que se me presentan en la vida.

A mis padres Esteban Espinoza y Aleyda Galeano y a mis hermanos que siempre están presentes con sus ayudas y sus apoyos en las cosas que uno más anhela por que día a día nos mantiene el ánimo de seguir adelante con nuestros estudios y vernos terminar nuestra carrera profesional.

A mis tías Daysi, Aura Velia, Gloria, Tere, Rosario, tíos y abuelos que de una u otra manera estuvieron presentes con su ayuda incondicional para con mis estudios hasta finalizar mi carrera profesional.

A mis maestros que con sus esfuerzos no terminan de enseñarnos día a día a cada estudiante sus conocimientos.

A mis compañeros, amigos y conocidos que siempre están o estuvieron presente.
Muchas gracias.

ROBERTO JOSE ESPINOZA GALEANO

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, primero a Dios quien me ha dado la capacidad de poder estar aquí, y de seguir adelante en el camino de mi vida.

A mis padres Juan Fco. Sandra Amalia. A mi hermana Marisela quienes siempre me han apoyado incondicionalmente en alcanzar cada una de las metas que he logrado hasta hoy, como culminar una parte de mis estudios profesionales.

A nuestros profesores, maestros de maestros quienes siempre nos guiaron por el mejor camino hacia una profesionalización con calidad y sensibilidad que debemos poner siempre a disposición de los demás.

Para cada uno de todos ustedes mis más cálidas Gracias, Gracias, Gracias.

JUAN FRANCISCO ARAGON LUGO

AGRADECIMIENTO

Estamos gratamente agradecidos con la Universidad Nacional Agraria (UNA) y todo su personal docente que siempre nos dieron sus conocimientos, su apoyo y al mismo tiempo facilitarnos los materiales necesarios para poder estar al tanto de todo lo que queremos en cuanto a información y así culminar nuestra carrera.

A nuestro asesor Ing.MSc. Jorge Ulises Díaz Blandón por darnos la oportunidad de realizar este trabajo, por su comprensión y tolerancia a la misma vez también por su apoyo e información incorporada en este trabajo.

Al Ing.MSc. Reynaldo Laguna Miranda por su colaboración para con nosotros en nuestro trabajo.

A la Ing. MSc. Verónica Guevara.

Al señor Salvador Cerrato por permitir realizar nuestro ensayo en su propiedad.

INDICE GENERAL

SECCION	PAGINA
Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Índice general	III
Índice de cuadros	IV
Índice de figuras	V
Índice de anexos	VI
Resumen	VII
I. Introducción	1
II. Objetivos	4
III. Revisión de literatura	5
IV. Materiales y Métodos	14
V. Resultados y Discusión	18
5.1. Resultados	18
5.2. Discusión	24
VI. Conclusiones	26
VII. Recomendaciones	27
VIII. Bibliografía	28
IX. Anexos	31

INDICE DE CUADROS

Nº	Descripción	Página
1	Productos fungicidas y sus ingredientes activos para el control de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).	15
2	Esquema de la combinación de fungidas preventivos con el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (<i>Bacillus subtilis</i> cepa QST 713) y la rotación con fungidas sistémicos.	16
3	Escala para el registro de severidad de tizón tardío [<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary] en cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> cv. CalWhite en la localidad El Tisey, Estelí, 2007.	17
4	Análisis de varianza de la variable severidad de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en el cultivo de papa (cv. CalWhite) en El Tisey, Estelí, 2007.	18
5	Medias de la variable severidad de los cinco tratamientos evaluados en experimentos de campo con el cultivo de papa cv. CalWhite. 2007.	18
6	Análisis de varianza de la variable severidad en función de los tratamientos y los días después de la siembra (dds) del cultivo de papa.	19
7	Medias de la variable severidad durante el periodo de monitoreo de la enfermedad en el campo.	20
8	Análisis de varianza para la variable de respuesta área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en la variedad de papa CalWhite en época de apante en El Tisey, Estelí. 2007.	20
9	Rendimiento (en kg) obtenido en la variedad de papa CalWhite en la zona El Tisey, Estelí, 2007.	23

INDICE DE FIGURAS

N°	Descripción	Página
1	Porcentaje de severidad de tizón tardío en la variedad de papa CalWhite en época de apante en El Tisey, Estelí, 2007.	19
2	Comportamiento de los diferentes tratamientos de aplicaciones de fungicidas con respecto al testigo medido a través del ABCPE.	21
3	Comportamiento del tizón tardío durante el periodo de monitoreo de la severidad medido a través de ABCPE.	22
4	Rendimiento (kg) en los diferentes tratamientos de combinación y rotación de fungicidas en la variedad de papa CalWhite en El Tisey, Estelí, 2007.	23

INDICE DE ANEXOS

N°	Descripción	Página
1	Modo de acción de los fungicidas utilizados en el estudio	32
2	Numero de aplicaciones, fecha de aplicación y estrategias de rotación de los fungicidas.	34
3	Rendimiento (en kg) obtenidos en el experimento realizado en El Tisey, Estelí con la variedad de papa CalWhite y en la cual se evaluaron diferentes rotaciones de fungicidas de contacto y sistémicos para el control de tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).	34
4	Medias de rendimiento obtenidas para cada uno de los bloques del experimento en El Tisey, Estelí, 2007.	35
5	Ubicación de la zona experimental en El Tisey, Estelí.	36

Manejo de tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] en el cultivo de papa cv. CalWhite en época de apante en la zona de El Tisey, Estelí. 2007.

Resumen

El objetivo principal de este estudio fue la evaluación de diferentes estrategias de alternancia de fungicidas de contacto con fungicidas sistémicos. Además, se alternó el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*Bacillus subtilis* QST 713) con los fungicidas de contacto Mancozeb y Bravonil para determinar el efecto de ésta en el manejo de tizón tardío en época de apante. El trabajo experimental se llevó a cabo en la localidad Tisey (Reserva Natural), del departamento de Estelí en el periodo comprendido entre noviembre del 2006 a febrero del 2007. La variedad de papa evaluada fue CalWhite, la cual es susceptible a tizón tardío. El diseño utilizado fue bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados en este estudio fueron (Mancozeb+Serenade)-Equation Pro, (Bravonil+Serenade)-Ridomil, (Mancozeb+Serenade)-Curzate, (Bravonil+Serenade)-Verita y un testigo absoluto. El manejo agronómico fue el que utiliza el productor. Las variables evaluadas fueron severidad y rendimiento. Con los datos de severidad se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE). No se encontraron diferencias significativas entre bloques para la variable severidad de tizón tardío, ni en la interacción tratamiento-bloque, pero si se observó diferencias altamente significativas entre tratamientos. La media de severidad en el tratamiento testigo fue más alta en comparación con las medias de los otros cuatro tratamientos, lo cual explica la diferencia entre tratamientos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en las medias de severidad de los tratamientos diferentes del testigo. Cuando se analizó la severidad en los tratamientos de acuerdo a la variable días después de la siembra (dds) se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, en la variable dds y en la interacción tratamientos*dds. Se encontraron diferencias altamente significativas entre el testigo y los demás tratamientos y entre días después de la siembra (dds) para los valores de la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), así como también en la interacción tratamientos*dds. La mezcla del fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*Bacillus subtilis* QST 713) con los fungicidas de contacto Mancozeb y Bravonil al parecer tuvo un efecto sinérgico al inhibir el desarrollo de *P. infestans* sobre la superficie de las hojas de papa. Los rendimientos fueron bastantes bajos en comparación con otros resultados encontrados en América Latina con la variedad de papa CalWhite. Es posible reducir los porcentajes de severidad de tizón tardío en el cultivo de papa cuando se combinan estrategias de rotación de fungicidas de contacto y sistémicos con la época de siembra.

I. INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum L*) es uno de los alimentos mas importantes tanto en Europa como en América y es uno de los cuatro cultivos básicos a nivel mundial, no solo por la superficie que se destina para su cultivo, se ha intensificado en los últimos 20 años (Horton, 1988).

A nivel mundial en su producción es superada por el maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum sativum*) y arroz (*Oryza sativa*), se siembra en una superficie de 22 millones de ha, de la que se obtiene una producción de 290 millones de ton/ha con un rendimiento promedio de 13.81 ton/ha. Los principales países productores son Polonia, CEI, USA, Republica Popular de China, Inglaterra, Holanda, Alemania, Perú, México y Suecia quienes consumen 75 kg per cápita anual (SARH, 1994).

La FAO reporta un consumo de 8 kg per cápita anual en Nicaragua. La importancia de la papa radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial; El valor alimenticio del cultivo de papa radica en que está compuesto por un 75% de agua, 2% de proteínas, 0.3% de grasas, 20 ml de vitaminas A, C y complejo B de fibra tiene 0,7%, solanina 8.5% ,celulosa, minerales, además son utilizados en la industria para la producción de almidón, comidas rápidas (papas a la francesa), chips (hojuelas y puré). La calidad de su proteína es superior a la de casi todos los otros cultivos alimenticios (Midmore, 1989).

El oomycete *Phytophthora infestans* [(Mont.) De Bary] se tomó conciencia de su magnitud, dado que arrasó los cultivos que eran la base de la alimentación del pueblo Irlandés, causando una gran hambruna que desencadena en la muerte y la migración de una cuarta parte de la población (Horton 1988).

Debido al incremento en el rendimiento por unidades de superficie, la producción de papa ha ido en aumento a pesar de que el área de cultivo esta disminuyendo (Hawkes, 1978).

La dependencia de la semilla importada la cual se caracteriza por las pocas, multiplicaciones, mas los numerosos problemas económicos y sanitarios debido a su forma tradicional de

propagación por tubérculos que además de ser costoso y vulnerable al ataque de enfermedades, son voluminosas y fácilmente deteriorables (Pérez, 2003).

Los factores que limitan la producción de papa en Nicaragua son: la escasez de semilla, el alto costo y la baja calidad de los tubérculos-semilla; por lo tanto el desarrollo de tecnologías que superen estas limitaciones son necesarias para lograr una expansión del cultivo y consumo de papa en el país. La alternativa del uso de semilla sexual de papa en lugar de la propagación convencional por tubérculo-semilla, permite reducir los costos y disminuir los problemas relacionados con las enfermedades transmitidas por propagación (INTA, 2004).

Los programas de multiplicación vegetativa en climas tropicales, son insostenibles debido a factores ambientales desfavorables y a la presencia de enfermedades, también, el factor costo de tubérculos-semilla, imitan la ampliación de áreas de siembra, con el uso de semilla sexual de papa se amplía la producción de papa-semilla a regiones cálidas, disminuyendo las importaciones de papa-semilla (INTA, 2004).

Alrededor del 70% de las papas nativas de Perú, pertenece a la subespecie *tuberosum*. En la parte central de México se originaron especies silvestres de papa que se caracterizan por su tolerancia a la enfermedad conocida como tizón provocada por el oomycete *Phytophthora infestans* (Horton, 1988).

El valor económico de un cultivo cualquiera, determina hasta que punto puede ser justificada las medidas preventivas. En términos generales, la papa es un cultivo de alto valor económico con problemas complejos de producción, al almacenaje y utilización, por lo tanto, se justifica el uso de medidas preventivas apropiadas relativamente complejas (INTA, 2004).

La papa es conocida en América desde hace 10,500 años su domesticación y cultivo han ocurrido posteriormente y puede ser cultivado bajo condiciones muy variables pero prefiere un clima predominante de fresco a frío con buena disponibilidad de agua y con moderado humedad ambiental (FAO, 1980).

La producción mundial de papa cultivada cada año está entre los 25, 300,000 hectáreas con una producción de 300, 445,000 toneladas (FAO, 1980).

El cultivo de papa forma parte de la dieta alimenticia de los nicaragienses además de poseer un buen lugar en la escala nutricional; pudiéndose preparar de diferentes formas dando como resultado una gran variedad de platos exquisitos (Torres y Lanuza, 1996).

La papa históricamente en Nicaragua se ha cultivado en los departamentos de Esteli, Matagalpa y Jinotega debido a que presentan las condiciones edafoclimaticas necesarias para su producción. Se considera que el cultivo fue introducido vía Europa en tiempo de la colonia y se estima que hasta inicio de los años 80s el cultivo fue tradicional de algunas familias utilizando una área de siembra de 281.04 ha anuales. Actualmente es cultivo de pequeños y medianos productores con una área promedio de productor mediano que siembra un promedio de 2.8104 ha (MAG-FOR, 2002).

El consumo anual de papa asciende a unos 35,000 toneladas pero que únicamente se produce el 30% por lo que el resto se importa de Guatemala y Costa Rica; por su parte COOPAMAT (2003) asegura que Nicaragua tiene capacidad para producir suficiente papa pero el problema radica en la escasez de semilla que se utiliza para la producción (Pérez, 2003).

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir a brindar información sobre la implementación de diferentes estrategias de aplicación de fungicidas de contacto y sistémico para la reducción de las pérdidas causadas por *P. infestans* en el cultivo de papa cv CalWhite.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el comportamiento de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en la variedad de papa CalWhite en la región de Tisey, Estelí en época de apante.
- Determinar si la rotación de fungicidas de contacto y sistémicos seleccionados es efectiva para el control del tizón tardío.
- Determinar si la época de siembra tiene influencia sobre la reducción de la severidad de la enfermedad causada por *P. infestans*.
- Evaluar el comportamiento agronómico de la variedad de papa CalWhite en la zona del Tisey en época de apante.
- Determinar la eficacia del fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*Bacillus subtilis* QST 713) con fungicidas de contacto (preventivos).

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Cultivo de la papa

3.1.1. Origen de la papa

El centro de origen de la papa está ubicado entre Perú y Bolivia, cerca del lago Titicaca. Cuando los españoles llegaron a América, la papa constituía el alimento básico de las poblaciones andinas. En 1537, Juan de Castellanos hizo la primera referencia de la papa cultivada en el Perú (INTA, 2004).

Alrededor del 70 % de las papas nativas de Perú, pertenecen a la sub-especie tuberosum. En la parte central de México se originaron especies silvestres de papa que se caracterizan por su tolerancia a la enfermedad conocida como Tizón tardío, provocada por el oomycete *Phytophthora infestans* [(Mont.) de Bary] (INTA, 2004).

3.1.2 Botánica

La papa es una planta anual, herbácea y de naturaleza perenne (Tamaro, 1981) produce varios tallos aéreos que crecen de 0.5 a 1 m de altura pueden presentarse flores terminales y dar como resultado un fruto de 1 a 3 cm. de diámetro que contiene una gran cantidad de semillas. Los frutos no son comestibles y las semillas se emplean solo en la siembra, el sistema fibroso se extiende superficialmente y se desarrollan rizomas múltiples que terminan en los tubérculos conocidos como papa (Halfacre, 1984, citado por Siller, 2003).

Las raíces son de tipo adventicias, gruesas y pivotantes; la mayoría de ellas se encuentran en los primeros 40 cm. de profundidad estos son muy ramificados, finos y largas dependiendo de su desarrollo por eso es bueno un suelo en buenas condiciones para su cultivo (Guerrero, 1981).

Las plantas de semillas botánicas poseen una raíz principal delgada la cual se transforma en fibrosa, mientras que las plantas provenientes de tubérculos usados como semillas vegetativa tiene un sistema fibroso de raíces laterales que emergen generalmente en grupos de tres a partir de los nudos y de los tallos subterráneos (Hooker, 1986).

Los tallos son angulares, generalmente de color verde, aunque pueden ser de color rojo púrpura, son herbáceos cuando en etapas avanzadas desarrolló la parte inferior puede ser relativamente leñosa. La papa posee un tallo principal y a veces varios tallos según el número de yemas que hallan brotado del tubérculo (Montaldo, 1984).

Los tallos son aéreos y subterráneos, los aéreos son erguidos ramosos, huecos y algo pelosos; los subterráneos son estolones y tubérculos (Mier, 1986; Horton, 1987, citado por Siller, 2003).

El tubérculo de la papa es un tallo subterráneo ensanchado, en la superficie poseen yemas axilares en grupos de tres a cinco y protegidos por hojas escamosa morfológicamente son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de la papa (Huaman, 1986).

Las hojas son alternas, igual que los estolones; Las primeras hojas tienen aspecto de simple, vienen después de las hojas compuestas, imparipinada con tres a cuatro pares de hojales laterales y unas hojuelas a la terminal. Entre las hojuelas laterales hay hojuelas pequeñas de segundo orden, las hojas están distribuidas en espirales sobre el tallo, son de tipos compuesto con varios folíolos opuesto y una grande como terminal, las hojas son un poco vellosa y miden de 8-15 cm. de largo por 1-3 cm. de ancho ovales y acuminadas en las axilas que se forman las hojas con el tallo salen las llamadas yemas vegetativas (Sep, 1982; Mier, 1986, citado por Siller, 2003).

Las flores son pentámeras de colores diversos, tienen estilo y estigma simple y ovarios biloculares, el polen es dispersado por el viento y la autopolinización se realiza de forma natural, las flores nacen en racimos en la extremidad de los tallos, las flores individuales son perfectas, pueden ser de color blanca, rosadas, o violetas según la variedad (Horton, 1987).

La inflorescencia es simoza; las flores son hermafroditas, tetracíclica y pentámeras: el cáliz es Gemocepalo lobulados, la corola es retacea, penta lobulada de color blanco a color púrpura, con 5 estambre, posee 2 anteras de color amarillo pálido, el gineceo tiene ovarios suberos, bicarpelar, bilocular y multiovalado (Báez, 1983, citado por Siller, 2003).

El fruto es una baya carnosa, redonda u ovoide, más o menos gruesa de 15–30 mm de diámetro, color verde (inmaduro) y verde amarillento (maduro) o verde azulado, cada fruto contiene aproximadamente de 50 a 300 semillas son redondas suaves, con un diámetro aproximadamente de 2 cm, las semillas del fruto son pequeño y aplastadas (Sep, 1982, citado por Siller, 2003).

3.1.3 Condiciones ambientales

Temperatura: Durante el crecimiento, el cultivo de la papa requiere una variación en la temperatura ambiental, después de la siembra, la temperatura debe subir hasta 20°C para que la planta se desarrolle bien, luego se necesita una temperatura mas alta para un buen crecimiento del follaje aunque no debe pasar de los 30°C durante el desarrollo de los tubérculos es importante que las temperaturas se encuentren entre los 16 y 20°C, especialmente en regiones mas calientes es esencial que las noches sean frescas para ayudar a al introducción de la tuberización de los tallos (Sep,1982, citado por Siller, 2003).

Luz: El tubérculo no requiere luz para brotar, sin embargo cuando la planta emerge necesita bastante luz para su desarrollo, las temperaturas altas durante mucho tiempo reducen las producción (Sep, 1982, citado por Siller, 2003).

Humedad: Las plantas necesitan una provisión de agua continua durante la etapa de crecimiento. La cantidad total de agua para el desarrollo del cultivo es de aproximadamente de 500 mm para poder sembrar se necesita un tiempo seco, en el transcurso en cual se prepara la tierra y se efectúa la siembra. Durante la primera etapa de su desarrollo la planta requiere solo poca agua, pero después y hasta la cosecha su consumo de agua es alto (Sep, 1982, citado por Siller, 2003).

Suelo: La papa se desarrolla bien en suelos francos y arenosos con buen contenido de materia orgánica y drenaje optimo en lo referente al pH este debe estar entre 6.5-5.0. Es una hortaliza tolerante a la salinidad, con valores de 64,000 a 2,560 ppm (Valadez, 1994, citado por Siller, 2003).

Fertilización: los elementos que mayor cantidad requiere la planta de papa para su desarrollo y producción de tubérculos son: N, P, K. La concentración de estos en materia seca, varía con el

tiempo y la variedad, los mejores suelos para papa son los porosos, friables y bien drenados, con una profundidad de 25-30cm (Montaldo, 1984).

3.1.4. Importancia del cultivo

La papa es un cultivo alimentario y de gran importancia se encuentra en cuarto lugar después del trigo, maíz, arroz, como ejemplo la enorme influencia en la alimentación humana, basta recordar la gran epidemia que apareció en Europa a mediados del siglo XIX causado por la enfermedad de la papa conocida como tizón tardío. Esta enfermedad apareció en Irlanda en 1845, la cual provocó un gran desastre económico que se extendió al resto de Europa. Debido a la hambruna causada por la pérdida de los cultivos de papa, más de un millón y medio de la población Irlandesa pereció de hambre y más de un millón emigraron a otros países particularmente a Estados Unidos y Australia (Ochoa, 1991, citado por Siller, 2003).

3.1.5 Importancia mundial

El género *Solanum* contiene alrededor de 2,000 especies extendidas por el mundo, excepto en las regiones polares sur y norte, con una fuerte concentración de diversidad de especies en América del sur, Centro América y Australia, actualmente en Inglaterra, Holanda y Alemania utilizan la papa como alimento básico, la papa ocupa el primer lugar en producción de caloría diarias por unidad de superficie y además es una excelente fuente de vitaminas B y C (Corral, 1952, citado por Siller, 2003).

4. *Phytophthora infestans* [(Mont.) De Bary]

4.1 Taxonomía y clasificación

La siguiente clasificación de *P. infestans* está basada en los textos de Raven *et al.*, (1999) y Edwin y Ribeiro (1996).

Reino: Cromista (grupo stramenophyle); División: Mastigomycota, Phylum: Oomycota
Clase: Oomycete; Subclase: Peronosporomycetidae; Orden: Pythiales; Familia: Pythiaceae;
Genero: *Phytophthora*; Especie: *infestans*.

4.2. Tizón tardío

Esta enfermedad apareció casi simultáneamente en Europa y Estado Unidos en la década de 1830 y 1840 causando severos daños a la papa, particularmente en Irlanda (INTA, 1988).

En el siglo XIX se tenía la opinión de que las montañas andinas de Suramérica eran unos de los centros de origen *Phytophthora infestans* lo cual no pudo ser probado directamente sin embargo Hawkes demostró la existencia de genes con hipersensibilidad a *Phytophthora* en papa silvestres de esta área por lo que se considero la posibilidad de que se haya diseminado desde Perú cerca de 1840 con la negociación del gusano de seda entre Europa y Norte América (INTA, 1988).

También se menciona que este organismo se encuentra de forma permanente en el valle de Toluca, México y es probable que haya existido ahí por cientos de años, se indica que México es el único lugar del mundo donde se produce oosporas sexuales, por tal motivo se presume que de aquí se distribuyo a otras partes del mundo (Mendoza y Pinto, 1985; Agrios, 1996).

Morfología: Fase asexual. El micelio alcanza un gran desarrollo, esta constituido por hifas cenociticas gruesas que se ramifican libremente y producen haustorios por donde se alimentan. Además, produce esporangiosforos de crecimiento indeterminado simpodicamente y esporangios papilados limoniformes (Alexopoulos, 1979; Agrios, 1996).

A pesar de que existen medidas efectivas de control, el tizón tardío sigue siendo el problema mas grave entre las enfermedades causadas por hongos y oomycetos en muchas regiones productoras de papa. En el follaje los síntomas son lesiones de aspecto húmedo que tienen color castaño cuando están secas, o negras cuando están húmedas se observa una esporulación blanca, parecida al mildiu en el envés de las hojas. Muchas veces se forma un borde amarillo pálido alrededor de las lesiones de las hojas. Las lesiones en los talos y los pecíolos son negras o de color castaño finalmente toda la planta muere, las esporas que la lluvia lava de las hojas y del tallo penetran en el suelo e infectan los tubérculos, causándoles una decoloración de la superficie, un corte transversal de un tubérculo afectado presenta tejidos necróticos de color pardo mezclado con las partes sanas.

El organismo generalmente no sobrevive en el suelo solo en el tejido vegetal así como campos adyacentes de papa y tomate, plantas espontáneas y tubérculos desechados pueden ser fuente de inóculo. Existen cultivares resistentes, los fungicidas protectores son eficaces si se aplican con anterioridad a un brote de la enfermedad siguiendo los intervalos y a las dosis recomendadas. Para prevenir la infección del tubérculo, aporcar bien las plantas o asperjar bien el follaje en épocas de crecimientos, el matar las ramas dos semanas antes de la cosecha hace secar los esporangios en las hojas y hacen que se pudran los tubérculos infectados (Alexopoulos, 1979).

4.3. Ciclo biológico

Mendoza y Pinto (1983) y Agrios (1996) afirman que el oomiceto inverna en forma de micelio en los tubérculos infectados; y coinciden con Alexopoulos (1979) en que la infección primaria ocurre en la base de los nuevos brotes así el micelio crece y produce esporangióforos que emergen a la superficie de tallos y de hojas formando gran cantidad de zoosporangios que produce de 3-8 zoosporas que se enquistan al perder sus flagelos y al germinar forman un tubo que penetra la cutícula de la hoja desarrollando un micelio intercelular que emite largos haustorios enrollados para su alimentación; las células de las cuales se nutren y después de unos días de la infección emergen nuevos esporangióforos a través de los estomas, por lo que nacen plantas. En la estación del cultivo se forman varias generaciones asexuales, una gran cantidad de esporangios pasan al suelo y son los responsables de infectar los tubérculos y propagarse aun en el almacenamiento, al ser la fuente de inóculo primario para el siguiente ciclo.

4.4. Sintomatología

Los síntomas pueden observarse en hojas, tallos y tubérculos, según el grado de infección los primeros síntomas en el campo se observan en las hojas inferiores, en principios tiene apariencia de manchas circulares o irregulares de color verde claro y oscuro, que se inicia en las puntas o bordes de las hojas, con la humedad las manchas se vuelven pardas o negras, con una aureola verde claro o amarillento que separa el tejido muerto del sano, en el envés de la hojas a nivel del borde de las lesiones, se presenta un algodoncillo blanco grisáceo constituido por los esporangióforos y esporangios del oomiceto, la enfermedad puede propagarse desde los primeros folíolos a toda la planta y a las plantas vecinas.

En los tallos pueden desarrollarse por infección directa o a partir de las hojas, donde las lesiones se extienden longitudinalmente desde los pecíolos, los tallos infectados se debilitan, quedan quebradizos y mueren por la lesión. Los tubérculos infectados presentan manchas irregulares superficiales color pardo o café púrpura de consistencia seca, que penetra de 5 a 15 mm (Agrios, 1996).

4.5. Caracterización poblacional

Los estudios poblacionales de *Phytophthora infestans* se iniciaron casi paralelamente con los programas de mejoramiento de la papa, para buscar e incorporar la resistencia a este patógeno. Existen marcadores moleculares, bioquímicos y fenotípicos que han posibilitado la identificación de aislamientos distintos en una población, producto de un organismo que tiene la posibilidad de reproducirse sexual y asexualmente conduciendo a cambios en las poblaciones que pueden ser introducidas a otras regiones por proceso de migración.

Desde que se reportó el tipo de apareamiento A2 en el oeste de Europa en 1984, se esperaba un dramático desarrollo de nuevas poblaciones del patógeno, lo que condujo a los patólogos a realizar análisis locales de las poblaciones, dado que el tipo A1 era el único tipo de apareamiento reportado fuera de México, considerado como el centro de origen de *Phytophthora infestans* (Fry *et al*, 1993).

Ha sido un factor muy importante en la variación de las poblaciones, aunque el tipo de apareamiento y sus marcadores no presenta una segregación mendeliana, es posible establecer los del tipo A1 por la técnica basada en PCR con un “primer específico” la cual establece una región S1 adyacente al locus del tipo de apareamiento A1 (Lee *et al*, 1997).

El tipo de apareamiento A2 tiene una gran tendencia a la autofertilización (96 %, n = 47), mientras que A1 es escasa (6 %, n= 69). Smarth, (2002).

Una población se refiere a un grupo de individuos (aislamientos) de una misma especie que se encuentra estructurado o delimitado por barreras geográficas, por lo tanto, el primer indicio de cambio importante en la población lo constituyó la presencia del tipo de apareamiento A2, la determinación de los hálebs isoenzimáticos de glucosa-6-fosfato isomerasa (Gpi), enzima málica (Me) y peptidasa (Pep) proporcionaron la primera evidencia genética de la diploidia de *Phytophthora infestans* y permitió hacer las primeras comparaciones de las poblaciones, mas

reciente se establecieron marcadores como la sonda RG57 para huella del ADN nuclear y cebadores específicos para la ampliación del ADN mitocondrial. Al comparar las poblaciones de Polonia de 1985-1991, con los 153 aislamientos colectados en Holanda en 1989, se observaron diferentes, aunque tuvieron en común muchos hálelos isoenzimáticos y similitud en el perfil electroforético del ADN nuclear. En contraste los aislamientos de Rusia fueron muy similares a los de Polonia y Alemania, lo que indica que la población fundadora de Polonia migro con los vientos predominantes del oeste a este a través de Europa. Dicha población tuvo mayor eficacia biológica, rompiendo la resistencia a genes específicos de una variedad local (Bronka), debido posiblemente a la recombinación sexual, que favoreció el desarrollo de los experimentos patogénicamente más agresivos (Villegas, 2003).

Por sus formas filamentosas parecidas a hifas se agruparon originalmente como hongos (Raven *et al.*, 1999), lo que luego fue confirmado por las filogenias moleculares, basadas en las secuencias del ARN ribosomal, datos de los aminoácidos compilados para las proteínas de la mitocondria y cuatro proteínas que codifican para los genes cromosomáticos, evidenciando que los oomycetes adquirieron la habilidad de infectar las plantas de manera independiente de los hongos verdaderos (Kamoun, 2002).

Los oomycetes, están más relacionados con las algas, dado que presentan meiosis en los gametangios, por lo tanto sus núcleos vegetativos son de naturaleza diploide. Son conocidos como organismos “heterocontes”, lo que significa que poseen flagelos en las zoosporas con longitud y ornamentación diferente, los flagelos se presentan en pares, un flagelo mas corto, delgado, cilíndrico y en forma de látigo o flecha (Kamoun, 2002).

Las características que diferencian el genero *Phytophthora* de otros grupos se basa en la morfología de las crestas mitocondriales (tubulares y la bioquímica de las paredes celulares), las cuales contiene micro fibrillas de celulosa con una matriz amorfa de β -1,3 glucanos en vez de quitina, carencia de hipoxidación el esqualente a esteroles y diferencia en las vías metabólicas, como resultado de un sistema genético único (Griffith *et al.*, 1992; citado por Edwin y Ribeiro, 1996).

Los esporangios (conidias) son hialinos, tienen forma de limón, de pared delgada. Al formarse el esporangio en la punta de un esporangioforo, este se hincha ligeramente empuja el esporangio a un costado y continua creciendo. Los esporangios pueden germinar emitiendo un tubo germinativo, pero con mayor frecuencia expulsan alrededor de 8 zoosporas biciliadas que nadan ligeramente en el agua. La reproducción sexual da origen a las oosporas, las cuales se forman por la unión del oogonio con el anteridio (CIP, 1985).

En la naturaleza se han encontrado oosporas en México, donde existen ambos tipos compatibles de apareamiento (A1 y A2). Las hojas que tocan el suelo son las primeras en infectarse, lo que sugiere que las oosporas probablemente juegan un rol en la supervivencia de *Phytophthora infestans* bajo condiciones adversas (Horton, 1998).

Existe una gran preocupación mundial por el resurgimiento de nuevas poblaciones de *Phytophthora infestans*, por el desconocimiento de los agricultores sobre la estrategia del control integrado y la inestabilidad de la resistencia de las variedades, que podría conducir a epidemias de mayor magnitud incluso que la de Irlanda (Horton, 1998).

Algunos autores aseguran que las noches frescas y climas calidos son condiciones propicias para el desarrollo y la diseminación de las enfermedades de la papa, especialmente si se acompaña de brisas húmedas. Las enfermedades fungosas, una vez presente en las plantas en forma de ataque muy severa, producen una defoliación total, en general esta pérdida de las hojas ocurre primero en las ramas inferiores.

Control de tizón tardío [*P. infestans* (Mont) De Bary].

La forma mas adecuada para enfrentar el tizón tardío de la papa y el tomate, es mediante la utilización de todas las técnicas que conducen al manejo integrado de la enfermedad, como las medidas de prevención, mediante el cumplimiento de las normas sanitarias para el transporte de material vegetal, erradicación, las cuarentenas cuando se requieran, variedades resistentes, semillas sanas.

Es necesario conocer los factores que inciden en las epidemias de tizón tardío de la papa y/o tomate y el impacto de las diferentes fuentes de inóculo de *P. infestans* para poder establecer las medidas de control más convenientes, según las situaciones particulares de cada zona: Control biológico, saneamiento, escape, predicción, otras prácticas de control cultural, control químico.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del área experimental

El trabajo experimental se realizó en la localidad el Tisey (Reserva Natural), del departamento de Estelí (Anexo 7), localizado en las siguientes coordenadas geográficas 12° 59' 21" latitud norte y 86° 21' 97" longitud oeste a una altura de 1350 msnm con una precipitación entre 1200 y 1600 mm/año (durante el ensayo no llovió), la temperatura media anual oscilan entre 12° a 15°C por la mañana y 16° a 18° C por la tarde. El estudio de campo se realizó en el periodo comprendido entre noviembre del 2006 a febrero del 2007.

4.2 Material experimental

La variedad de papa evaluada fue CalWhite, la cual fue seleccionada inicialmente en Aberdeen (Idaho) en 1978 de un cruzamiento (progenitores) entre Pioneer (papa larga roja y largo rendimiento) y BC8370-4 (papa larga de tipo russet moderado) efectuado por el doctor Joe Pavekdel USDA en 1976. Fue seleccionada posteriormente por la universidad de California en 1981. Fue nombrada como CalWhite y liberada por la universidad de California en 1997.

La variedad de papa presenta madurez precoz, blanca, larga y ovalada, de cáscara blanca brillante y yemas superficiales o medianamente profundas, produce un buen promedio de tubérculo uniforme en tamaño y forma y es moderadamente resistente a pudrición de la semilla causada por *Fusarium* y sarna común, pero susceptible a pudrición blanda, tizón tardío, PLRV, PVY y necrosis en red. La variedad CalWhite tiene un potencial de producción en peso fresco alto y materia seca lo cual la hace adecuada para el consumo fresco o para el proceso de deshidratación; Los tubérculos son susceptibles al brotamiento por calor si se dejan en suelos en regiones con temperaturas altas o si los tubérculos están cerca de la madurez.

Los fungicidas de contacto y sistémicos utilizados en el ensayo para el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) con su ingrediente activo y su dosis de aplicación se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Productos fungicidas y sus ingredientes activos para el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis
Serenade 1.34 SC	<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	100ml /aspersora de 20lt
Curzate M-72 WP	Cymoxanil + Mancozeb	60 g/aspersora 20 lt.
Equation Pro 52.5 GW	Famoxadona + Cymoxanil	25 g/aspersora 20 lt
Mancozeb 80 WP	Mancozeb	90 g/aspersora 20 lt
Verita 71.1 WG	Fosetyl Al + Fenamidona	75 g/aspersora 20lt
Bravonil 720 SC	Chlorotalonil	50 cc/aspersora 20 lt
Ridomil Gold MZ 68 WP	Metalaxyl-M + Mancozeb	70 g/aspersora 20 lt

4.3 Procedimiento Experimental

4.3.1 Diseño experimental

Los tratamientos fueron distribuidos en el campo en un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones incluyendo un testigo absoluto para un total de 20 unidades experimentales (Anexo 1). La parcela experimental consistió de cuatro surcos a un metro de distancia, y entre plantas fue de 0.30 m y el largo de los surcos fue de 6 m cada surco con 20 plantas, totalizando 80 plantas de papa por parcela de la variedad CalWhite. Cada unidad experimental tenía una dimensión de 24 m², en bloques de 168 m² y el área total del experimento fue de 840 m².

4.3.2 Manejo Experimental

El cultivo se estableció el 24 de noviembre del 2006 en un área de 840 m², la preparación del terreno consistió en un pase de arado, tres pases de gradas y posteriormente la aplicación del insecticida Counter para el control de plagas de suelo. Las primeras aplicaciones de fungicidas de contacto (preventivos) iniciaron tan pronto como emergieron las plantas, y las aplicaciones se alternaron con fungicidas sistémicos cuando se presentaron los primeros síntomas de tizón tardío en el follaje del cultivo.

Se hicieron tres aplicaciones de fungicidas preventivos mezclados con cipermetrina y tres aplicaciones con fungicidas sistémicos mezclados con cipermetrina para controlar tizón tardío y al mismo tiempo para el control insectos (Anexo 2). La descripción de los tratamientos se puede observar en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Esquema de la combinación de fungicidas preventivos con el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*Bacillus subtilis* cepa QST 713) y la rotación con fungicidas sistémicos.

Tratamiento No.	Descripción	Abreviatura
1	(Mancozeb + Serenade 1.34 SC) – Equation Pro	(M+S) – Eq
2	(Bravonil + Serenade 1.34 SC) – Ridomil	(B+S) – Rd
3	(Mancozeb + Serenade 1.34 SC) – Curzate	(M+S) – Cz
4	(Bravonil + Serenade 1.34 SC) – Verita	(B+S) – Vt
5	Testigo absoluto	Testigo

4.3.3 Practicas agronómicas

Al momento de la siembra se aplicó el fertilizante 12-30-10 (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 un fertilizante foliar. La segunda fertilización fue a 60 dds con 18-46-0 (N-P-K). El control de malezas se realizó a los 45, 58 y 75 dds. Durante el ciclo del cultivo se regó en dos ocasiones para mantener la humedad necesaria del terreno. Se realizaron dos aplicaciones del insecticida Sunfire 24 SC para el control de *Liryomiza sativa* Blanchart cuando el cultivo estaba en etapa de floración.

4.3.4 Variables evaluadas y análisis estadístico

4.3.4.1. Variables evaluadas

1. Severidad

Se evaluó la severidad de la enfermedad a los 32, 42, 67, 74 y 81 dds, tomando como muestra 40 plantas por cada parcela experimental. Las evaluaciones de severidad se realizaron utilizando la escala descrita por el Centro Internacional de la Papa (CIP) (Cuadro 3).

2. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad.

Con los registros de severidad se calculó el área por debajo de la curva de progreso de enfermedad (ABCPE). basándose en la fórmula:

$$ADCPE = \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{i+1} + x_i}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde:

ABCPE: Área bajo de la curva de progreso de la enfermedad. (Proporción - días).

x = Proporción de la enfermedad.

t = Tiempo en días.

N = Número de veces en que se calcula el área

3. Rendimiento en 24 m² y rendimiento por hectárea

El rendimiento por unidad experimental (24 m²) y por hectárea (10,000 m²) también se evaluó al finalizar el experimento. En base al rendimiento promedio obtenido en 24 m² (parcela experimental), se calculó el rendimiento promedio por hectárea mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento/ha} = [(10,000 \times \text{rendimiento promedio}) / (24 \text{ m}^2) / 1000]$$

Donde,

10,000 = dimensión de una hectárea

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

24 m² = dimensión de las parcelas experimentales

1000 = factor de conversión de kilogramos a toneladas.

4.3.4.2. Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Tukey, $\alpha=0.05$). Los datos se analizaron utilizando el programa SAS v. 9.1.3

Cuadro 3. Escala para el registro de severidad de tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* cv. CalWhite) en la localidad El Tisey, Estelí. 2007

Severidad %	Descripción
0.01	Dos a cinco folíolos 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, o 1 en 20 hojas afectadas severamente
5	Alrededor de 100 lesiones por plantas. Uno en 10 folíolos afectados.
25	Prácticamente cada folíolo está infectado por 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

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Severidad

No se encontraron diferencias significativas entre bloques para la variable severidad de tizón tardío, ni en la interacción tratamiento-bloque, pero si se observó diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 4). La media de severidad en el tratamiento testigo fue más alta en comparación con las medias de los otros cuatro tratamientos, lo cual explica la diferencia entre tratamientos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en las medias de severidad de los tratamientos diferentes del testigo (Cuadro 5; Figura 1).

Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable severidad de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (cv. CalWhite) en El Tisey, Estelí. 2007.

Fuente de variación	Gl	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	4	9.47	<.0001
Bloque	3	0.31	0.8207
Tratamiento*Bloque	12	0.30	0.9876

Cuadro 5. Medias de la variable severidad de los cinco tratamientos evaluados en experimentos de campo con el cultivo de papa cv. CalWhite. 2007.

Tratamiento	Medias de severidad	Categoría Tukey ¹ (a=0.05)
Testigo	2.4545	a
(Mancozeb+Serenade)-Equation Pro	0.0080	b
(Bravonil+Serenade)-Ridomil	0.0024	b
(Mancozeb+Serenade)-Curzate	0.0005	b
(Bravonil+Serenade)-Verita	0.0005	b

Cuando se analizó la severidad en los tratamientos de acuerdo a la variable días después de la siembra (dds) se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, en la variable dds y en la interacción tratamientos*dds (Cuadro 6). La severidad fue casi insignificante desde el inicio del período vegetativo hasta los 81 días después de la siembra (dds) como se puede apreciar en el Cuadro 7, lo cual da un indicio de lo efectivo que resultaron los tratamientos en

¹ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

combinación con condiciones desfavorables para el patógeno debido a que la época de siembra coincidió con un período seco aun cuando las temperaturas hayan sido bajas (16-18°C) y la humedad relativa haya sido un poco alta 75-80% (Sep, 1982, citado por Siller, 2003).

Cuadro 6. Análisis de varianza de la variable severidad en función de los tratamientos y los días después de la siembra (dds) del cultivo de papa.

Fuente de variación	Gl	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	4	56.32	<.0001
Días después de la siembra (dds)	4	21.36	<.0001
Tratamiento*dds	16	21.38	<.0001

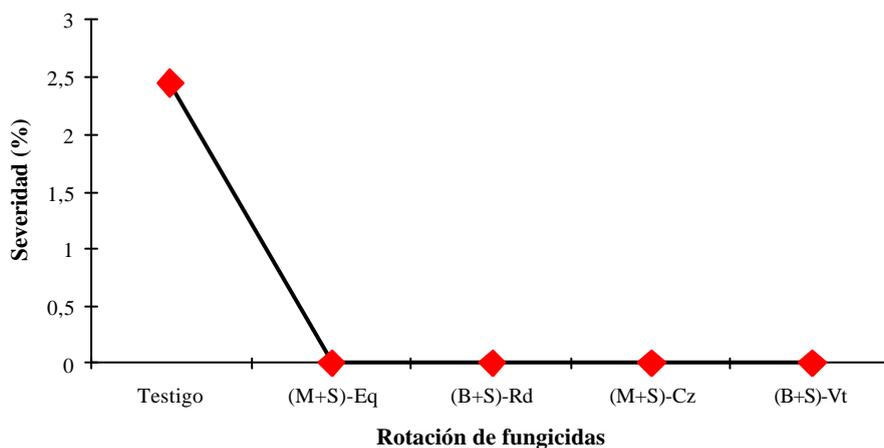


Figura 1. Porcentajes de severidad de tizón tardío en la variedad de papa CalWhite en época de apante en El Tisey, Estelí. 2007.

Cuadro 7. Medias de la variable severidad durante el período de monitoreo de la enfermedad en el campo.

Días después de la siembra	Medias de severidad	Categoría Tukey ($\alpha=0.05$) ²
32	0	c
42	0.0095	c
67	0.1930	cb
74	0.6621	b
81	1.6013	a

5.1.2. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

Se encontraron diferencias altamente significativas entre el testigo y los demás tratamientos y entre días después de la siembra (dds) para los valores de la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), así como también en la interacción tratamientos*dds (Cuadro 8), pero no entre bloques ($Pr > 0.8218$) y ni en la interacción tratamientos*bloques ($Pr > 0.9856$).

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable de respuesta área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en la variedad de papa CalWhite en época de apante en El Tisey, Estelí. 2007.

Fuente de variación	Gl	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	4	77.04	<.0001
Días después de la siembra (dds)	3	23.31	<.0001
Tratamiento*dds	12	22.79	<.0001

Entre los tratamientos diferentes del testigo no se observaron diferencias significativas y los porcentajes del ABCPE fueron por debajo de cero. En el tratamiento (Mancozeb+Serenade)-Equation Pro el valor del ABCPE fue de 0.56, en el tratamiento (Bravonil+Serenade)-Ridomil fue de 0.14, y en los tratamientos (Mancozeb+Serenade)-Curzate y (Bravonil+Serenade)-Verita fue de 0.02. En el testigo los valores del ABCPE fueron de 66.73, lo cual explica las diferencias altamente significativas observadas entre el testigo y los demás tratamientos (Figura 2).

² Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

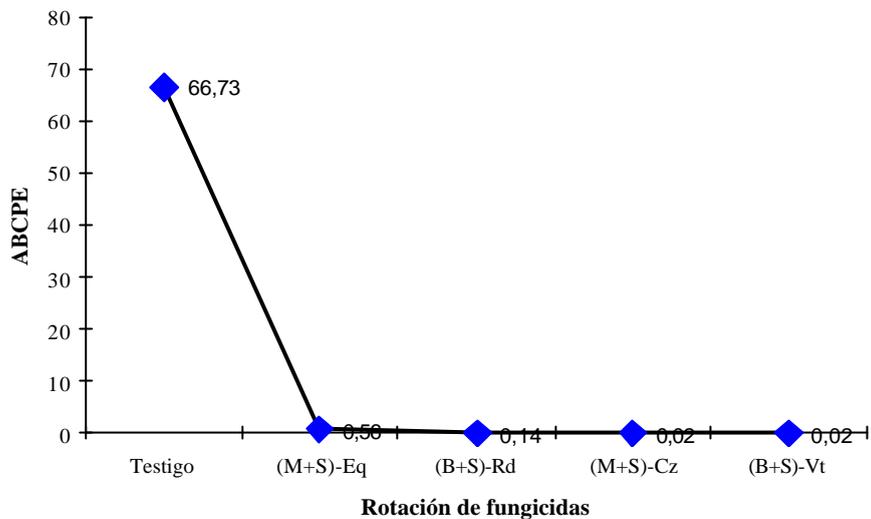


Figura 2. Comportamiento de los diferentes tratamientos de aplicaciones de fungicidas con respecto al testigo medido a través del ABCPE.

Los registros de severidad se realizaron a los 32, 42, 67, 74 y 81 dds. A los 32 dds en ninguna de las parcelas se detectó la presencia de tizón tardío, por lo cual esta fecha fue excluida de los análisis. Fue a partir de los 42 dds que se observó la presencia de tizón tardío en algunas de las parcelas pero a niveles casi insignificantes y esta tendencia se mantuvo durante todo el ciclo del cultivo. Estos niveles bajos de severidad explican también los bajos valores de ABCPE que se observaron desde los 42 dds hasta los 81 dds (Figura 3).

El desarrollo de la enfermedad, aunque a niveles bastante bajos, tuvo un comportamiento exponencial tal y como se aprecia en la Figura 3. Los valores del ABCPE a los 42 dds fueron de 0.05, a los 67 dds fueron de 2.58, a los 74 dds fueron de 5.57 y a los 81 dds fueron de 13.49.

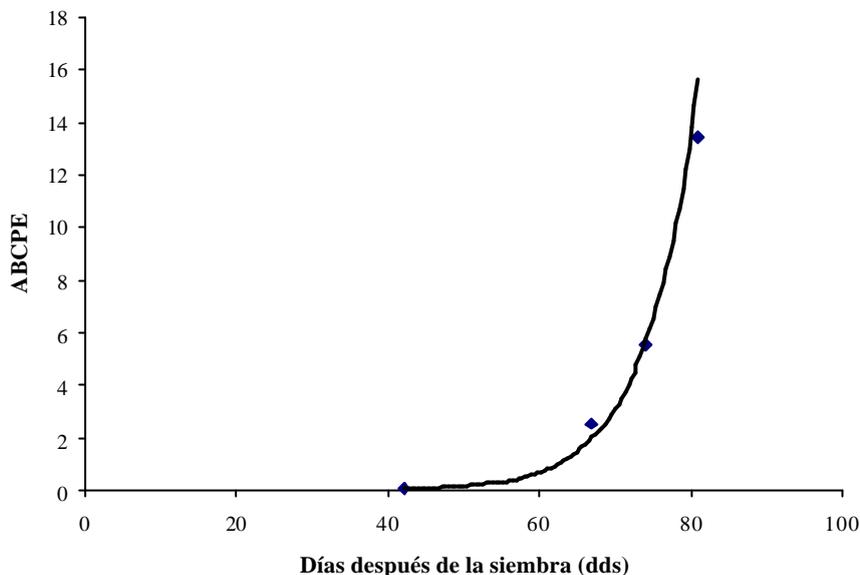


Figura 3. Comportamiento del tizón tardío durante el período de monitoreo de la severidad medido a través del ABCPE.

La mezcla del fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*Bacillus subtilis* QST 713) con los fungicidas de contacto Mancozeb y Bravonil al parecer tuvo un efecto sinérgico al inhibir el desarrollo de *P. infestans* sobre la superficie de las hojas de papa. Este efecto sinérgico influyó en los bajos porcentajes de severidad de tizón tardío y los bajos valores del ABCPE que se encontraron durante el experimento.

5.1.3. Rendimiento

Se evaluó el rendimiento obtenido en 24 m² (Anexo 3) y a partir de éste se calculó el rendimiento proyectado a obtener por hectárea (Anexo 5). No se observaron diferencias significativas para la variable rendimiento en 24 m² entre bloques ($Pr > 0.4727$; Anexo 4), pero si se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($Pr < .0001$; Cuadro 9). Como se puede observar en el Cuadro 9, los rendimientos promedio más altos en 24 m², se observaron en el tratamiento 4 y 2 en este orden. El rendimiento más bajo se registró en el testigo. En la Figura 4 se puede observar el rendimiento promedio (kg en 24 m²) obtenido en los diferentes tratamientos de combinación y rotación de fungicidas preventivos, biológicos y sistémicos.

Cuadro 9. Rendimiento promedio (kg/en 24 m²) obtenido en la variedad de papa Calwhite en la zona del Tisey, Estelí, 2007.

Tratamientos		Medias de rendimiento	Categoría Tukey ($\alpha=0.05$)
No.	Descripción		
1	(M+S)-Eq	62.60	b
2	(B+S)-Rd	71.07	a
3	(M+S)-Cz	65.05	b
4	(B+S)-Vt	73.72	a
5	Testigo	55.23	c

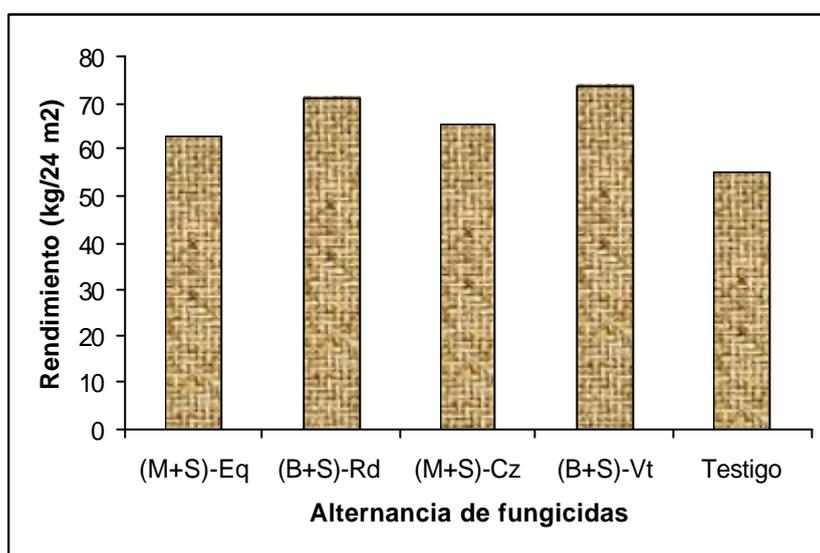


Figura 4. Rendimiento promedio (kg en 24 m²) en los diferentes tratamientos de combinación y rotación de fungicidas en la variedad de papa Calwhite en El Tisey, Estelí, 2007.

A partir del rendimiento promedio obtenido en las parcelas de 24 m² (unidades experimentales) se calculó el rendimiento promedio proyectado a obtener por hectárea en cada repetición (bloque) y por tratamiento mediante la fórmula descrita en el acápite de Materiales y Métodos.

El análisis de varianza del rendimiento promedio por hectárea (Anexo 6) reveló que no existen diferencias significativas entre bloques ($Pr > 0.5229$), pero si se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($Pr < 0.0001$), especialmente cuando se comparó al testigo con los demás tratamientos (Figura 5).

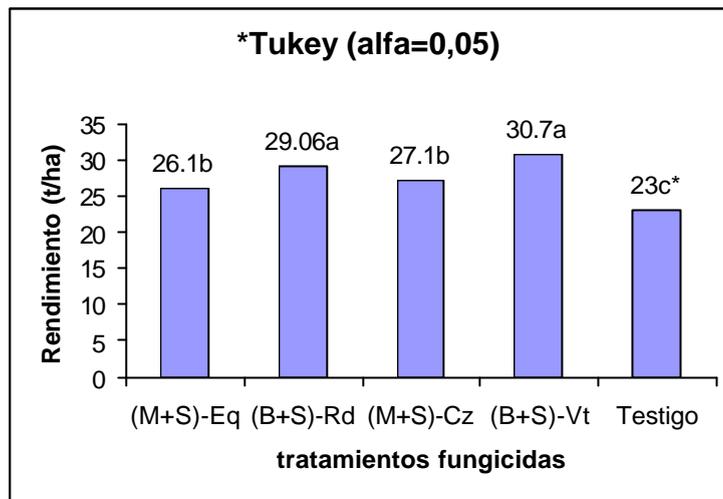


Figura 5. Rendimiento por hectárea obtenido en cada uno de los tratamientos evaluados con la variedad de papa Calwhite en El Tisey, Estelí. 2007.

Como se puede observar en la Figura 5, el rendimiento proyectado más alto por hectárea se obtuvo en el tratamiento (B+S)-Vt, diferenciándose estadísticamente de los tratamientos (M+S)-Eq, (M+S)-Cz y el testigo, pero no del tratamiento (B+S)-Rd.

Asimismo, se hizo una comparación (Figura 6) del rendimiento promedio de la variedad Calwhite con respecto al rendimiento promedio de algunas variedades de papa que se cultivan en Nicaragua y que han sido reportadas por el INTA (2004). Como se observa en la Figura 6, la variedad Calwhite supera el rendimiento promedio de las otras variedades que se cultivan en Nicaragua. Sin embargo, no se puede afirmar categóricamente que si existen o no diferencias significativas entre estas variedades, ya que no se realizó ningún tipo de análisis estadístico en esta comparación, la cual sirve únicamente para ilustrar el potencial que tiene la variedad de papa Calwhite en algunas regiones agroecológicas de Nicaragua. Lo que si se puede afirmar es que estos rendimientos obtenidos son satisfactorios en comparación con los rendimientos de las otras variedades de papa que comúnmente se cultivan en Nicaragua.

Fuente: *INTA (2004); **Aragón y Espinoza (2007)

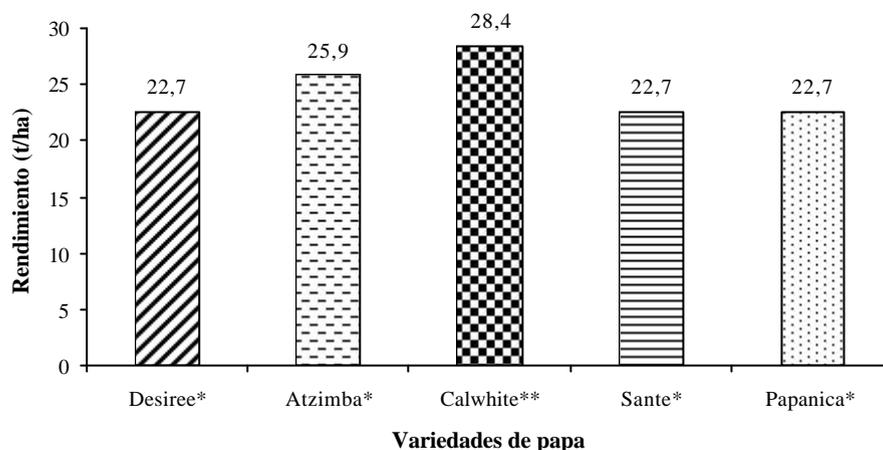


Figura 6. Comparación de los rendimientos de variedades de papa cultivadas en Nicaragua y la variedad Calwhite.

5.2. Discusión

En Nicaragua la investigación dirigida a estudiar el patosistema cultivo de papa-*Phytophthora infestans* es escasa, por no decir inexistente. Dentro de los escasos estudios del cultivo de papa y en los cuales se menciona muy someramente a este patógeno, se ha tratado de evaluar la adaptabilidad de diferentes variedades de papa a las condiciones agroecológicas de Nicaragua y su tolerancia a tizón tardío (Gutiérrez Orozco y Alvarado Meza, 2004). Sin embargo, en esos estudios anteriores el patosistema cultivo de papa-*Phytophthora infestans* no ha sido el foco de atención. Este estudio y el de Miranda González y Lanzas Zeledón (2007), son los primeros estudios en los cuales se evalúan diferentes tratamientos para el manejo de tizón tardío y además se incorporan parámetros epidemiológicos como el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y la curva de progreso de la enfermedad (CPE) para medir la severidad de la enfermedad en una variedad de papa en particular, la variedad CalWhite.

En este estudio en particular la severidad de tizón tardío fue bastante baja incluso en el testigo, n los tratamientos diferentes del testigo los porcentajes de severidad no alcanzaron el mínimo porcentaje de la escala para el registro de severidad de tizón tardío [*Phytophthora infestans*

(Mont.) De Bary] CIP que es de 0.01 (Cuadro 5). Sin embargo, los porcentajes de severidad tuvieron una tendencia a incrementarse a través del tiempo de monitoreo hasta los 81 días después de la siembra (dds) cuando se alcanza el punto máximo de severidad de 1.60 como se puede observar en el Cuadro 7.

Estos porcentajes tan bajos de severidad se pueden deber a dos factores fundamentalmente: el efecto de la combinación y alternancia de fungicidas preventivos y sistémicos y la época de siembra. Los porcentajes más bajos de severidad se observaron en los tratamientos (M+S)-Cz y (B+S)-Vt. Esto coincide con el estudio realizado por Miranda González y Lanzas Zeledón (2007), los cuales evaluaron diferentes rotaciones de fungicidas de contacto y sistémicos para el control de tizón tardío en el cultivo de papa cv. CalWhite en la zona de Aranjuez, Matagalpa y encontraron que en la rotación Mancozeb-Curzate los porcentajes de severidad fueron bajos (8.28%).

La estrategia de alternar fungicidas de contactos y sistémicos ha sido utilizada con buen suceso en experimentos llevados a cabo para el control de tizón tardío. Fernández-Norcothe *et al.* (1999). Esta estrategia ha reducido hasta en un 50% la cantidad de fungicidas a utilizarse tanto en variedades susceptibles como resistentes.

En el estudio realizado en el Tisey, Estelí, se efectuaron seis aplicaciones de fungicidas (tres de contacto combinados con un biológico Serenade SC y tres sistémicos) de forma alterna. Generalmente, los productores de papa de la zona reportan hasta 15 aplicaciones de fungicidas durante el ciclo del cultivo. Por lo tanto es de notar que esa cantidad se redujo drásticamente en este experimento. Sin embargo, hay que señalar que el estudio se realizó durante la época de apante (Noviembre-Febrero) cuando las precipitaciones son escasas en la zona y esto pudo haber aumentado tanto la efectividad de los fungicidas utilizados como la eficacia de la estrategia de alternar fungicidas de contacto y sistémicos.

El efecto sinérgico observado en la mezcla del fungicida biológico Serenade 1.34 SC y los fungicidas de contacto redujo los porcentajes de severidad y los valores del ABCPE. Sin embargo, no se puede afirmar categóricamente que únicamente este efecto sinérgico fue el que influyó en esos porcentajes tan bajos de severidad y valores del ABCPE, sino que hay que tener en cuenta que el ensayo se realizó en una época que es desfavorable para el desarrollo de la enfermedad y este factor pudo también haber contribuido a los resultados obtenidos en cuanto a porcentaje de severidad y valores del ABCPE.

El rendimiento obtenido en este estudio se puede considerar aceptable si se toma en cuenta que en otros países de América Latina, como Panamá y Honduras se han obtenido rendimientos de hasta 84.4 y 74.2 t/ha respectivamente. Sin embargo, el rendimiento obtenido en el Tisey es bueno, si se compara con los rendimientos obtenidos en el año 2003 en Venezuela y Brasil, los cuales fueron de 31.6 y 22.4 t/ha (USPB, 2004; Valladares *et al.*, 2002). En cuanto a la relación severidad de tizón tardío y rendimiento se refiere, se puede decir que la enfermedad no influyó en el rendimiento, ya que como ya se apuntó anteriormente los porcentajes de severidad y los valores del ABCPE fueron tan insignificantes que no fue necesario correlacionar los rendimientos con la severidad del ataque de la enfermedad. Por lo tanto, se puede afirmar que otros factores distintos a los patológicos y más relacionados con el manejo agronómico pudieron influir para que la variedad no expresara todo su potencial genético.

VI. CONCLUSIONES

- Es posible reducir las pérdidas causadas por *P. infestans* en el cultivo de papa cuando se combinan estrategias de rotación de fungicidas de contacto y sistémicos con la época de siembra.
- En época de apante (noviembre-febrero) en la zona del Tisey, Estelí la incidencia y por consiguiente la severidad de tizón tardío fue baja.
- La estrategia de rotación de fungicidas de contacto y sistémicos fue efectiva en el control de tizón tardío.
- La siembra en época de apante redujo significativamente la severidad de tizón tardío sobre la variedad susceptible CalWhite.
- Los rendimientos de la variedad de papa CalWhite fueron satisfactorios en la zona del Tisey, Estelí si se comparan con los rendimientos de otras variedades que se cultivan en Nicaragua.
- La mezcla del fungicida biológico Serenade 1.34 SC con los fungicidas de contacto Mancozeb y Bravonil no tuvo efecto fitotóxico y por el contrario tuvo un efecto sinérgico contribuyendo a aumentar la efectividad de los productos en la mezcla.

VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar la estrategia de rotación de fungicidas de contacto y sistémicos en otras épocas de siembra (primera y postrera) y en otras zonas agroecológicas de Nicaragua.
- Evaluar el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*Bacillus subtilis* cepa QST 713) como fungicida de contacto y sistémico, y en combinación con fungicidas de contacto y en rotación con fungicidas sistémicos en otras zonas agroecológicas de Nicaragua y en otras épocas de siembra (primera y postrera) cuando la presión de la enfermedad es más evidente.
- Seguir evaluando el comportamiento agronómico de la variedad de papa CalWhite en la zona del Tisey, Estelí y en otras zonas agroecológicas de Nicaragua.
- Evaluar otros parámetros epidemiológicos relacionados al tizón tardío apoyándose en datos climatológicos aun cuando las temperaturas fueron bajas y una humedad relativa alta en combinación con una época de siembra seca (apante) en este estudio.

VIII. Bibliografía

Agrios, G. N. 1991. Fitopatología. Primera Edición. México, D. F.

Agrios, 1996., Fitopatología, Limusa, México.

Alexopoulos, C. J. 1979 Introducción a la micología, 2ª ed., Editorial universitaria de Buenos Aires, Argentina.

Arce, S. E; 1964. Efecto de tres fungicidas y tres adherentes en el control de enfermedades en tomate; Universidad de Costa Rica; facultad de Agronomía.

Báez, P. M. 1983., Monografía de la papa (*Solanum tuberosum*), UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. Pág. 17.

Castillo, T. H; Castillo, L. A 1996; Evaluación de semilla sexual híbrida de papa (*Solanum tuberosum*) provenientes del Centro Internacional de la Papa e India en la zona de Miraflor, Esteli. Managua, Nic. Pág. 1, 4, 28.

Centro Internacional de la Papa (CIP) 1985; Principales enfermedades, nematodos, insectos y ácaros de la papa. Pág. 9, 10, 41.

CIBA-GEIGY; 1984. Productos fitosanitarios; 4 ed. Basilea, Suiza.

Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuarias – CONITTA; 1991 Serie ITTA N^o 11. Papa. Pág. 9, 12, 13, 15, 21, 22.

Dicovsky L. 1992. Tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Programa Nacional de Papa. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Estelí.

Edwin, D. C. and Ribeiro, O.K. 1996. Phytophthora diseases worldwide, Minnesota, The American Phytopathological Society.

FAO, 1980. Raíces y Tubérculos. Series mejoradas cultivos-FAO.

Fernandez-Northcote, E.N., Navia, O., y Gondolillas, 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 11(1).

Fry, E. W., Goodwin, S. B., Dyer, A. T., Matuszac, K, J. m., Drenth, A., Tooley, P. W., Sujkowski, L. S., Koh, Y, J., Cohen, B. A., Spielman, L, J., Deahl, K. L., English, D. A. and Sandlan, K. P. 1993. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: Chronology, Pathways, and Implications. Plant diseases 77(7): 653-661.

Greenwood, P.; Halstead, A.; Blurne; 2002. Enciclopedia de las plagas y enfermedades de las plantas. España. Pág. 56, 73.

- Guerrero, G. A., 1981. Cultivos herbáceos extensivo, 2ª. Edición., Mundi prensa, Madrid.
- Gutiérrez Orozco, I. A., y Alvarado Meza, J. M. 2004. Evaluación de adaptabilidad de 12 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su tolerancia al tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] en Santa Rosa, Jinotega. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Tesis Ingeniero Agrónomo. 52 p.
- Henfling, J. W. El tizón tardío de la papa: *Phytophthora infestans*. 2ª edición revisada. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP).1987. 25pp (Boletín de información Técnica. 4) Pág. 4, 19.
- Hooker, W.J., 1986. Compendium of potatoes diseases, 3ª. Edición. American phytopathological society, St. Paul. Minnesota, Estados Unidos.
- Horton, D. 1988. Potatoes, production, marketing and programs for developing countries. Colorado. Estados Unidos.
- [http:// vric.ucdavis.edu/veginfo/commodity/potato/calwhite-spanish04.pdf](http://vric.ucdavis.edu/veginfo/commodity/potato/calwhite-spanish04.pdf)
- Huaman, Z. 1986. Botánica sistemática y morfológica de la papa. Boletín de información técnica 6. Centro Internacional de la papa, Lima, Perú.
- INTA, 2004. Guía MIP en el cultivo de la papa.
- Kamoun, S. 2002. Basic Biology: Information of Mechanism that make *Phytophthora infestans* a pathogen. In: GILB'02 CONFERENCE late blight: Managing the global threat. Abstracts. 11-13 July, Hamburg, Germany. P. 11-12.
- MAGFOR. 2002. Revista Agrícola y Desarrollo. Nicaragua.
- Mendoza, Z. C y B. Pinto, 1983. Principios de fitopatologías y enfermedades causadas por hongos, UACH, México.
- Midmore, D. J. 1980. Fisiologías de las plantas de papa bajo condiciones de clima calido, Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
- Miranda Gonzalez, Y. U., y Lanzas Zeledón, W. J. 2007. Evaluación de alternativas químicas y biológicas en el manejo del tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) cv. Calwhite. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Tesis Ingeniero Agrónomo. (No publicada aún).
- Montaldo, A., 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa, Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura, San José, Costa Rica.
- Reed; L, B. Doolittle S, P. 1963. Insectos y Enfermedades de las Hortalizas en el Huerto Familiar. Pág.:34, 35, 46, 47.

REDCAHOR; 1998-1999. Informe Recursos Genéticos; Ensayo Regional de Validación de Cultivares; Manejo Integrado;

SARH, 1994. Norma oficial mexicana para la certificación de semilla de papa (proyecto).Pág. 18.

Siller, C. M; Morales, G. G. 2003. La papa: El fruto de la tierra; Trillas- México. Pag. 9-26, 95-98.

Torre, H; Lanuza, A.1996.Evaluación de semilla sexual híbrida de papa en India en la zona de Mirafior, Estelí. Tesis. Ing. Agron. Estelí, Nicaragua.

United States Potato Board (USPB). 2004. CalWhite in Latin America. 41 p.

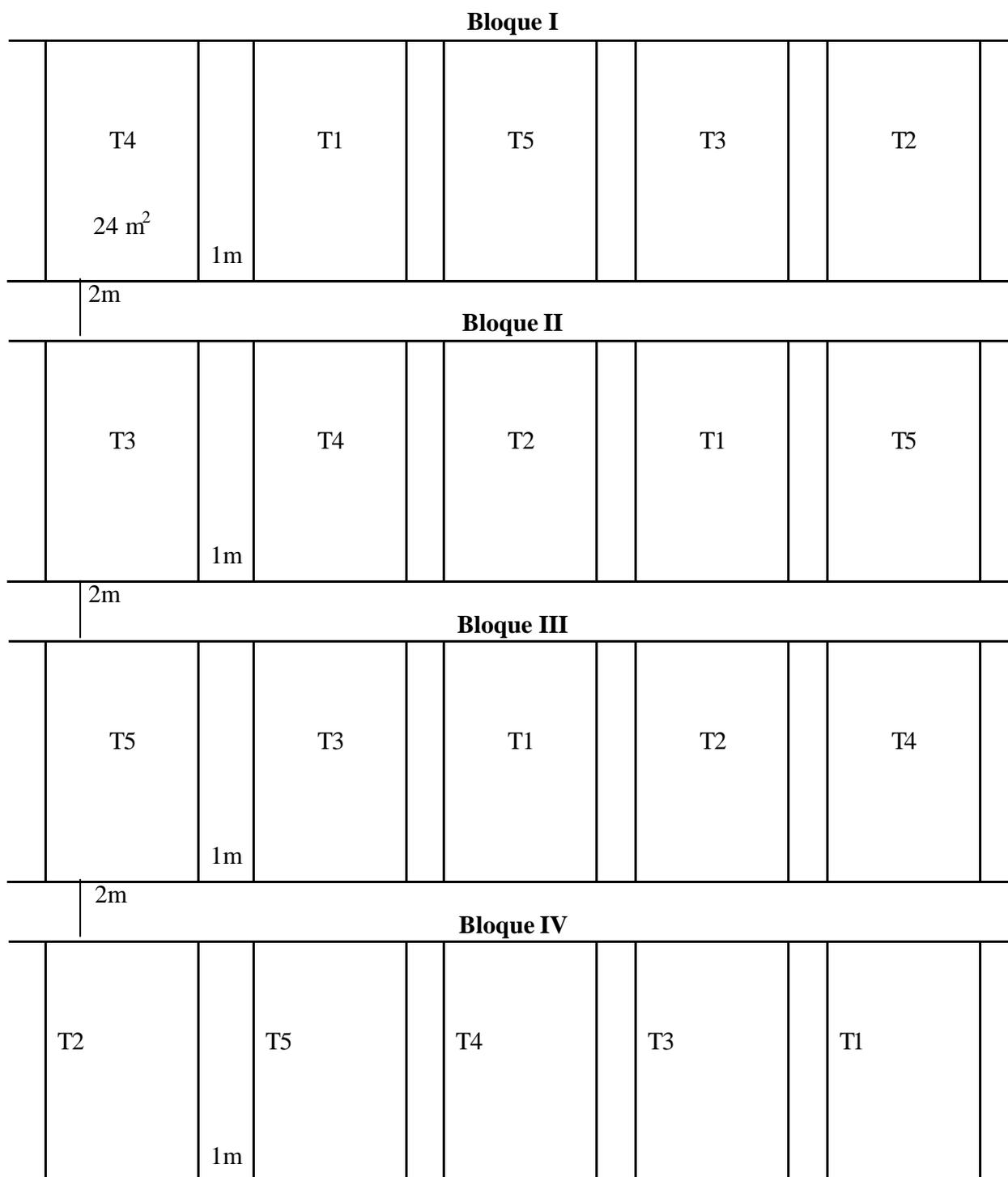
Valladares, C., Morales, R., Bernal, J., Rodríguez, P., Gallardo, M., Narváez, D., Vargas, A., Bernadini, M., Voss, R., Zink, R., Mercado, S. y Joyce, P. 2002. CalWhite en Latino América. En: Suplemento de la Revista Latinoamericana de la papa, 2004. Oral 12.

Villegas Jaramillo. S. 2003. Monografía sobre *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary. Univaesidad nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, Colombia. Pag. 22.

XXX Reunión Anual del PCCMCA.1984; Hortalizas, Frutas, Raíces, Tubérculos y otras especies. Managua, Nicaragua.

IX. Anexos

Anexo 1. Diagrama del ensayo de evaluación de fungicidas para el control de *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa (cv. CalWhite) en la zona de Tisey, Estelí. 2006-2007.



Anexo 2. Número de aplicaciones, fecha de aplicación y estrategia rotación de los fungicidas

No. de aplicaciones	Fecha	Productos
1	18/12/06	Preventivos+cipermetrina
2	26/12/06	Preventivo
3	02/01/07	Preventivo
4	06/01/07	Sistémico+cipermetrina
5	14/01/07	Sistémico
6	22/01/07	Sistémico
7	14/02/07	Sunfire24 SC (Minador)
8	18/02/07	Sunfire24 SC (Minador)

Anexo 3. Rendimiento (kg/24 m²) obtenido en el experimento realizado en El Tisey, Estelí, con la variedad de papa Calwhite y en el cual se evaluaron diferentes rotaciones de fungicidas preventivos y curativos para el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Tratamientos	Bloque	Rendimiento
1	1	63,08
1	2	62,65
1	3	61,35
1	4	63,33
2	1	70,41
2	2	71,04
2	3	73,10
2	4	69,71
3	1	63,42
3	2	65,70
3	3	64,35
3	4	66,72
4	1	74,34
4	2	73,24
4	3	73,57
4	4	73,75
5	1	53,27
5	2	55,54
5	3	54,17
5	4	57,93

Anexo 4. Medias de rendimiento obtenidas para cada uno de los bloques del experimento en El Tisey, Estelí. 2007.

Bloques	Medias de rendimiento	Categoría Tukey ($\alpha=0.05$)
1	64.91	a
2	65.63	a
3	65.31	a
4	66.29	a

Parcela experimental: 24 m²

Número de parcelas experimentales: 20

Área efectiva de siembra: 24 x 20 = 480 m²

1 hectárea = 10,000 m²

1 manzana = 7,026 m²

Rendimiento promedio en 24 m² = 65.54 kg

Rendimiento promedio por hectárea = 28.4 t/ha

Fuente de variación	Gl	Valor de F	Pr > F
Tratamientos	4	111.33	<.0001
Bloques	3	0.89	0.4727

R²=0.974
C.V. (%)=2.1096

Anexo 5. Rendimiento por hectárea por repetición y por tratamiento de la variedad de papa Calwhite en experimento de campo en El Tisey, Estelí. 2007.

Tratamiento	Bloque	Rendimiento
1	1	26,3
1	2	26,1
1	3	25,6
1	4	26,4
2	1	29,3
2	2	29,6
2	3	30,5
2	4	29
3	1	26,4
3	2	27,4
3	3	26,8
3	4	27,8
4	1	31
4	2	30,5
4	3	30,7
4	4	30,7
5	1	22,2
5	2	23,1
5	3	22,6
5	4	24,1

Anexo 6. Análisis de varianza del rendimiento por hectárea en el experimento de campo con la variedad de papa Calwhite en El Tisey, Estelí. 2007.

Variable dependiente: Rendimiento

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
Tratamiento	4	147.9620	36.990500	107.37	<.0001
Bloques	3	0.81350	0.2711667	0.79	0.5229

$R^2 = 0.972964$

Coefficiente de variación = 2.149574

Anexo 7. Ubicación de la zona experimental en El Tisey, Estelí.

