

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

Efecto de estrategias de control químico del tizón tardío *phytophthora infestans* (mont) de Bary, de la papa canchán *solanum tuberosum* en condiciones de Paucartambo, Pasco.

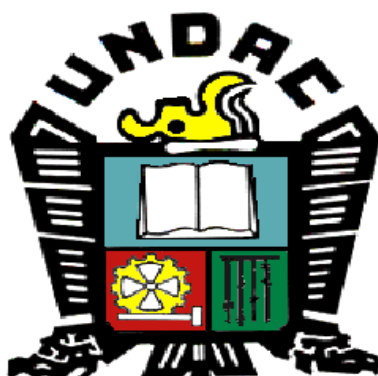
**Para optar en título profesional de:
Ingeniero Agrónomo**

**AUTORES: Bach. Yolda Clotilde, PANDURO ZUÑIGA
 Bach. William Teófilo, ARIAS ALARCÓN**

ASESOR: Ing. Teodosio ASTUHUAMAN VARA

Cerro de Pasco - Perú – 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

Efecto de estrategias de control químico del tizón tardío *phytophthora infestans* (mont) de Bary, de la papa canchán *solanum tuberosum* en condiciones de Paucartambo, Pasco.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Edith luz ZEVALLOS ARIAS
PRESIDENTE

Mg. Carlos de la CRUZ MERA
MIEMBRO

Mg. Carlos de la CRUZ MERA
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por iluminar nuestro camino
y darnos la vida, salud, amor, paz y
esperanza para alcanzar nuestras
metas.

En especial a nuestros padres por
el apoyo Incondicional que nos
brindaron durante nuestra
formación Profesional.

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestros más profundos agradecimientos a:

Dios todo poderoso por brindarnos vida, salud y fortaleza para poder concluir el presente trabajo con éxito.

A la Escuela de Formación Profesional de Agronomía sección Paucartambo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión” por cobijarnos durante nuestros estudios.

A todos los catedráticos, de nuestra escuela por sus valiosas enseñanzas y preocupación constante en la formación de profesionales.

Reconocimiento y gratitud al Ing. Carlos Zambrano Poma, por habernos brindado su apoyo incondicional en la parte estadística de este trabajo de tesis.

A nuestros padres y hermanos que nos apoyaron en todo el trayecto de nuestros estudios y de nuestras vidas.

A todas las personas quienes hicieron posible la realización de este proyecto gracias.

RESUMEN

La papa es uno de los cultivos alimenticios de mayor importancia a nivel mundial, la misma que se encuentra ampliamente difundido, mostrando un considerable incremento en su producción en los últimos años.

El Tizón tardío o racha producido por *Phytophthora infestans* es considerado la enfermedad más importante de la producción mundial de papa y es una importante amenaza para la seguridad alimentaria.

El uso sistemático de fungicidas se presenta como la estrategia más utilizada para el control de la enfermedad, generando un impacto negativo en el ambiente y en la salud de las personas que la consumen y producen, al mismo tiempo que se incrementan los costos de producción.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de las estrategias de control químico del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, en la papa canchan (*Solanum tuberosum*) en condiciones de Paucartambo, Pasco.

Durante la campaña 2011/12 se evaluaron 6 estrategias de control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y un testigo absoluto, en el cultivo de papa variedad canchan, bajo las condiciones agroecológicas del distrito de Paucartambo – Pasco; la misma que pertenece a la zona de vida de Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh – MT). El presente experimento se condujo bajo el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones; teniendo como observaciones durante el crecimiento vegetativo el porcentaje de emergencia, la incidencia, susceptibilidad y el rendimiento de los tubérculos.

Se evaluó la infección natural del *Phytophthora infestans* dadas las condiciones favorables para la diseminación de la enfermedad; para ello se realizaron 7 aplicaciones durante todo el periodo vegetativo; las evaluaciones fueron semanales del porcentaje de follaje afectado en cada parcela, determinándose el Área Bajo la Curva de Progresión de la Enfermedad (AUDPC).

De los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento podemos decir que la aplicación de los fungicidas Ridomil + Bravo es la que presentó mejor respuesta para el control de la *Phytophthora* así mismo el rendimiento fue de 15.13 tn/ha, siendo superior estadísticamente a las demás estrategias.

El testigo absoluto (sin aplicación de fungicidas), tuvo un ataque del 100 % por parte del tizón tardío a los 90 días después de haber sido sembrado, mientras que la combinación de fungicidas utilizadas por los agricultores tuvo un porcentaje de severidad máximo del 40 % a los 104 días después de la siembra. Los otros tratamientos alcanzaron porcentajes de severidad inferiores al 30.67 % en los 104 días después de la siembra.

Asimismo podemos mencionar que existe una relación inversamente proporcional con el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC), es decir a mayor valor del rAUDPC se obtiene menos rendimiento y a menor valor del rAUDPC hay mayor rendimiento de tubérculos por hectárea.

Del mismo modo para elegir una estrategia de manejo químico para tizón tardío se debe de considerar los siguientes factores: condiciones locales históricas de presencia de tizón tardío, tipos de fungicidas disponibles en el mercado y sus características, la oportunidad apropiada para una aplicación considerando el estado de desarrollo de la planta y las fases del ciclo

biológico de *Phytophthora infestans*, la susceptibilidad del cultivar y el manejo agronómico (riego y fertilización nitrogenada).

Palabras clave: Control químico del Tizon, papa canchan.

SUMMARY

Potato is one of the most important food crops worldwide, the same that is widely spread, showing a considerable increase in production in recent years.

The late blight or ranch produced by *Phytophthora infestans* is considered the most important disease of world potato production and is a major threat to food security.

The systematic use of fungicides is presented as the most used strategy for disease control, generating a negative impact on the environment and on the health of the people who consume and produce it, while increasing production costs.

The objective of the present study was to determine the effect of the chemical control strategies of the late blight *Phytophthora infestans* (Mont) of Bary, on the canchan potato (*Solanum tuberosum*) in conditions of Paucartambo, Pasco.

During the 2011/12 campaign, 6 chemical control strategies for late blight (*Phytophthora infestans*) and an absolute control were evaluated in the cultivation of canchan variety potatoes, under the agroecological conditions of the Paucartambo - Pasco district; the same that belongs to the zone of life of very humid Forest Montano Tropical (bmh - MT). The present experiment was conducted under the experimental design of Random Complete Blocks with 7 treatments and 3 repetitions; having as observations during the vegetative growth the percentage of emergency, the incidence, susceptibility and the yield of the tubers.

The natural infection of *Phytophthora infestans* was evaluated given the favorable conditions for the dissemination of the disease; 7 applications were made during the entire vegetative period; The evaluations were weekly of the percentage of foliage affected in each plot, determining the Area Under the Disease Progression Curve (AUDPC).

From the results obtained in terms of performance we can say that the application of the fungicides Ridomil + Bravo is the one that presented the best response for the control of Phytophthora, the yield was also 15.13 tn / ha, being statistically superior to the other strategies.

The absolute control (without the application of fungicides), had a 100% attack by the late blight at 90 days after being sown, while the combination of fungicides used by farmers had a maximum severity percentage of 40% at 104 days after planting. The other treatments reached severity percentages below 30.67% in the 104 days after sowing.

We can also mention that there is an inversely proportional relationship with the area under the relative disease progress curve (rAUDPC), that is, the higher the value of the rAUDPC, the less yield is obtained and the lower the value of the rAUDPC there is a greater yield of tubers per hectare.

In the same way to choose a chemical management strategy for late blight, the following factors must be considered: historical local conditions for the presence of late blight, types of fungicides available in the market and their characteristics, the appropriate opportunity for an application considering the state of development of the plant and the phases of the biological cycle of *Phytophthora infestans*, the susceptibility of cultivation and agronomic management (irrigation and nitrogen fertilization).

Keywords: Tizon chemical control, potato canchan.

INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
SUMMARY	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. EL CULTIVO DE PAPA	3
2.1.1. Origen e importancia	3
2.1.2. Taxonomía y botánica.....	5
2.1.3. Producción de la papa en el Perú.....	8
2.1.4. Variedades de papa más difundidas en Perú con relación al tizón tardío....	11
2.1.5. Características de la variedad en estudio.....	13
2.1.6. Importancia económica del cultivo de papa	14
2.2. TIZON TARDÍO	16
2.2.1. Origen	16
2.2.2. Morfología.....	17
2.2.3. Ciclo de vida.....	19
2.2.4. Síntomas	21
2.2.5. Epidemiología.....	27
2.2.6. Manejo del tizón tardío.....	29
2.2.7. Evaluación de la enfermedad.....	43
2.3. ESTRATEGIAS	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL	48
3.1.1. Ámbito de estudio.....	48
3.1.2. Antecedentes del campo experimental	48
3.1.3. Características de la zona	49
3.1.3.1. Características del suelo experimental	49
3.1.3.2. Características climáticas de la zona	49
3.2. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	51
3.2.1. Material vegetal	51
3.2.2. Factores en estudio	51
3.2.3. Preparación del suelo.....	52
3.2.4. Trazado de parcelas experimentales	52
3.2.5. Fertilización.....	52
3.2.6. Siembra.....	52
3.2.7. Labores culturales.....	53
a) Deshierbo.....	53
b) Aporques.....	53
3.2.8. Control fitosanitario.....	53
3.2.9. Cosecha.....	53
3.3. OBSERVACIONES Y MEDICIONES DEL EXPERIMENTO.....	54
3.3.1. Durante el crecimiento vegetativo.....	54
a) Porcentaje de emergencia.....	54
b) Escala de susceptibilidad	54
3.3.2. En la cosecha	54
a) Rendimiento de tubérculos	54
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	55

3.4.1.	Diseño experimental	55
3.4.2.	Modelo matemático	55
3.4.3.	Análisis de varianza.....	55
3.4.4.	Prueba estadística	56
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1.	Porcentaje de emergencia	57
4.2.	Escala de susceptibilidad - Severidad.....	59
4.3.	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).....	62
4.4.	Rendimiento de tubérculos (kg/15.75m ²).....	63
4.4.1.	Rendimientos de tubérculos de primera	64
4.4.2.	Rendimiento de tubérculos de segunda	66
4.4.3.	Rendimiento de tubérculos de tercera	68
4.4.4.	Rendimiento de tubérculos en tn/ha	70
4.5.	Relación Severidad - Rendimiento	73
V.	CONCLUSIONES.....	74
VI.	RECOMENDACIONES.	77
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	78
VIII.	ANEXOS.	81

I. INTRODUCCIÓN.

La papa es el cuarto cultivo en importancia, después del arroz, el trigo y el maíz, la papa es una fuente de ingresos para muchos agricultores en el Perú (InfoResources, 2008). Una de las principales limitaciones biológicas que afectan a este cultivo es el tizón tardío de la papa causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary; que además es considerada como una de las enfermedades más importantes que afecta al cultivo de la papa a escala mundial, causando significativas pérdidas de rendimiento (Mantecon, 2002). El desarrollo de la enfermedad es particularmente devastadora en zonas húmedas y templadas (Hijmans et al., 2000) como en los valles interandinos y costeros del Perú, especialmente cuando hay temperatura moderada durante el día y alta humedad relativa en las noches (Pérez & Forbes, 2007).

El uso de cultivares resistentes y fungicidas permite reducir las pérdidas causadas por esta enfermedad (Forbes & Jarvis, 1994), siendo las aplicaciones de fungicidas la principal medida de control. El manejo indiscriminado de estos productos, sin importar el ciclo de vida del patógeno y las condiciones meteorológicas durante el cultivo, ocasiona efectos perjudiciales en la salud de los productores, los consumidores y el medio ambiente (Yanggen, 2004 y Crissman, 2002).

Desafortunadamente, el control químico se está haciendo más difícil debido a la aparición de poblaciones nuevas y más agresivas de *P. infestans* (Fernández-Northcote, 1999).

El control del tizón tardío en el distrito de Paucartambo está basado en el uso de fungicidas de contacto, principalmente de ditiocarbamatos entre los que destacan el mancozeb y el propineb. El uso de fungicidas de contacto se debe generalmente al bajo costo, en comparación a los fungicidas traslaminares y sistémicos.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Determinar el efecto de las estrategias de control químico del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, en la papa canchan (*Solanum tuberosum*) en condiciones de Paucartambo, Pasco.
- Evaluar el desarrollo vegetativo del cultivo de papa, en los diferentes estados fenológicos.
- Evaluar la interacción de estrategias de control químico con grado de infección foliar.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. EL CULTIVO DE PAPA

2.1.1. Origen e importancia

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una Solanácea que posee, probablemente, más especies silvestres relacionadas que cualquier otro cultivo. A lo largo de toda la cordillera andina, existe una gran variabilidad englobando alrededor de 2 000 especies del género *Solanum* y ocho especies cultivadas. Todas ellas, afines a *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*, se distribuyen desde el sureste de Norteamérica, pasando por América Central y del Sur hasta llegar a latitudes más allá de los 50° S (CLAUSEN, 2003).

La evolución filogenética y las fuerzas de la selección, migración, mutación, hibridación, poliploidización e introgresión, han contribuido a la divergencia y a explicar el origen de la gran variabilidad genética presente en las especies silvestres y cultivadas (EGÚSQUIZA, 1987).

La papa, alimento básico de América del Sur y descrito como la mayor riqueza del imperio de los incas, fue domesticada hace unos 10.000 años en el altiplano, entre Perú y Bolivia, alrededor del lago Titicaca a 3.800 m sobre el nivel del mar. Es el lugar de la cordillera de los Andes, donde se encuentra la mayor diversidad genética de las especies afines (ENGEL, 1964).

Según HAWKES (1979) las primeras papas domesticadas pertenecieron a la especie *S. stenotomum*, la cual se derivó de *S. leptophyes*. A su vez, *S. stenotomum* probablemente se cruzó con *S. sparsipilum*, una especie silvestre

diploide, lo que dio lugar a *S. andigena*, precursora de la papa tetraploide actual. La duplicación de los cromosomas pudo originarse por la producción de gametos $2n$ en los genitores originales. Posteriormente, se desarrolló una mayor introgresión por cruzamientos en los cuales intervinieron *S. acaule* y *S. megistacrolobum*, que aportaron genes de resistencia a las heladas, tan necesarios en el altiplano andino, dando origen a una serie de papas poliploides.

Según **CHÁVEZ** (1995) el origen y evolución de la especie cultivada ha sido estudiado desde la expedición científica de Juzepczuk y Bukasov en América Central y Sudamérica entre 1925 y 1932, mostrando al mundo la inmensa variabilidad genética existente entre Perú y Bolivia. **HAWKES** (1990) mencionó que la papa tiene su origen en estos dos centros de América del Sur. Una especie de hojas pequeñas y tuberización en días cortos, haciendo referencia a *S. tuberosum* subsp. *andigena*, y otra denominada *S. tuberosum* subsp. *Tuberosum* cultivada en el sur de Chile, con hojas anchas y tuberización de día largo.

Por otro lado **RUÍZ de GALARRETA** y **RÍOS** (2008) mencionan que el primer registro de la papa a Europa fue a fines del siglo XVI por los conquistadores españoles que regresaban de América. La primera constancia del tubérculo en el viejo continente data de 1565, pero podría haber sido introducida aún antes, sobre 1562 desde las Islas Canarias. Hacia 1573 ya se cultivaba en Sevilla (Ríos *et al.*, 2007). La papa, posiblemente, llegó hasta Inglaterra hacia 1590, llevada por Drake o Robergh (**HAWKES y ORTEGA, 1992**).

La aristocracia europea admiraba las flores y los campesinos creían que el tubérculo era venenoso, siendo los marineros los primeros que apreciaron la papa como alimento, el cual lo llevaban para consumir en sus largos viajes. De esta manera, el tubérculo llegó a Irlanda, India, China y Japón a principios del siglo XVII. Pasaron 150 años hasta la aparición de variedades adaptadas a climas templados de días largos, siendo éstas fundamentales para combatir las hambrunas que devastaban el continente europeo.

Durante la revolución industrial se convirtió en un alimento moderno por sus cualidades energéticas, nutricionales, de fácil preparación y bajo precio. Ya en el siglo XIX ayudó a reducir el escorbuto y sarampión, contribuyendo a la explosión demográfica en Europa, Estados Unidos y Reino Unido. Sin embargo, la presencia de una nueva enfermedad, denominada mildiu o tizón tardío, causó la muerte de más de un millón de personas en Irlanda, produciéndose un gran éxodo y conduciendo años más tarde, al inicio del desarrollo de variedades resistentes a las principales enfermedades que afectaban al cultivo (FAO, 2008).

2.1.2. Taxonomía y botánica.

Basándose en las características florales, **HUAMÁN** (1 986) reporta que la papa ha sido clasificada de la siguiente manera:

Reino : Vegetal
Tipo : Espermatofitas o fanerógamas

Sub tipo	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledóneas
Sub clase	:	Simpétalos
Orden	:	Solanales
Familia	:	Solanaceae
Género	:	<i>Solanum</i>
Sub género	:	Leptostemonum
Sección	:	Tuberanum (petota)
Sub sección	:	Hyperbasarthum
Serie	:	Tuberosa
Especie	:	<i>Solanum tuberosum</i> L.

La papa, posee un número básico de cromosomas $x=12$. Es una especie poliploide que varía desde $2n=24, 36, 48, 60$ y 72 cromosomas, cuya evolución parece que se realizó a nivel diploide (**ROSS 1986, HAWKES 1990**).

Entre las especies cultivadas destaca *S. tuberosum* ($2n=4x=48$) que cubre el 98% de la superficie global del cultivo con sus dos subespecies, *tuberosum* y *andígena*. La primera está adaptada a latitudes de 25° a 50° S o N y fotoperiodo largo, y la segunda entre 0° a 20° S o N, de día corto.

La especie *S. tuberosum* se diferencia de otras especies de la misma serie taxonómica por presentar articulación del pedicelo en el tercio medio y los lóbulos del cáliz corto y dispuesto de modo regular. Posee estolones o tallos laterales que crecen horizontalmente y es ahí donde se inicia el llenado del

tubérculo, en la parte apical del mismo, tal como se muestra en la siguiente figura.

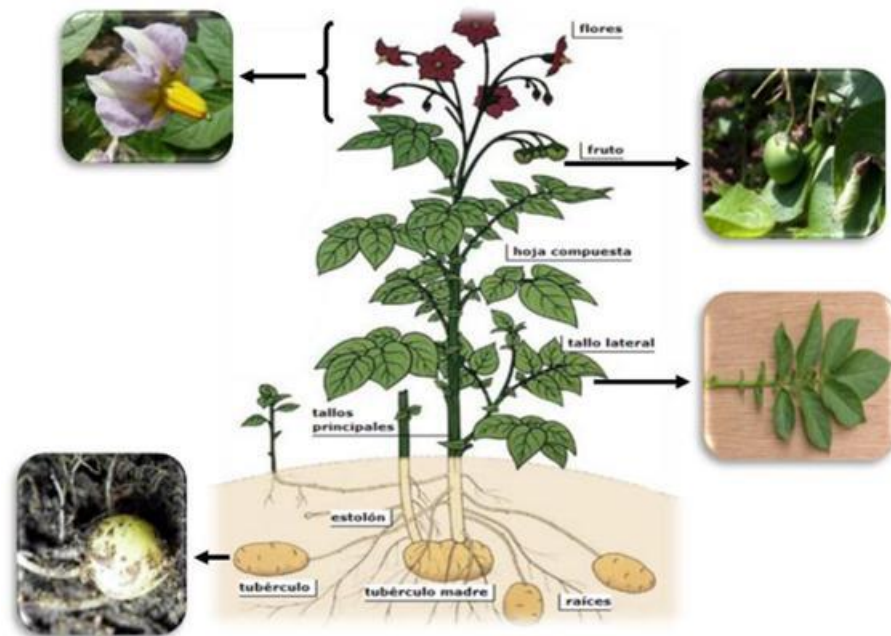


Figura 1. Morfología de la planta de papa (Huamán, 1986).

La reproducción vegetativa se realiza a través de los tubérculos, brotes o yemas, dando lugar a clones genéticamente idénticos a la planta original. De esta forma se pueden obtener fácilmente copias idénticas de los genotipos seleccionados, lo cual es una gran ventaja para los mejoradores. Otra utilización práctica de la propagación asexual es el cultivo de tejidos y de meristemas, cuya finalidad está relacionada con la eliminación de algunos de los principales patógenos del cultivo (**ORILLO y BONIERBALE, 2009**).

Por otra parte, la reproducción sexual permite que el material genético de dos individuos se recombinen y formen nuevas estructuras alélicas. Este proceso requiere de la polinización de los órganos reproductores femeninos o pistilos

por los masculinos o anteras, formando las bayas con un número variable de semillas. Cada una de éstas constituye un nuevo individuo potencial.

HAWKES (1988) describió la papa como una planta dicotiledónea, herbácea, anual, considerada como perenne potencial debido a su capacidad de reproducirse vegetativamente mediante tubérculos. Se caracteriza por sus hojas imparipinnadas o simples con foliolos que varían en número, tamaño y forma según las especies y ambiente dentro del cual se desarrollan. Las flores son hermafrodita de color blanco, azul, rojo o morado. Asimismo, son pentámeras, corola entera, ovario bilocular, estilo y estigma simples con cinco estambres consideradas como autógamas y agrupadas en racimos terminales que conforman una inflorescencia cimosa.

Los tubérculos son tallos modificados que constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta. Presentan ojos que se distribuyen por la superficie variando su forma de acuerdo a la especie, pudiendo ser redondos, ovalados, oblongos o con formas irregulares. El peridermo o la piel es una capa delgada en el exterior del tubérculo. El color de ésta y de la pulpa varía entre blanco, amarillo, crema o morado, apareciendo en algunos casos de forma bicolor (**EGÚSQUIZA, 2000**).

2.1.3. Producción de la papa en el Perú.

En el Perú se produce papa en tres ciclos o campañas agrícolas que varía entre sí de acuerdo al nivel del mar. En el ciclo de costa (0 a 500 m.s.n.m.) hay ausencia de lluvia pero se presenta alta humedad relativa; en la zona media

(500 a 3000 m.s.n.m.) se produce bajo riego y en periodo de ausencia de lluvias, en periodos de alta precipitación la incidencia de la ranca es devastadora; el ciclo de producción en altura (3000 a 4000 m.s.n.m.) se realiza mayormente en periodo de lluvias y la presencia de la ranca varía de acuerdo a la altitud y nivel de pluviosidad (**EGÚSQUIZA Y APAZA, 2001**).

La papa considerada como uno de los principales alimentos en el mundo se cultiva en el Perú en un área aproximada de 282 900 ha con rendimiento promedio de 12.5 t/ha, ocupando el segundo lugar en el área cultivada, superada solo por el maíz y el primer lugar en los volúmenes de producción de 3 536 250 t. La región de la Sierra es la mayor productora de papa, con una participación aproximada de 90 % de la producción nacional, es el 92.5 % del área cultivada. La Costa produce sólo el 10 % del total, haciendo el 7.5 % del área cultivada. En la Selva el cultivo no es significativo (**CABRERA, 2010**). El Perú es el país con mayor diversidad de papas en el mundo, al contar con alrededor de 3000 variedades de papa de las 5000 registradas a nivel mundial (**MURPHY et al, 1999; ANDRE et al, 2007**).

Cuadro N° 01. Principales variedades, plagas y área cultivada por zonas.

Zonas	Departamento	Variedades	Plagas	Área cultivada %
Sierra norte	Piura	Liberteña, Tomasa	Rancha	20
	Cajamarca	Amarilis	Marchitez bacteriana	
	La libertad	Perricholi, Serranita	Nematodo	
	Ancash	Yungay, Canchan	Rancha - gorgojo de los andes	
		Huagalina, Peruanita	Heladas	
Sierra centro	Huánuco	Revolución. Tomasa	Rancha y nematodo	44.5
	Pasco	Yungay, Canchan	Rancha	
	Junín	Amarilis, Canchan	Rancha - gorgojo de los andes	
	Huancavelica	Huamantanga, Serranita	Pulguilla	
	Ayacucho	Huayro, Capiro	Heladas	
	lima	Amarilla	sequia	
Sierra sur	Cuzco	Chasca, Yana Imilla	Heladas, Granizadas	28
	Apurímac	Capiro, Chasca	Inundaciones	
	Puno	Cica, Imilla Negra	Nematodos	
	Arequipa	Yungay, Canchan	Rancha - gorgojo de los andes	
	Moquegua	Valicha - Perricholi	Rancha	
	Tacna	Revolución	Roña, verruga	
Costa central	Lima	Canchan, Perricholi	Mosca minadora	2.5
	Ica	Amarilis, UNICA	Nematodo - Polilla	
Costa sur	Tacna	Canchan, Perricholi	Mosca minadora	5
	Arequipa	Amarilis, UNICA	Salinidad - suelo	

Fuente: producción de semilla de papa (Cabrera, 2010).

2.1.4. Variedades de papa más difundidas en Perú con relación al tizón tardío.

En general no existe un sistema estandarizado para medir el grado de resistencia a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa. La práctica más común es clasificar a los genotipos en resistentes, moderadamente resistentes o susceptibles. Esta clasificación puede ser útil en ciertos casos, pero es muy limitada para comparar genotipos en diferentes ambientes y para obtener información para manejo de fungicidas (**ANDRADE-PIEDRA et al, 2010**).

El uso de cultivares con niveles apropiados de resistencia genética a *Phytophthora infestans* es sin lugar a dudas, un componente de importancia visible. Como se puede observar en el cuadro N° 2, los cultivares de papa más sembrados en el Perú son susceptibles a *Phytophthora infestans* por lo que se siembran o se recomienda sembrarlos preferentemente en las zonas en las que la enfermedad no se presenta o en las que su incidencia es ocasional (**EGUSQUIZA y APAZA 2001**).

En zonas de producción con incidencia moderada del tizón tardío puede ser suficiente el uso de variedades resistentes, aunque el agricultor siempre debe estar alerta a la necesidad de usar un fungicida. En cambio, en zonas de alta presión de la enfermedad es preferible complementar con prácticas adicionales de manejo integrado (**PÉREZ Y FORBES 2008**).

GASTELO y LANDEO (1999) encontraron que en zonas con muy alta incidencia de tizón tardío los cultivares resistentes requieren solamente tres

fumigaciones para un rendimiento rentable, mientras que los cultivares susceptibles requieren más de 8 aplicaciones químicas.

El uso de las variedades resistentes en muchos casos quedaba descartada por las preferencias del consumidor o de la industria de alimentos, por ello, los programas nacionales de mejoramiento genético de papa en alianza estratégica con el Centro Internacional de la Papa (CIP) están trabajando para obtener variedades con resistencia múltiple y de acuerdo a las exigencias y preferencias locales (**PÉREZ y FORBES 2008**).

Cuadro 02. Nivel de reacción a *Phytophthora infestans* de los principales cultivares comerciales del Perú.

Cultivares	Importancia *	Reacción **
Yungay	A	T
Canchán INIA	A	S
Tomasa Condemayta	A	MS
Perricholi	A	R
Amarilis	B	R
Liberteña	B	T
CICA	B	MS
Andina	B	MS
Huayro	B	S
Peruanita	B	T
Tumbay	B	T
Diacol Capiro	C	MS
Mariva	C	S
Revolución	C	S
Amapola	C	R
Chasca	C	S
Muru	C	R
Costanera	C	S
San Antonio Abad	C	T
Unica	C	S

Cultivares	Importancia *	Reacción **
Maria Reiche	C	S
Qompis	C	MS
Yana imilla	C	MS
Runtush	C	MS
Kori INIA	C	T
Chagllina INIA	C	T
INIA 301	C	T
Chata Roja	C	T
INIA 305	C	T

(*) Importancia: A = Amplia distribución geográfica; B = Regular distribución geográfica; C = Distribución geográfica regional.

(**) Reacción: R = Resistente; S = Susceptible; T = Tolerante; MS = Muy susceptible. (EGUSQUIZA y APAZA 2001)

Se considera que una planta es susceptible cuando el patógeno es capaz de penetrar, infectar y originar en la planta los síntomas característicos de la enfermedad. La resistencia es el mecanismo genético mediante el cual la planta retarda o suprime la invasión de sus tejidos por parte del patógeno (TAPIERO, 1999).

2.1.5. Características de la variedad en estudio

Canchan INIA

Fue originada en el CIP en 1980 y desde 1982 se iniciaron las evaluaciones en el departamento de Huánuco (Mayobamba). Este clon proviene del cruzamiento (B1-2)2 como progenitor femenino, cuya resistencia deriva de Clack (*Solanum tuberosum* x *Solanum demisum*) y el progenitor masculino Murillo III-80 que proviene del Cruzamiento de dos cultivares nativos

(*Solanum ajanhuiri* y *Solanum andigena*) que aportan tolerancia a heladas y resistencia de campo a la ranchara. Fuente: INIA, 2012 (<http://www.inia.gob.pe/webinia/vinia/variedad>).

2.1.6. Importancia económica del cultivo de papa

A diferencia del arroz, el trigo y el maíz, la papa no participa en el comercio mundial y sus precios por lo general se determinan a través de la oferta y la demanda local. Un estudio de la FAO en más de 70 de los países más vulnerables del mundo, revela que la inflación de los precios de la papa es muy inferior respecto al de los cereales. Por lo tanto, es un cultivo muy recomendado para la seguridad alimentaria, que puede ayudar a los países de bajos ingresos a compensar los problemas causados por el aumento de los precios de los alimentos (FAO, 2008). El Centro Internacional de la Papa (CIP), menciona que la papa es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo después del arroz y el trigo, en términos de consumo humano.

Económicamente, la papa ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, representando más de 6 000 millones de dólares anuales en el comercio mundial. El tubérculo contiene en torno al 80% de agua y un 20% de materia seca, además de una importante cantidad de vitaminas como la C, B1, B3 y B6, y minerales como K, P y Mg.

Durante la mayor parte del siglo XX Europa fue el primer productor mundial, lugar que ahora ocupa Asia (Figura 2). No obstante, actualmente siete países europeos están entre los primeros 10 productores. También debemos destacar que Europa posee el mayor consumo del mundo con 90 kg por persona/año.

La producción de papa en los países más desarrollados, ha disminuido en promedio un 1% anual en los últimos 20 años.

Sin embargo, la producción en los que están en vías de desarrollo se ha incrementado en un 5%, siendo China e India, los impulsores de este crecimiento (FAOSTAT, 2013). En Europa, los mayores productores son Alemania con 10 201 900 t y una superficie de 255 200 ha, teniendo un rendimiento de 39,9 t/ha, seguido de Holanda con 6843.53 t y 156 969 ha, alcanzando un rendimiento medio de 43,5 t/ha. Por su parte Reino Unido produce 6 045 000 t con una superficie de 138 000 ha y rendimiento de 43,8 t/ha, seguida de Francia con 6 582 190 t, superficie de 165 576 ha y un rendimiento medio de 39,7 t/ha.

La producción en España en el 2012 alcanzó 2 192,284 t, con una superficie de 72 023 ha y un rendimiento de 34 t/ha.

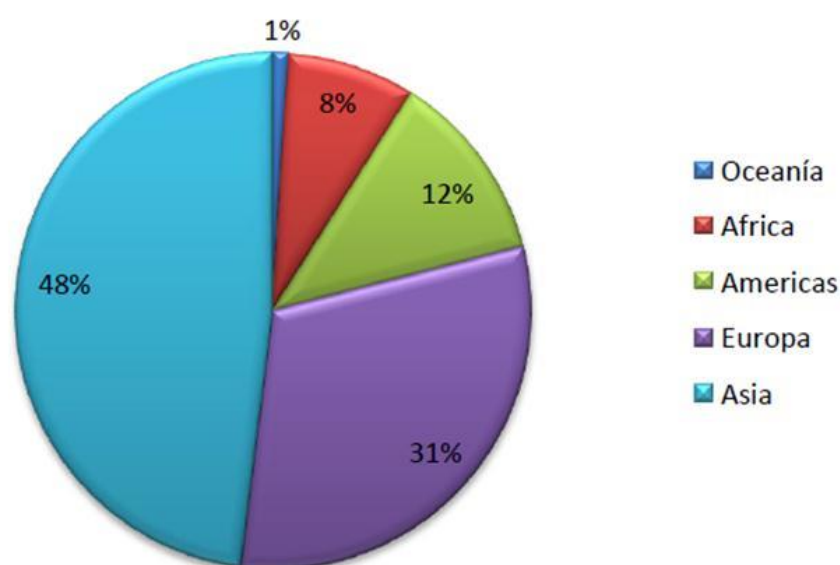


Figura 2. Producción mundial de papa por continentes (FAOSTAT, 2013).

2.2. TIZON TARDÍO

2.2.1. Origen

PÉREZ y **FORBES** (2008) mencionan que el nombre de *Phytophthora infestans*, se deriva de las palabras griegas phyto=planta, phthora= destructor. Este patógeno, miembro de la clase oomycete, pertenece al reino cromista y está relacionado filogenéticamente con las diatomeas y algas pardas la pared celular de los oomycetes contiene principalmente celulosa y β -glucanos antes que quitina y no tienen capacidad de sintetizar los esteroides. Estas características hacen suponer que los oomycetes han coevolucionado a partir de líneas diferentes de los hongos superiores como ascomycetos y basidiomycetos

El origen del patosistema *P. infestans* / *S. tuberosum* no es del todo claro (**ABAD** y **ABAD 1997**). Sin embargo, tradicionalmente se ha sugerido el Valle de Toluca en México como el centro de origen de *P. infestans* (Tooley *et al.* 1986), por encontrarse en este lugar las 2 formas de combinación sexual; denominadas arbitrariamente A1 y A2. **GOODWIN** (1997) señala que desde este lugar se inició la diseminación del hongo de tipo sexual A1 en 1842, y posteriormente el tipo sexual A2 en la década de 1980. Una de las cualidades más sobresalientes de *P. infestans* y que ha sido documentada en diferentes regiones del mundo, tanto en papa como en otras solanáceas es su gran variabilidad o complejidad patogénica (**DERIE** y **INGLIS 2001**). La existencia de razas en este patógeno es lo que ha dificultado hasta el momento la obtención de variedades comerciales de papa con resistencia duradera. Los principales mecanismos que justifican tal variabilidad en *P. infestans* son: la

posibilidad de la reproducción sexual, la hibridación somática de hifas y la variación poblacional del hongo provocada por la presencia de genes *R* en la población de los cultivares comerciales (TOOLEY *et al.* 1986, SHAW 1991, GOODWIN *et al.* 1995). Estas características, aunadas a la posibilidad de migración de patotipos entre países y continentes, hacen posible que exista un gran dinamismo que favorece cambios en la composición genética de la población de *P. infestans* (FRY *et al.* 1993, GOODWIN *et al.* 1998, PLATT *et al.* 1999).

2.2.2. Morfología

Según PÉREZ y FORBES (2008), el micelio es cenocítico, es decir no presenta septas o tabiques que separen el micelio; los esporangios son ovoides, elipsoidales a limoniformes, ahusados en la base, caducos, con un pedicelo menor de 3 μm y semipapilados. Su tamaño varía de 36 x 22 μm a 29 x 19 μm (Fig. 3 y 4). Los esporangióforos son de crecimiento continuo, con un pequeño hinchamiento justo debajo del esporangio (Fig. 5).



Fig. 3 Micelio sin septas (m) y esporangios limoniformes y elipsoidales.

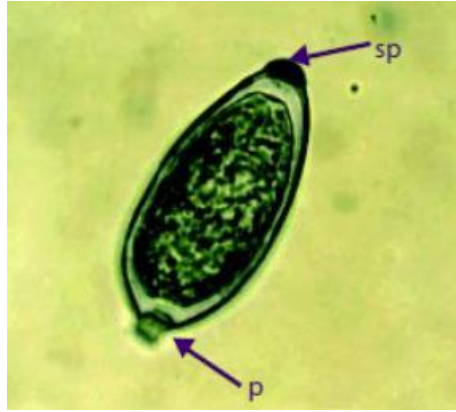


Fig. 4. Esporangio limoniforme mostrando el pedicelo (p) y la semipapila (sp).

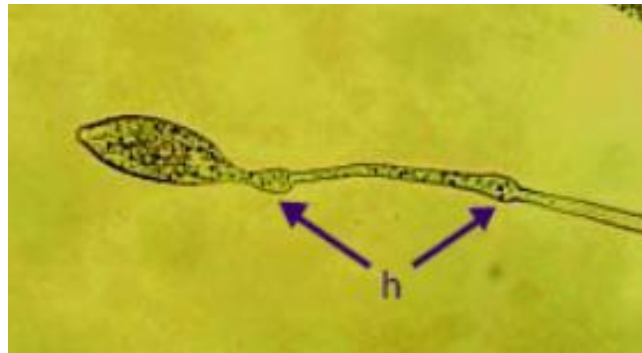


Fig. 5. Esporangióforo de crecimiento continuo mostrando los hinchamientos (h) que se forman justo debajo del esporangio.

P. infestans es heterotálico con dos tipos de apareamiento, A1 y A2. Estos tipos de compatibilidad difieren en la producción y respuesta hormonal, más que en dimorfismo sexual. Se propuso que las hormonas A1 y A2 producidas por los grupos de compatibilidad A1 y A2 respectivamente, estimulan al grupo de apareamiento opuesto para formar oosporas. En *P. infestans* los aislamientos de cada tipo son bisexuales y autoincompatibles, por lo que se han reportado diferentes grados de “masculinidad” y “femeneidad” dentro de este patógeno. Así, aislamientos que son fuertemente “masculinos” formarán más anteridios que oogonios y los que son fuertemente “femeninos” formarán

más oogonios que anteridios, mientras que algunos aislamientos presentan tendencias equilibradas.

Las oosporas formadas en las hojas tienen un diámetro promedio de 30 μm (24–35 μm) y las formadas en medio de cultivo, entre 24 a 56 μm de diámetro (Fig. 6).

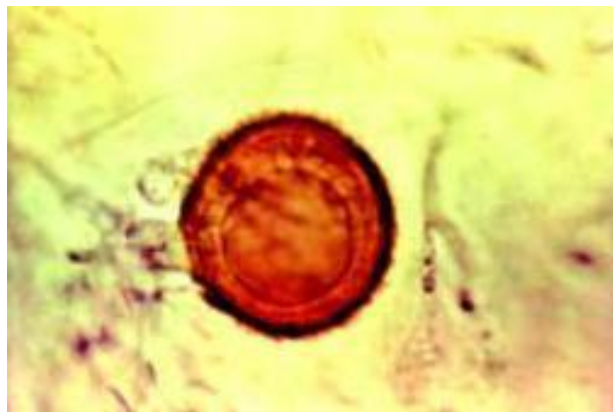


Fig. 6. Oospora típica mostrando el color característico y la pared engrosada. (Foto: CIP).

Hinchamientos hifales o clamidosporas no han sido reportados en este patógeno. Sólo en un artículo publicado en Rusia se reportan clamidosporas después de un periodo de incubación de 4 a 9 meses en medio de cultivo a 9 - 10°C (**PATRIKEYEVA** (1979), citado por **ERWIN** y **RIBERO**, 1996).

2.2.3. Ciclo de vida

a) Asexual

PÉREZ y **FORBES** (2 008) señalan que en agua libre y con bajas temperaturas, los esporangios germinan indirectamente produciendo alrededor de 8 - 12 zoosporas uninucleadas y biflageladas. Las zoosporas se forman dentro del esporangio y son liberadas cuando se rompe la pared

esporangial a nivel de su papila, lo cual permite a las zoosporas nadar libremente. Las zoosporas tienen dos flagelos diferentes: uno de los flagelos es largo y en forma de látigo, en tanto que el otro es más corto y ornamentado, con dos filas laterales de pelos en el extremo.

Las zoosporas se enquistan sobre superficies sólidas, es decir, se detienen, adquieren una forma redondeada y forman una pared celular. Luego, en presencia de humedad, pueden desarrollar un tubo germinativo y penetrar a la hoja por los estomas, o formar el apresorio, de tal manera que la hifa de penetración ingresa directamente a través de la cutícula. Una vez dentro de la planta, el micelio se desarrolla intercelularmente formando haustorios dentro de las células. Ocasionalmente se forman haustorios en forma extracelular (Fig. 7).

Cuando la temperatura es mayor a 15° C, los esporangios pueden germinar directamente, formando un tubo germinativo que penetra la epidermis de la hoja e infecta al hospedante.

b) Sexual

Los gametangios se forman en dos hifas separadas, por lo que *P. infestans* es heterotálico. Así, ambos tipos de apareamiento A1 y A2, deben estar presentes para que ocurra la reproducción sexual. La unión de los gametos ocurre cuando el oogonio atraviesa el anteridio y ocurre la plasmogamia. Esto conduce a la fertilización y al desarrollo de una oospora con paredes celulares gruesas. La oospora es fuerte y puede sobrevivir en los rastrojos. Bajo condiciones favorables, la oospora produce un tubo germinativo que forma

un esporangio apical, el cual puede liberar zoosporas o formar nuevamente un tubo germinativo, los cuales sirven como inóculo primario (Fig. 7).

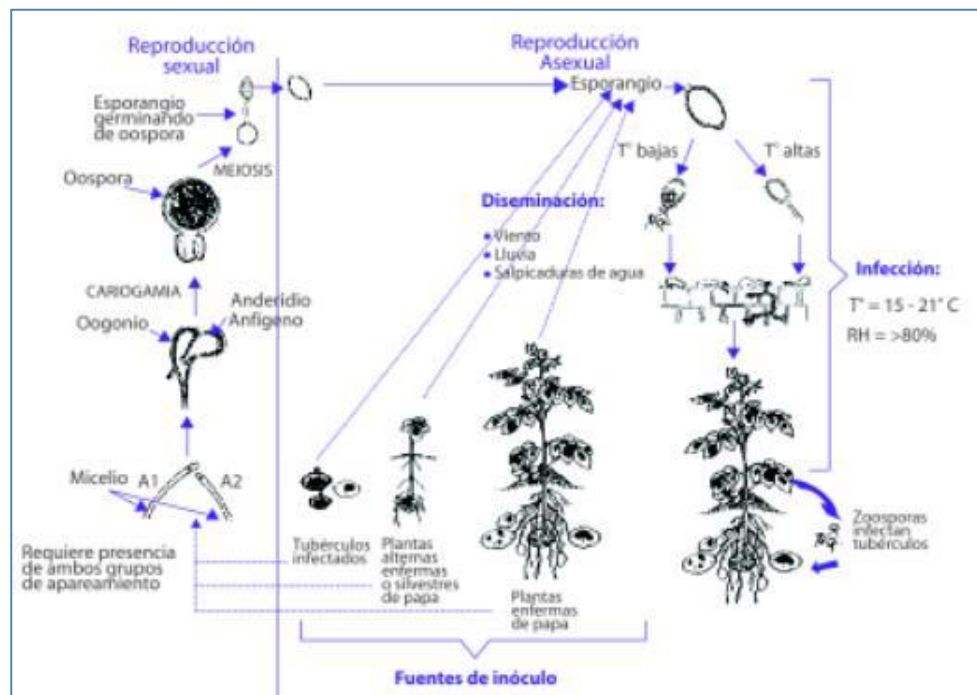


Fig. 7. Ciclo de vida de *Phytophthora infestans*.

2.2.4. Síntomas

PÉREZ y **FORBES** (2008), mencionan los siguientes síntomas de *P. infestans* en diferentes partes de la planta de papa:

Hojas: Las manchas son de color marrón claro a oscuro, de apariencia húmeda, de forma irregular, algunas veces rodeadas por un halo amarillento, no están limitadas por las nervaduras de las hojas (Fig.8). Estos síntomas se presentan inicialmente en los bordes y puntas de las hojas (Fig.9). Bajo condiciones de alta humedad, se forman en la cara inferior (envés) de las hojas

unas vellosidades blanquecinas que constituyen las estructuras del patógeno (esporangióforos y esporangios) (Fig.10).

Las lesiones se expanden rápidamente, se tornan marrón oscuro, se necrosan y causan la muerte del tejido. En el campo, las plantas severamente afectadas emiten un olor característico, debido a la rápida descomposición del tejido foliar (Fig.11).



Fig. 8. Manchas necróticas con halo amarillento causadas por *P. infestans*.



Fig. 9. Lesiones iniciales en los bordes y ápices de las hojas.



ig. 10. Micelio blanquecino presente en el envés de las hojas.



Fig. 11. Plantas severamente afectadas por tizón tardío.

Tallos y pecíolos: Las lesiones son necróticas, alargadas de 5 – 10 cm de longitud, de color marrón a negro, generalmente ubicadas desde el tercio medio a la parte superior de la planta, presentan consistencia vítrea (Fig. 12 y 13). Cuando la enfermedad alcanza todo el diámetro del tallo, éstas se quiebran fácilmente al paso de las personas, equipos agrícolas o de vientos fuertes (Fig. 14). En condiciones de alta humedad también hay esporulación sobre estas lesiones pero no muy profusa como se presenta en las hojas.



Fig. 12. Lesiones características en el ápice y tallo de la planta.



Fig. 13. Lesiones alargadas de color marrón oscuro presentes en el tallo.

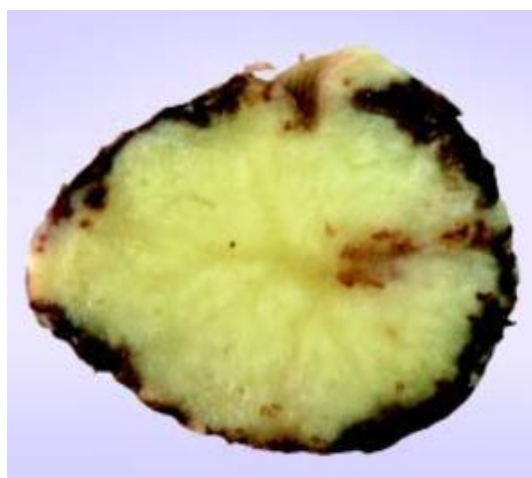


Fig. 14. El tallo afectado se quiebra fácilmente.

Tubérculos: Los tubérculos afectados presentan áreas irregulares, ligeramente hundidas. La piel toma una coloración marrón rojiza (Fig.15). Al corte transversal se pueden observar unas prolongaciones delgadas que van desde la superficie externa hacia la médula a manera de clavijas. En estados avanzados se nota una pudrición de apariencia granular de color castaño oscuro a parduzco (Fig. 16), en estas condiciones puede ocurrir una pudrición secundaria causada por otros hongos (*Fusarium* spp.) y bacterias (*Erwinia* spp. *Clostridium* spp. etc), provocando la desintegración del tubérculo y haciendo difícil el diagnóstico.



Fig. 15. Lesiones irregulares de color marrón rojiza sobre la superficie de los tubérculos.



ig. 16. Estrías necróticas que van de la superficie del tubérculo hacia el interior.

2.2.5. Epidemiología

Donde no hay un ciclo sexual, la sobrevivencia del patógeno ocurre en forma de micelio en tubérculos de plantas voluntarias, tubérculos semilla (Fig. 17) o tubérculos desechados cerca a campos de cultivo.



Fig. 17. Micelio de *P. infestans* desarrollándose sobre tubérculo semilla luego de un almacenamiento inadecuado.

Los esporangios también pueden sobrevivir varios días e incluso semanas en suelo húmedo, sin embargo no sobreviven temperaturas de congelación. Los brotes desarrollados a partir de los tubérculos infectados constituyen el inóculo inicial, el micelio crece a través del tallo y llega a la superficie del suelo.

Cuando el micelio alcanza las partes aéreas de la planta, se forman los esporangios y estos son dispersados por el viento o salpicaduras a las plantas

vecinas. Los esporangios son producidos durante las noches húmedas y en la mañana son dispersados hacia las hojas para reiniciar el ciclo (Fig. 18).



Fig. 18. Condiciones de nubosidad y lloviznas que favorecen las epidemias de tizón tardío.

El tubo germinativo de los esporangios o de las zoosporas forman apresorios y mediante la hifa infectiva penetran principalmente por las células adyacentes a las células oclusivas del estoma. También pueden penetrar la pared periclinal de las células epidermales y formar un micelio intercelular. Al cabo de unos cuantos días (4 días en condiciones óptimas: temperaturas moderadas y alta humedad) después de haberse producido la infección, emergen nuevos esporangióforos a través de los estomas y producen numerosos esporangios que infectarán otras plantas. En una sola campaña de cultivo pueden producirse varias generaciones asexuales del patógeno.

En condiciones de humedad, los esporangios que se encuentran en hojas y tallos son lavados y arrastrados hacia el suelo, donde pueden producir zoosporas e infectar los tubérculos que se encuentran cerca a la superficie del suelo.

La infección se realiza a través de heridas o lenticelas. Una vez dentro de las células del tubérculo, se forman los haustorios, de la misma manera que en las hojas, y utilizan el contenido de las células como alimento. Pueden producirse infecciones durante la cosecha, cuando los tubérculos son expuestos a follaje contaminado o a esporangios todavía presentes en el suelo. La mayoría de estos tubérculos se pudren en el suelo por infecciones secundarias de otros microorganismos, producen infecciones bajo condiciones de almacenamiento inadecuado, o el micelio sobrevive hasta la próxima campaña en los tubérculos semilla.

2.2.6. Manejo del tizón tardío

El manejo integrado es el empleo de diferentes métodos de control de las enfermedades (Fig. 19). Se realiza con la finalidad de disminuir o evitar las pérdidas que ocasionan, de tal manera que el agricultor logre una mayor rentabilidad, además de evitar daños a la salud humana y al medio ambiente es necesario tener en consideración que los distintos métodos de control no se excluyen entre sí.

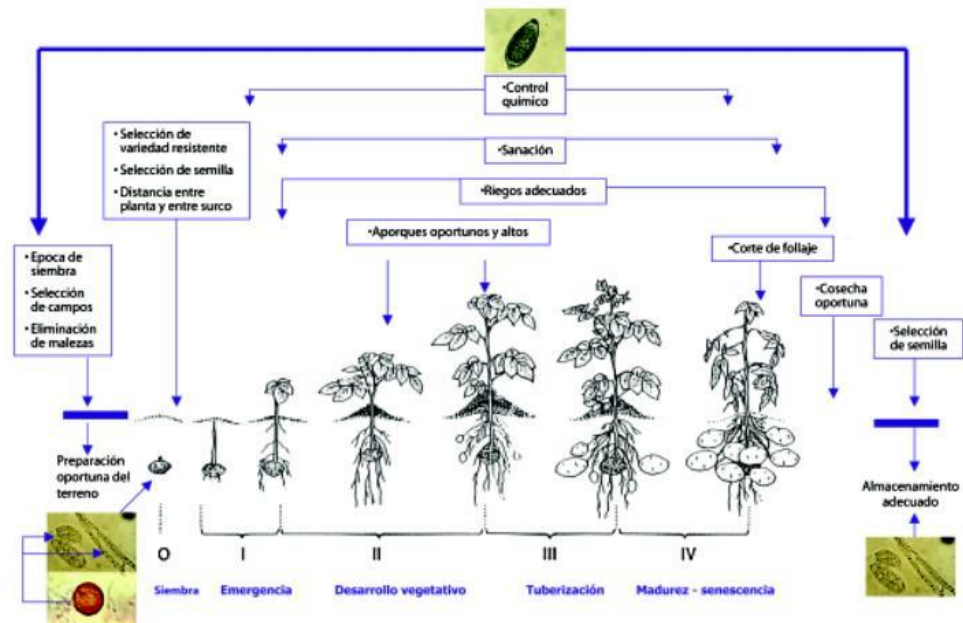


Fig. 19. Esquema de manejo Integrado del tizón tardío de la papa.

Los principales componentes del manejo del tizón tardío comprenden controles genético, químico, cultural y biológico.

a) Control Genético

Consiste en utilizar la habilidad que tienen algunas variedades o especies vegetales para impedir el desarrollo de la enfermedad debido a sus características intrínsecas. La susceptibilidad del hospedante implica su incapacidad para defenderse del ataque del patógeno. Existen dos formas de expresión de resistencia de la planta de papa a *P. infestans*. La primera se caracteriza por desencadenar una respuesta de hipersensibilidad (HR) en forma de pequeñas lesiones necróticas y se denomina resistencia específica, resistencia vertical, resistencia cualitativa, resistencia no estable o resistencia completa. Está gobernada por genes R con un efecto mayor que interactúan

con los genes de avirulencia (Avr) del patógeno. La mayoría de los genes mayores conocidos a la fecha provienen principalmente de *S. demissum*.

Recientemente se han detectado dos nuevos genes procedentes de *S. berthaultii* y se han clonado unos genes de *S. bulbocastanum*, lo que sugiere que el germoplasma de *Solanum* spp. tiene más genes mayores. Esta resistencia es específica para raza, su herencia es de tipo cualitativo y en el pasado no han tenido mucha duración. Sin embargo, hasta la fecha no se han reportado razas virulentas a los genes de *S. bulbocastanum*. La manera exacta por la cual los genes R y los genes Avr interactúan, no es conocida; sin embargo, se han propuesto diversos modelos para explicarla.

El segundo tipo de resistencia está gobernada por genes menores de efecto aditivo y se denomina resistencia general, resistencia cuantitativa, resistencia poligénica, resistencia no específica, resistencia parcial, resistencia horizontal o de campo. Su herencia es de tipo cuantitativo y al ser gobernada por muchos genes es más estable y efectiva, teóricamente, contra todas las razas del patógeno.

Algunos autores propusieron la hipótesis de que existe algún grado de especificidad de raza para los dos tipos de resistencia, además se ha identificado la adaptación para mayor agresividad del patógeno en genotipos del hospedante con resistencia general.

Los genes R no estuvieron tradicionalmente asociados con la resistencia general. Sin embargo, estudios histológicos, realizados décadas atrás y recientemente, han encontrado que ocurre una rápida necrosis durante el

proceso de infección en plantas con resistencia general. La necrosis rápida también ha sido asociada con la resistencia no hospedante en papa. En la resistencia general, ocurre la necrosis rápida pero en forma tardía lo cual le permite al patógeno desarrollarse. Basándose en observaciones histológicas se propuso que la resistencia general es conferida por interacciones débiles entre los genes R y los genes Avr. En el pasado se han identificado débiles genes R que permiten a un fenotipo expresar resistencia general. A nivel celular, la resistencia de los débiles genes R se asemeja a la resistencia general.

En las variedades con resistencia horizontal, el inicio y el desarrollo de la enfermedad son mucho más lentos que en las variedades susceptibles.

La integración de la resistencia genética y el control químico permiten reducir el uso de fungicidas, reducir el costo de producción y reducir daños a la salud humana y al medio ambiente. El Centro Internacional de la Papa (CIP) actualmente cuenta con materiales mejorados con resistencia horizontal al tizón tardío, altos rendimientos, precoces y de buena calidad culinaria.

b) Control Químico

Involucra la utilización de productos químicos capaces de prevenir la infección o realizar algún tipo de control posterior a la infección. Los productos usados para controlar el tizón tardío son clasificados como de contacto, sistémicos y translaminares.

- De contacto

Actúan sobre la superficie de la planta y evitan la germinación y penetración del patógeno, disminuyendo las fuentes iniciales de la enfermedad. Son conocidos como fungicidas protectantes, residuales o de contacto. Entre los más importantes se encuentran los cúpricos y los ditiocarbamatos. Sólo protegen las zonas donde se deposita el fungicida, las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno.

- Sistémicos

Estos productos son absorbidos a través del follaje o de las raíces. La translocación se realiza en forma ascendente, y a veces descendente, por vía interna a través del xilema y floema. Tienen la capacidad de proteger las hojas producidas después de la aplicación. Inhiben algunas o varias etapas específicas del metabolismo del patógeno. Con ciertos productos, su uso continuo ha generado la aparición de cepas resistentes a estos fungicidas.

- Translaminares

Son productos que tienen la capacidad de moverse a través de la hoja, pero no de hoja a hoja, por lo que las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno.

El uso de químicos para controlar el tizón tardío empezó hace casi 140 años. Inicialmente se usaron productos tales como el cloruro de sodio, cal y azufre, pero no fueron eficientes. El primer compuesto efectivo fue el caldo bórdales, descubierto en la década de 1880, compuesto de sulfato de cobre y cal. El caldo bórdales fue ampliamente usado en papa hasta que otros compuestos

cúpricos demostraron mayor eficiencia. Uno de ellos, el oxiclورو de cobre, es aún usado para el control del tizón.

En la década de 1940 fueron introducidos al mercado los etilenebisditiocarbamatos (EBDCs por sus siglas en inglés). Algunos de estos productos, como el zineb, maneb, metiran, mancozeb y propineb, incrementaron el grupo de fungicidas destinados para combatir el tizón tardío.

Los fungicidas sistémicos fueron introducidos al mercado agrícola en la década de 1970. Metalaxyl, ofurace, oxadyxil y benalaxil, pertenecientes a las fenilamidas, son los productos más efectivos pues tienen un fuerte efecto curativo, es decir pueden matar al patógeno aun después de que éste haya infectado a la planta. La principal desventaja de este grupo es que la población del patógeno desarrolla rápidamente resistencia a estos fungicidas.

El método más comúnmente usado para prevenir el tizón en tubérculos es realizar aplicaciones al follaje.

Se supone que pueden reducir la enfermedad en los tubérculos debido a que:

- i. reducen la esporulación,
- ii. reducen la viabilidad de los esporangios sobre las hojas, y iii) los residuos del producto al caer de las hojas, pueden inhibir la motilidad de las zoosporas en el suelo. Como es de suponerse, no todos los fungicidas aplicados al follaje serán efectivos para controlar el tizón en los tubérculos.

Frente a la amplia gama de productos que hay en el mercado, el agricultor puede tener dificultad en decidir cuándo y con qué aplicar. Estas decisiones involucran la conjugación de muchos factores. Sin embargo, unos principios generales pueden servir al productor. En general, el tizón tardío se trata preventivamente, es decir, se realizan las aplicaciones antes de la aparición de los síntomas. El objetivo es mantener el campo libre de tizón, pero en muchos casos esto es difícil. En algunos casos, los productores han reportado el inicio de aplicaciones después de la aparición de los síntomas, pero no hay claras evidencias de que esto funcione, ni de exactamente cómo se haría.

Los productos realmente sistémicos son más eficaces en plantas jóvenes, cuando hay rápido crecimiento del tejido nuevo. El uso de sistémicos o translaminares después de la infección no es aconsejado, por razones de resistencia al producto, pero en la realidad se hace. Si el productor cree que su cultivo no fue bien protegido durante el periodo favorable a la infección debería considerar el uso de un sistémico o translaminar.

Los productos de contacto no protegen al tejido nuevo (crecido después de la aplicación) y son lavados por la lluvia. La cantidad de fungicida que se queda en la hoja depende del producto y la cantidad y naturaleza de la lluvia.

- Resistencia a fungicidas

La resistencia a fungicidas significa una menor sensibilidad que la normal a dichos productos en una población del patógeno. Esta resistencia es el resultado de mutaciones estables y heredables. La resistencia al ingrediente activo metalaxyl es uno de los ejemplos más claros y que ha sido reportada

dentro de poblaciones de *P. infestans* a escala mundial, constituyéndose en un factor limitante en el uso de este fungicida. La disminución temporal de la sensibilidad a un determinado fungicida vendría a ser una adaptación del patógeno, sin embargo por no ser heredable puede ser revertida por cambios en las estrategias de control químico.

Se han reportado dos tipos de riesgo de resistencia en los fungicidas: riesgo inherente al fungicida y riesgo inherente al patógeno. Las características químicas del ingrediente activo y su modo de acción frente al patógeno son los elementos determinantes del riesgo inherente al fungicida. Existen, por lo tanto, fungicidas de alto, medio y bajo riesgo de generar resistencia. La duración del ciclo de vida del patógeno y su potencial de mutación están asociadas al riesgo inherente al patógeno. La presión de selección de aislamientos resistentes del patógeno a un determinado fungicida en extensas áreas de cultivo está relacionada al riesgo inherente al patógeno. Existen por lo tanto patógenos de alto, medio y bajo riesgo de generar problemas de resistencia.

La combinación de ambos tipos de riesgo nos indicará el riesgo real de aparición de resistencia a los fungicidas. Un caso muy especial es el de *Phytophthora infestans* que desarrolló resistencia rápidamente a fungicidas de la clase fenilamidas (metalaxyl, metalaxyl-M (mefenoxam), furalaxyl, oxadixyl, benalaxyl y ofurace), pero no a dimetomorf, iprovalicarb, fluazinam, cimoxanil, azoxistrobina y fenamidone (fungicidas QoI), propamocarb y organotinas. Por ello, el Comité de Acción para la Resistencia a Fungicidas (Fungicide Resistance Action Committee, FRAC por sus siglas

en inglés) ha clasificado a *P. infestans* como un patógeno de alto riesgo para fungicidas del tipo fenilamidas y sólo como un patógeno de riesgo medio para fungicidas con otros modos de acción.

Estrategias de manejo antiresistencia

- Limitar el número de aplicaciones de un fungicida de alto riesgo.
- Mezclar un fungicida de alto riesgo con uno de bajo riesgo para asegurarse de que las esporas no sobrevivan.
- Alternar las aplicaciones de fungicidas de alto riesgo con otros de bajo riesgo incluyendo el uso de fungicidas con diferente modo de acción.
- Implementar otras prácticas de manejo integrado diferentes a las del componente químico para impedir el desarrollo de la enfermedad.

c) Control cultural

El control cultural involucra todas las actividades que se realizan durante el manejo agronómico del cultivo, que alteran el microclima, la condición del hospedante y la conducta del patógeno, de tal manera que evitan o reducen la actividad del patógeno.

- Época de siembra

Planificar la época de siembra, especialmente en lugares donde se cultiva bajo riego, para evitar la época de mayor incidencia de la enfermedad. En áreas de continua producción esto no es siempre posible.

- Selección de campos de cultivo

Los terrenos deben tener buen drenaje y adecuada ventilación para evitar acumulación de humedad en el follaje y suelo. Áreas que permanecen húmedas debido al exceso de humedad en el suelo o excesivo sombreado son potenciales focos de incidencia del tizón tardío. Algunas técnicas tradicionales como el “huacho rozado” en Colombia y Ecuador, que aparentemente mejoran el drenaje y flujo de aire, han sido asociadas con la reducción del tizón tardío (datos no publicados).

- Eliminación de plantas voluntarias y malezas

Evitar el monocultivo de papa para evitar el inóculo primario que pueda estar presente en plantas o residuos de tubérculos infectados durante la campaña anterior. Eliminar otros hospedantes alternos, no sólo de *P. infestans* sino de otras enfermedades y plagas. Sin embargo, algunos hospedantes alternos tienen poblaciones especializadas del patógeno y no siempre son involucrados en el desarrollo de la enfermedad en papa.

- Selección de variedad

Se recomienda utilizar variedades con resistencia horizontal. Se debe evitar la mezcla de variedades para lograr un adecuado manejo agronómico del cultivo y mejor control de la enfermedad. Sin embargo hay autores que recomiendan la mezcla de variedades para disminuir la severidad de la enfermedad y lograr rendimientos adecuados especialmente en mezclas de variedades susceptibles y resistentes.

- Selección de semilla

Debe asegurarse la sanidad de los tubérculos semilla antes de la siembra. A veces la semilla puede estar infectada con *P. infestans* sin que haya síntomas del tizón. Hasta la fecha no hay evidencia de que la semilla infectada se puede “limpiar” o curar con fungicidas. Sin embargo, se sabe que hay un gran peligro de que los tubérculos infectados pueden esporular y contaminar más tubérculos en el proceso de almacenaje o transporte. Esto es particularmente problemático en países donde se corta la semilla. Si se sospecha contaminación, se puede evitar que ésta sea mayor tratando la semilla con un producto efectivo contra *P. infestans*.

- Distancia entre plantas y entre surcos

Para disminuir la humedad en el follaje se debe tener distancias adecuadas entre plantas y surcos. Esta actividad debe estar relacionada con la variedad empleada y la finalidad del cultivo (semilla o consumo).

Sin embargo, los datos generados respecto a los efectos de la densidad de las plantas sobre la incidencia del tizón tardío no son consistentes.

- Aporques

Realizar aporques altos y bien formados para evitar o disminuir el contacto de los tubérculos con los esporangios y zoosporas provenientes del follaje infectado. Los aporques altos también han sido asociados con una reducida severidad del tizón en el follaje, debido a que el mejor drenaje y aeración existente en el suelo permite tener un follaje más seco.

- Nutrición de las plantas

Algunos autores reportaron que dosis altas de fósforo y potasio reducen el tizón tardío mientras que las dosis altas de nitrógeno incrementan la incidencia de la enfermedad. El fósforo y el nitrógeno aparentemente tienen efectos contrastantes en el tizón en tubérculos. El nitrógeno retarda la maduración del tubérculo, lo cual favorece al tizón, mientras que el fósforo reduce la incidencia por acelerar la maduración. Un estudio reciente en los Andes demostró que los efectos de la fertilización en el tizón tardío fueron mucho más pequeños que los efectos en el rendimiento.

- Corte del follaje

Quince días antes de la cosecha se debe realizar el corte del follaje y sacarlo a un costado del campo. En algunos países se utiliza calor, desecantes o un herbicida (por ejemplo, Diquat). Sin embargo, el ácido sulfúrico es muy peligroso y el uso de Diquat puede dañar los tubérculos bajo ciertas condiciones.

Aparentemente, varias enfermedades del tubérculo son favorecidas por la descomposición de los tejidos de los tallos y raíces. En Holanda se ha estudiado la cosecha verde (“green lifting o green harvest”), en la cual se hace una cosecha de tubérculos y se devuelven a la tierra libres del tallo y raíces. Tomando como base esta investigación se podría suponer que arrancar la planta (en lugar de cortarla a nivel del suelo) tendría beneficios, pero no conocemos ningún estudio sobre este asunto. Por su sencillez y eficacia, parecería que el simple corte del follaje con machete es el más recomendable para los pequeños agricultores, porque disminuye la incidencia del tizón

tardío en los tubérculos debido a la temprana remoción o destrucción del follaje previo a la cosecha.

- Riegos

Evitar los riegos excesivos por inundación, especialmente en terrenos con drenaje deficiente, pues pueden crear microclimas favorables para el desarrollo de la enfermedad, o causar pudriciones en los tubérculos. En lugares donde se riega por aspersión, evitar realizar esta actividad en horas cercanas a la noche debido a que las hojas permanecerán húmedas mayor tiempo facilitando la infección en el follaje y exponiendo a los tubérculos a una potencial infección.

- Saneamiento

En algunas regiones donde la enfermedad se presenta ocasionalmente, se recomienda que si la enfermedad aparece en pequeños focos, debe aplicarse desecantes para eliminar las fuentes iniciales de inóculo y de esta manera prevenir la diseminación del patógeno. En pequeñas huertas o jardines, pueden eliminarse cuidadosamente las hojas infectadas.

- Cosecha oportuna

Realizar cosechas oportunas y evitar realizar los trabajos bajo condiciones de humedad, porque favorecen la infección de los tubérculos y la posterior diseminación de la enfermedad.

- Eliminación de tubérculos descartados

Después de la cosecha se recomienda recoger todos los tubérculos descartados (podridos, dañados, etc.) y utilizarlos como fuente de alimento para cerdos o, en su defecto, deben ser quemados o enterrados profundamente, para que no actúen como fuente de inóculo primario o reservorio de otras plagas o enfermedades.

- Almacenamiento adecuado

Se debe almacenar los tubérculos sanos a fin de evitar infecciones durante el periodo de almacenamiento.

Se recomienda utilizar almacenes con luz difusa. La utilización de tubérculos semilla con brotes verdes provenientes de estos almacenes puede producir un cultivo más uniforme, que puede ser cosechado en menor tiempo de cultivo reduciendo así el periodo de exposición al tizón tardío.

d) Control biológico

Es la reducción de la enfermedad por interacción de uno o más organismos vivos con el patógeno causante de la enfermedad. Numerosos trabajos han reportado el efecto antagonista de varios microorganismos contra *P. infestans*, entre los que se mencionan *Serratia* spp., *Streptomyces* spp., *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Myrothecium* spp. entre otros. El uso del control biológico no es común y los reportes de control exitoso son raros.

El uso de extractos o infusiones de ajos, cebolla o fermentos de algunos vegetales como cebada, trigo, arroz, ajos, tara, etc. también han dado

resultados exitosos bajo condiciones de laboratorio e invernadero, pero no hay claras evidencias de su eficacia en el campo.

Diversos reportes indican que al asperjar compost líquido en hojas y tallos de papa, los microorganismos presentes en esta sustancia compiten con *Phytophthora infestans* por ocupar espacios en las superficies de ambos órganos vegetales, dificultando al patógeno su establecimiento y posterior infección, sin embargo el éxito de su aplicación en campos comerciales aún no está demostrado. De igual manera, la aplicación preventiva de biofungicidas comerciales formulados a partir de *Bacillus subtilis* que teóricamente impiden el establecimiento del patógeno, interrumpen su desarrollo e inducen a una resistencia adquirida en la planta, se encuentran en proceso de investigación pues los resultados obtenidos bajo condiciones de campo son contradictorios en algunos casos y generalmente muestran baja eficacia.

2.2.7. Evaluación de la enfermedad

El tizón tardío es una enfermedad policíclica debido a que el agente causal (*p. infestans*) es capaz de reproducirse y reinfectar otras plantas durante la misma temporada de cultivo.

Para evaluar la resistencia de un determinado material genético a este tipo de enfermedad se recomienda utilizar el parámetro conocido como área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC, por sus siglas en inglés: “area under disease progressive curve”). Este parámetro se calcula basándose en los porcentajes de área foliar afectada por el tizón tardío, los cuales son

determinados en forma visual y son registrados con el mismo intervalo de tiempo, o en distintas fechas durante la ocurrencia de la epidemia.

La ventaja de usar el AUDPC es su simplicidad para realizar los cálculos, pues usa múltiples evaluaciones y no necesita realizar transformación de datos. Es muy útil para realizar análisis comparativos entre variedades, genotipos o tratamientos en el mismo experimento y en la misma estación de cultivo.

Un inconveniente de usar el AUDPC se manifiesta cuando se pretende comparar los resultados entre diferentes experimentos, porque estos valores no son siempre comparables por varias razones. Otra inconveniencia es que puede subestimar la diferencia entre materiales resistentes y susceptibles cuando las evaluaciones son realizadas en intervalos de tiempo prolongado, o el inicio de las evaluaciones se realiza después que la enfermedad ha afectado severamente a los genotipos susceptibles.

a) Consideraciones para la evaluación

Las evaluaciones del porcentaje de área foliar enferma por el tizón deben iniciarse inmediatamente después que la epidemia ha empezado.

Los intervalos de tiempo para realizar los registros de la enfermedad no deben ser prolongados por lo que se recomienda que éstos sean menores si las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de la enfermedad.

Las evaluaciones deben culminar de inmediato cuando los genotipos susceptibles estén severamente afectados.

Se debe registrar la fecha de cada evaluación para determinar los días después de la siembra en el que se están realizando estas evaluaciones.

Se debe usar el AUDPC relativo (rAUDPC) para comparar experimentos. Esta medida es mejor que el AUDPC, pero puede también introducir unos sesgos en la comparación entre experimentos.

El rAUDPC es calculado dividiendo el AUDPC entre el número total de días comprendido entre la primera y última evaluación del área foliar enferma por 100.

b) CÁLCULO DE LA ESCALA DE SUSCEPTIBILIDAD A *Phytophthora infestans* PARA GENOTIPOS DE PAPA

En la mayor parte del mundo no existe un sistema estándar para medir el grado de resistencia a *Phytophthora infestans* en los genotipos de papa. Generalmente son clasificados en: resistentes, moderadamente resistentes o susceptibles. Esta clasificación puede ser útil, pero para la comparación de genotipos en diferentes ambientes es muy limitada y es demasiado simple para proveer información útil para el manejo con fungicidas. Esta situación es particularmente problemática en los países en desarrollo, porque hasta hace poco no existía una escala para condiciones de días cortos, propia de las zonas altas de los trópicos (39). Para enfrentar este problema, **YUEN** y **FORBES** propusieron una escala simple (0 a 9) que puede calcularse a partir de los valores de AUDPC o un rAUDPC; sin embargo, para usar esta escala se requiere tener un cultivar susceptible como referencia en todos los experimentos que van a ser comparados.

La escala de valores de susceptibilidad se calcula usando la siguiente ecuación:

$$S_x = S_y \frac{D_x}{D_y}$$

Donde S_y y D_y representan, respectivamente, el valor de la escala de susceptibilidad asignada y la medida de la enfermedad observada (AUDPC o rAUDPC) para el genotipo estándar, y S_x y D_x representan, respectivamente, el valor de la escala de susceptibilidad calculada y la medida de la enfermedad observada para el genotipo en cuestión. En esencia, se divide el valor de la susceptibilidad asignada al testigo por la medida de resistencia del testigo (p.e. AUDPC o rAUDPC) para generar una constante. Esta puede ser multiplicada luego por la medida de resistencia de cada cultivar de interés para obtener el valor de la susceptibilidad de ese genotipo.

2.3. ESTRATEGIAS

Según estimaciones del Centro Internacional de la Papa (CIP), a pesar del uso de cultivares resistentes y altas dosis de fungicidas (Metalaxil y Mancozeb), esta enfermedad implica una pérdida de rendimiento global del 16% de la cosecha de patata, lo que representa una pérdida económica anual de € 5.2 mil millones en todo el mundo (**HAVERKORT** *et al.*, 2009).

El mildiu o tizón tardío es la enfermedad fúngica más importante del cultivo. Es causada por el oomiceto *Phytophthora infestans*, y ocasiona daños devastadores en la patata, imposibilitando la comercialización y consumo de los tubérculos afectados. Esto se traduce, en casos extremos, en un problema de seguridad alimentaria, entendida ésta como la falta de disponibilidad del alimento para la población que depende de sus necesidades nutricionales. Por otro lado, desde el punto de vista agronómico, causa una disminución en la productividad del cultivo, como grandes pérdidas económicas, lo que hace necesario un control temprano del avance de la enfermedad para evitar o reducir estos daños (LEES *et al.*, 2012). A raíz de la gran crisis provocada por el tizón tardío en Irlanda en 1846-1850, se tomó conciencia de su magnitud, dado que arrasó con los cultivos de patata que eran la base alimentaria del pueblo irlandés, causando una gran hambruna y desencadenando la muerte y migración de un 25% de la población. Desde esa fecha a la actualidad se han realizado numerosos estudios sobre la etiología, epidemiología y control de la enfermedad, los cuales se han intensificado aún más desde el hallazgo del tipo A2 en Europa en 1984, donde inicialmente sólo existía un linaje clonal del tipo A1 (Jaramillo, 2003). El desarrollo de técnicas bioquímicas y moleculares ha permitido conocer la variación genética del patógeno, principalmente debido a la aparición de razas más virulentas y resistentes a fungicidas sistémicos, con una mayor aptitud parasítica, mediante la aparición de oosporas resultado de la reproducción sexual del patógeno.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

3.1.1. Ámbito de estudio

La ubicación política, geográfica y ecológica del presente trabajo de experimentación que se realizó en la campaña agrícola 2012 tiene las siguientes características:

Región : Pasco

Provincia : Pasco

Distrito : Paucartambo

Lugar : Cacara

Longitud : 75°31'55"

Latitud : 10°35'30"

Altitud : 2 860 m.s.n.m.

Zona de vida : Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh – MT) (Fuente:
Gobierno Regional de Pasco 2 004)

3.1.2. Antecedentes del campo experimental

El campo experimental durante las últimas tres campañas 2 009, 2 010 y el 2 011 no se instaló ningún cultivo es decir estuvo en descanso.

3.1.3. Características de la zona

3.1.3.1. Características del suelo experimental

Los resultados del análisis físico químico del suelo experimental procedentes del laboratorio de Servicio de análisis de suelos del INIA – Huancayo, se muestran en el cuadro siguiente y en la parte de anexos.

Cuadro 03. Análisis físico químico del suelo experimental.

ELEMENTO		MÉTODO
Profundidad de muestreo	30 cm.	
ANÁLISIS FÍSICO		
Arena	72 %	Hidrométrico
Limo	20 %	Hidrométrico
Arcilla	8 %	Hidrométrico
Clase textural	Franco Arenoso	Triangulo textural
ANÁLISIS QUÍMICO		
pH	5.05	Potenciómetro
Materia orgánica	2.23	Walkey y Black
Fosforo disponible	31.4 (ppm)	Olsen modificado
Potasio disponible	106 (ppm)	Peech

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos INIA-Huancayo.

3.1.3.2. Características climáticas de la zona

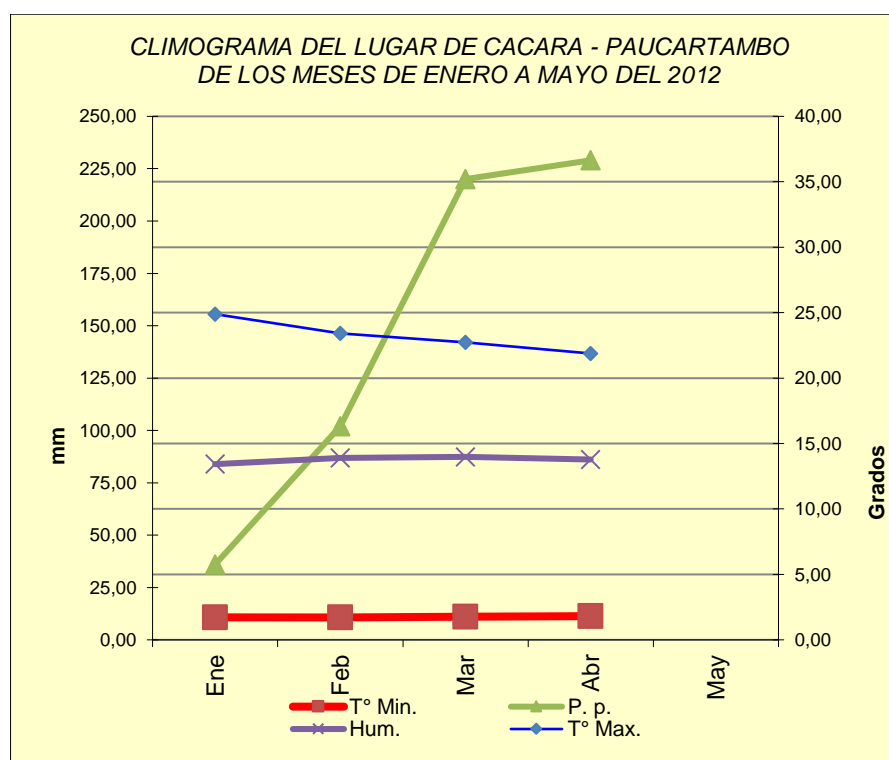
Los datos meteorológicos diarios de temperatura, precipitación pluvial y evaporación que se registraron en la localidad experimental se encuentran en la parte de anexos (cuadro 01); en los siguientes cuadros se muestran el resumen y la ocurrencia por meses de los datos obtenidos.

Cuadro 04. Comportamiento meteorológico por meses registrados en la localidad de estudio.

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación (en mm/m ²)	Humedad (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
Enero	10.73	24.887	36	77.53	90.27
Febrero	10.69	23.41	102	83.24	90.52
Marzo	11.10	22.74	220	85.19	89.58
Abril	11.31	21.88	229	85.07	87.13
Mayo					

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 01. Climograma de los meses de enero a mayo del 2012.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.2.1. Material vegetal

Para el presente trabajo se utilizó la variedad Canchan INIA, debido a su alta susceptibilidad a *Phytophthora infestans*; por su precocidad, por tener buena aceptación en el mercado, por tener alto contenido de materia seca (22 % a 24 %), por su buen rendimiento en condiciones óptimas para su normal desarrollo que es de 30 tn/ha.

La semilla fue de categoría común, adquirida de la misma zona en estudio con un peso aproximado de 40 gramos.

3.2.2. Factores en estudio

Los factores o tratamientos en estudio son: las estrategias de control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa Canchan en Paucartambo – Pasco; las mismas que se detallan a continuación:

Cuadro 05. Fungicidas utilizados en el experimento.

INGREDIENTE ACTIVO (NOMBRE COMERCIAL)	TRATAMIENTO (CLAVE)
Testigo absoluto	T1
Mancozeb + Cymoxanil (Curzate) + Mancozeb (Dithane)	T2
Mancozeb + Metalaxil (Ridomil) + Clorotalonil (Bravo)	T3
Propineb + Iprovalicarp (Positron) + Clorotalonil (Bravo)	T4
Mancozeb + Cymoxanil (Curzate) + Clorotalonil (Bravo)	T5
Mancozeb + Dimetomorph (Acrobat) + Clorotalonil (Bravo)	T6
Phosethyl Aluminio (Aliette) + Clorotalonil (Bravo)	T7

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Preparación del suelo

La conducción del presente experimento se inició con la toma de muestras de suelo para el respectivo análisis, posteriormente la roturación del terreno en forma mecanizada, después del mullido, con la ayuda de un arado surcador se procedió a realizar el surcado con un distanciamiento de 0.90 m., sobre los surcos formados se procedió a la delimitación de las unidades experimentales, formando las calles y bordes.

3.2.4. Trazado de parcelas experimentales

El trazado de las parcelas experimentales se efectuó con la ayuda de una wincha de 50 metros, estacas, cordel y cal.

3.2.5. Fertilización

La fertilización se hizo a un nivel recomendado de 200 – 180 – 160 de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) según el análisis del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Para esta labor se usaron las siguientes fuentes de fertilización: para el nitrógeno Urea (46%); para el fósforo, el Superfosfato Triple de calcio (46%) y para el Potasio, el Cloruro de Potasio (60%); luego de una mezcla previa se fertilizó golpe por golpe, seguidamente se procedió a cubrir con una capa delgada de suelo de 10 cm.

3.2.6. Siembra

La siembra se realizó de forma manual, dejando una semilla por golpe en el fondo de los surcos, con distancia entre plantas de 0.35 m.

3.2.7. Labores culturales

a) Deshierbo

Durante la conducción del experimento se efectuó el deshierbo a los 15 días después de la siembra y cada vez que era necesario, en el campo se presentaron las siguientes malezas:

Papa silvestre (*Solanum acaule*).

Bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*).

Ichu (*Pennisetum sativum*), etc.

b) Aporques

Se realizaron dos aporques, el primero a la segunda semana de emergencia de las plantas, el segundo en la etapa de tuberización del cultivo.

3.2.8. Control fitosanitario

Para prevenir el ataque de insectos, se utilizó la metodología de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

3.2.9. Cosecha

La cosecha se realizó a la madurez del cultivo que fue alrededor de los 120 días después de la siembra.

3.3. OBSERVACIONES Y MEDICIONES DEL EXPERIMENTO

3.3.1. Durante el crecimiento vegetativo

a) Porcentaje de emergencia.

Se evaluó el porcentaje de emergencia hasta un 80 %, mediante la técnica de observación y mecánica (conteo), luego se inició la aplicación de los plaguicidas.

b) Escala de susceptibilidad

La escala de susceptibilidad se evaluó semanalmente, una vez que aparecieron los primeros síntomas del patógeno; para ello se utilizó la escala sugerida por Fry (1 977) y Oyarzún (2 002).

3.3.2. En la cosecha

a) Rendimiento de tubérculos

Se evaluó el rendimiento de los tubérculos al momento de la cosecha, para realizar el análisis de rentabilidad de cada tratamiento, para ello se utilizó una balanza de precisión.

Los tubérculos cosechados fueron seleccionados en tres categorías de acuerdo a su peso: primera aquellos tubérculos que alcanzan un peso comercial mínimo de 100 g, segunda tubérculos con un peso de 50 g a 100 g y tercera tubérculos con un peso inferior a 50 g. Esta última categoría no tiene valor comercial por lo que es considerada como descarte.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

3.4.1. Diseño experimental

El presente experimento se ha conducido bajo el diseño experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 7 estrategias de control químico las cuales fueron los tratamientos, con 3 repeticiones (bloques), teniendo un total de 21 unidades experimentales.

3.4.2. Modelo matemático

El modelo estadístico lineal aditivo, en el cual se ajustan los análisis de varianza es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ik}$$

$i = 1, 2, 3 \dots 12, 13$ (tratamientos)
 $j = 1, 2, 3, 4$ (repeticiones o bloques)

Dónde:

Y_{ij} = Es el valor de la característica en estudio observado en el tratamiento i , y en el bloque j .

μ = Es el efecto común a todas las observaciones.

β_j = Es el efecto del bloque j .

τ_i = Es el efecto del tratamiento i .

ε_{ij} = Es el error de observación sobre la unidad experimental (ij).

3.4.3. Análisis de varianza

El análisis de variancia del presente experimento se realizó de la siguiente manera:

FV	GL	SC	CM	F_{Calculada}
Bloques	2	$\sum X^2_{.j} / a - X^2_{..} / ar$	SC_{B1} / GL_{B1}	CM_{B1} / CM_{Error}
Tratamientos	6	$\sum X^2_{i.} / r - X^2_{..} / ar$	SC_A / GL_A	CM_A / CM_{Error}
Error Experimental	12	Por diferencia	SC_{Error} / GL_{Error}	
Total	20	$\sum X^2_{ij} - X^2_{..} / ar$		

3.4.4. Prueba estadística

La prueba múltiple que se empleó en el análisis y la discusión de los resultados es la Prueba Estadística de Duncan al 5 % de probabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Porcentaje de emergencia

La presente evaluación se realizó a los 35 días después de la siembra, mediante la técnica de conteo y de la observación panorámica visual, ya que se utilizaron 50 tubérculos de papa por parcela, y por cada parcela se tuvo 5 surcos y en cada uno de ellos 10 tubérculos. Los datos de estas observaciones se encuentran en el cuadro 02 en la parte de anexos; a continuación se muestra el análisis de variancia.

Cuadro 06. Análisis de variancia del porcentaje de emergencia.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Bloques	2	4.57	2.29	1.11	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	99.81	16.63	8.06	3.00	4.82	**
Error exp.	12	24.76	2.06				
TOTAL	20	129.14					

C.V. = 1.55 %

El presente cuadro de análisis de varianza nos muestra que hay diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio, pero no se encontró diferencias significativas entre los promedios de los bloques, con respecto al porcentaje de emergencia.

El coeficiente de variación es de 1.55 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos en condiciones de campo.

Para determinar estas diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Duncan para poder establecer el orden de mérito de las mismas, las cuales se muestran a continuación.

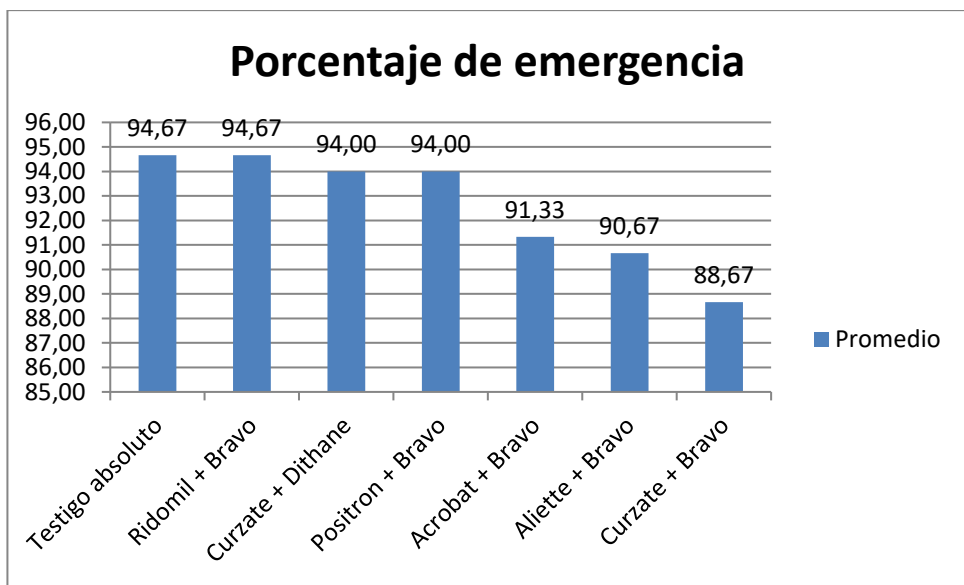
Cuadro 07. Porcentaje de emergencia y grupos Duncan.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (en %)	Grupo Duncan
1	Testigo absoluto	94.67	A
2	Ridomil + Bravo	94.67	AB
3	Curzate + Dithane	94.00	ABC
4	Positron + Bravo	94.00	ABCD
5	Acrobat + Bravo	91.33	D
6	Aliette + Bravo	90.67	D
7	Curzate + Bravo	88.67	D

La prueba de Duncan para el porcentaje de emergencia de los tubérculos de papa, nos muestra que el Testigo absoluto (sin aplicación de fungicidas) es el que presenta un mayor promedio de emergencia (94.67), seguido de los tratamientos T3 (Ridomil + Bravo), T2 (Curzate + Dithane), T4 (Positron + Bravo), T6 (Acrobat + Bravo), T7 (Aliette + Bravo) y T5 (Curzate + Bravo), con promedios de 94.67; 94.00; 94.00; 91.33; 90.67 y 88.67 respectivamente; las mismas que se encuentran distribuidas en cuatro grupos Duncan (A, B, C y D), por tanto los promedios que se encuentran bajo un mismo grupo Duncan no presentan diferencias significativas entre sí.

El cuadro de Duncan también nos indica que de los 50 tubérculos sembrados por cada parcela y tratamiento, todos los tratamientos en estudio superaron el 90% de emergencia es decir más de 44 tubérculos por parcela y tratamiento, las mismas que garantizaron las evaluaciones posteriores que se hicieron.

Gráfico 02. Porcentaje de emergencia.



4.2. Escala de susceptibilidad - Severidad

La severidad de la enfermedad se evalúa como el porcentaje de área foliar infectada. Esta variable se registra a lo largo de la campaña junto con la fecha de cada lectura. Los datos son recolectados en cada parcela o unidad experimental (cada clon o variedad dentro de cada repetición) (**FORBES, et, al 2014**). La toma de datos debe comenzar tan pronto como las condiciones del clima se vuelvan propensas para el desarrollo del tizón tardío; las siguientes lecturas deben hacerse apenas se observen los primeros síntomas de la enfermedad.

Se realizaron 11 evaluaciones de severidad con la que se construyó la curva del progreso de la enfermedad de la variedad Cachan (AUDPC). El registro de dichas evaluaciones se encuentra en el cuadro 03 en la parte de anexos.

Debido a que el tizón tardío es una enfermedad policíclica, el CIP recomienda el uso del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC) para medir la resistencia (**FRY, 1978**). El AUDPC es una medida de resistencia calculada a partir

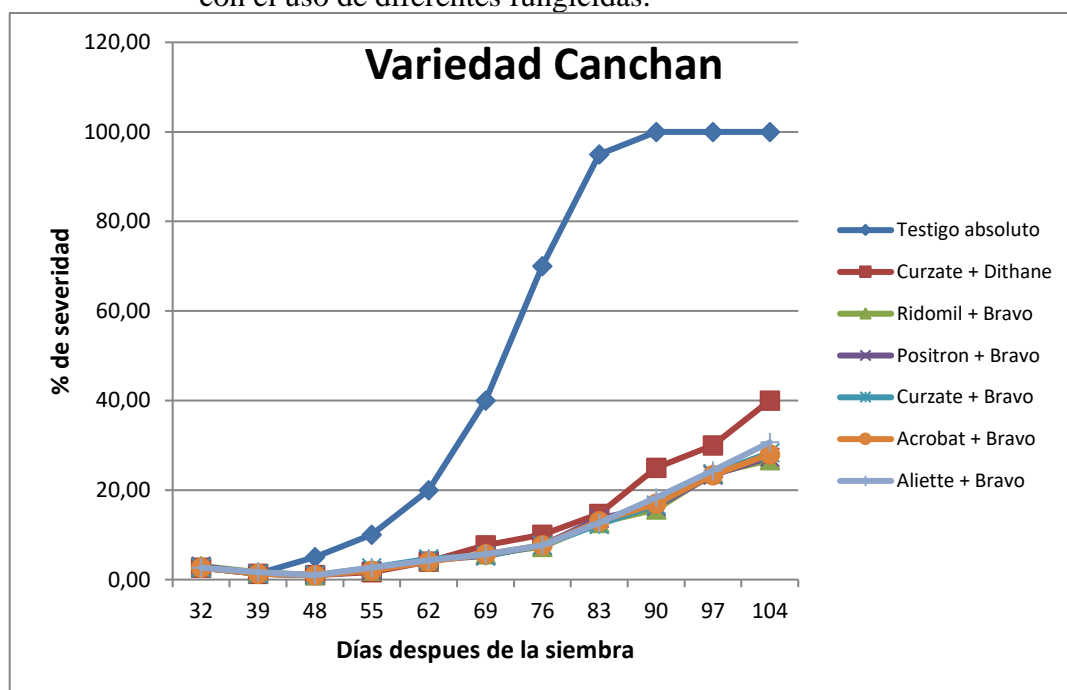
de los porcentajes estimados de área de hoja afectada registrados en diferentes momentos durante la epidemia (CIP. 2010)

El AUDPC es frecuentemente calculado usando la siguiente fórmula (Campbell y Madden, 1990):

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

Donde “t” es el tiempo de cada lectura, “y” el porcentaje de follaje afectado en cada lectura y “n” el número de lecturas. La variable “f” puede representar los días julianos, los días después de la siembra o los días después de la emergencia.

Gráfico 03. Curva del progreso del tizón tardío (AUDPC) en la variedad Canchan con el uso de diferentes fungicidas.



Del gráfico podemos decir que el testigo absoluto (sin aplicación de fungicidas) alcanzó el 100 % de severidad a los 90 días después de la siembra, mientras tanto el tratamiento que es empleado por el agricultor (Curzate + Dithane) alcanzó su máximo porcentaje de severidad (40 %) a los 104 días después de la siembra, entre tanto el tratamiento con los fungicidas Aliette + Bravo alcanzó un 30.67 % de severidad a los 104 días; seguidamente los tratamientos T5 (Curzate + Bravo), T6 (Acrobat + Bravo), T4 (Positron + Bravo) y T3 (Ridomil + Bravo) alcanzaron los porcentajes de severidad de 28.33 %, 28.00 %, 27.33 % y 26.67 % respectivamente a los 104 días después de la siembra tal como se muestra en el gráfico siguiente.

FORBES, et, al 2014, mencionan que los intervalos de tiempo constante entre lecturas no son realmente cruciales. Si la enfermedad avanza rápidamente en los genotipos susceptibles, las lecturas deben hacerse frecuentemente (cada 7 días en áreas frías, o cada 3 a 4 días en áreas húmedas y templadas). Si la enfermedad avanza lentamente, el intervalo entre las lecturas puede ser más largo (cada 10 a 14 días). El objetivo es tener lecturas de la enfermedad a niveles bajos, intermedios y altos de todos los genotipos, incluyendo los susceptibles.

El AUDPC es una variable que estima la cantidad de enfermedad a lo largo de la campaña. El AUDPC se expresa en porcentajes por días (es decir, la acumulación diaria del porcentaje de los valores de infección) y se interpreta directamente sin transformación. Cuanto más alto es el AUDPC, más susceptible es el clon o variedad. Para tener una mejor idea de cómo se comportan los clones o variedades del experimento, generalmente es útil hacer un gráfico del porcentaje de área de hoja infectada frente a la fecha de evaluación (Figura 2). (**FORBES, et, al 2014**).

4.3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).

Los análisis de varianza efectuados con la variable (rAUDPC) indica que no hubo diferencias estadísticas significativas entre bloques pero si entre tratamientos, además el coeficiente de variación fue bajo (CV= 2.44 %) lo cual nos indica el alto grado de confiabilidad del experimento.

Cuadro 08. Análisis de variancia del área de la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Bloques	2	0.0001	0.00003	2.16	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	0.3865	0.06441	4931.07	3.00	4.82	**
Error exp.	12	0.0002	0.00001				
TOTAL	20	0.3867					

C.V. = 2.44 %

Para determinar estas diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Duncan para poder establecer el orden de mérito de las mismas, las cuales se muestran a continuación.

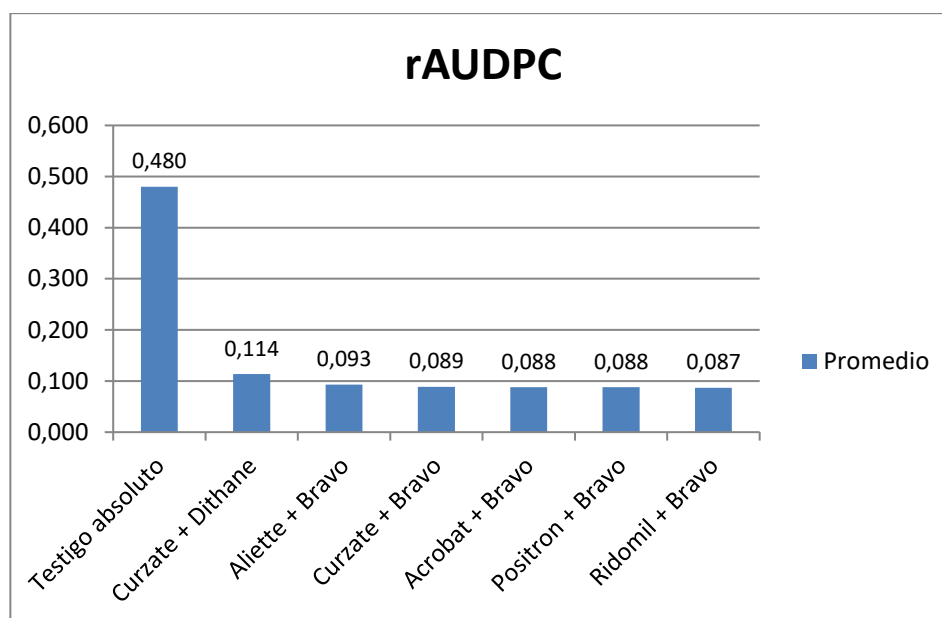
Cuadro 09. Duncan del área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media	Grupo Duncan
1	T1	0.480	A
2	T2	0.114	B
3	T7	0.093	C
4	T5	0.089	C
5	T6	0.088	C
6	T4	0.088	C
7	T3	0.087	C

La prueba de Duncan para el rAUDPC, nos muestra que el Testigo absoluto (sin aplicación de fungicidas) es el que presenta un mayor promedio (0.480), seguido de los tratamientos T2 (Curzate + Dithane), T7 (Aliette + Bravo), T5 (Curzate + Bravo), T6 (Acrobat + Bravo), T4 (Positron + Bravo) y T3 (Ridomil + Bravo), con promedios de 0.114; 0.093; 0.089 ; 0.088 ; 0.088 y 0.087 respectivamente.

Cabe mencionar que el tratamiento con menor promedio es el que menor grado de severidad presentó en el presente trabajo de investigación.

Gráfico 04. Área de la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).



4.4. Rendimiento de tubérculos (kg/15.75m²)

Se evaluó el rendimiento de los tubérculos al momento de la cosecha, para realizar el análisis de rentabilidad de cada tratamiento, para ello se utilizó una balanza de precisión.

Para la evaluación de este parámetro se tomó en cuenta la clasificación de los tubérculos como son de Primera, segunda y tercera y el rendimiento total expresado en tn/ha.

4.4.1. Rendimientos de tubérculos de primera

Los tubérculos cosechados fueron seleccionados, aquellos que alcanzaron un peso comercial mínimo de 100 g, se consideraron como primera. Los datos obtenidos se encuentran en el cuadro 04 en la parte de anexos.

El análisis de varianza efectuados a los datos obtenidos del peso de los tubérculos de primera nos indica que no hubo diferencias estadísticas significativas entre bloques pero si entre tratamientos, además el coeficiente de variación fue de 25.88 % lo cual se encuentra dentro de los rangos de confiabilidad para experimentos en condiciones de campo.

Cuadro 10. Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de primera.

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{0.05}	F_{0.01}	Signi.
Bloques	2	27.334	13.667	3.47	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	256.436	42.739	10.84	3.00	4.82	**
Error exp.	12	47.292	3.941				
TOTAL	20	331.063					

C.V. = 25.88 %

Para determinar estas diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % para

poder establecer el orden de mérito de las mismas, las cuales se muestran a continuación.

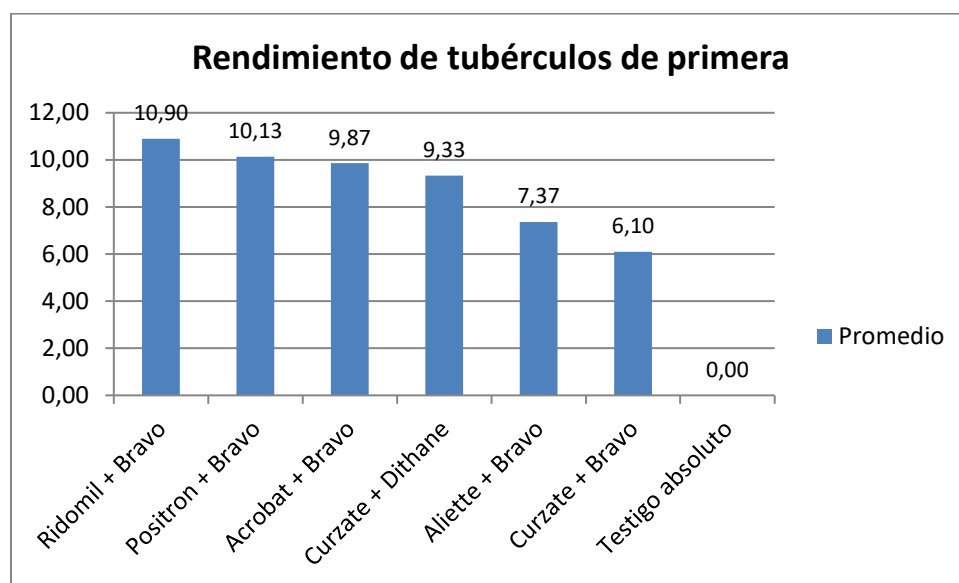
Cuadro 11. Duncan del rendimiento de tubérculos de primera.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (kg/15.75 m ²)	Grupo Duncan
1	Ridomil + Bravo	10.90	A
2	Positron + Bravo	10.13	AB
3	Acrobat + Bravo	9.87	AB
4	Curzate + Dithane	9.33	AB
5	Aliette + Bravo	7.37	AB
6	Curzate + Bravo	6.10	B
7	Testigo absoluto	0.00	C

La prueba de Duncan, nos muestra que el tratamiento T3 (Ridomil + Bravo) es el que presenta un mayor promedio (10.900 kg), seguido de los tratamientos T4 (Positron + Bravo), T6 (Acrobat + Bravo), T2 (Curzate + Dithane), T7 (Aliette + Bravo), T5 (Curzate + Bravo) y finalmente del testigo absoluto (sin aplicación de funguicidas), con promedios de 10.133 ; 9.867 ; 9.333 ; 7.367 ; 6.100 y 0.000 kg/15.75 m² respectivamente.

Los promedios de los rendimientos de tubérculos de primera se encuentran agrupados en tres grupos Duncan (A, B y C), los promedios que se encuentran bajo un mismo grupo Duncan no son estadísticamente significativos entre sí; la misma que se muestra en el gráfico siguiente.

Gráfico 05. Rendimiento de tubérculos de primera en kg/15.75 m².



4.4.2. Rendimiento de tubérculos de segunda

Se consideraron tubérculos de segunda aquellos que alcanzaron un peso de 50 g a 100 g. Los datos obtenidos de esta evaluación se encuentran en la parte de anexos en el cuadro 05.

Seguidamente se procedió a realizar el análisis de varianza donde la prueba de F al 5 % de probabilidad nos muestra que existen diferencias altamente significativas para los promedios de los tratamientos; mientras que para los promedios de los bloques no hay diferencias estadísticas significativas, con respecto al rendimiento de tubérculos de segunda.

El coeficiente de variación es de 25.91 % el cual nos indica que los datos son confiables y que se encuentran dentro de los rangos permisibles para experimentos conducidos a nivel de campo.

Cuadro 12. Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de segunda.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Bloques	2	1.270	0.635	0.39	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	88.466	14.744	8.96	3.00	4.82	**
Error exp.	12	19.757	1.646				
TOTAL	20	109.492					

C.V. = 25.91 %

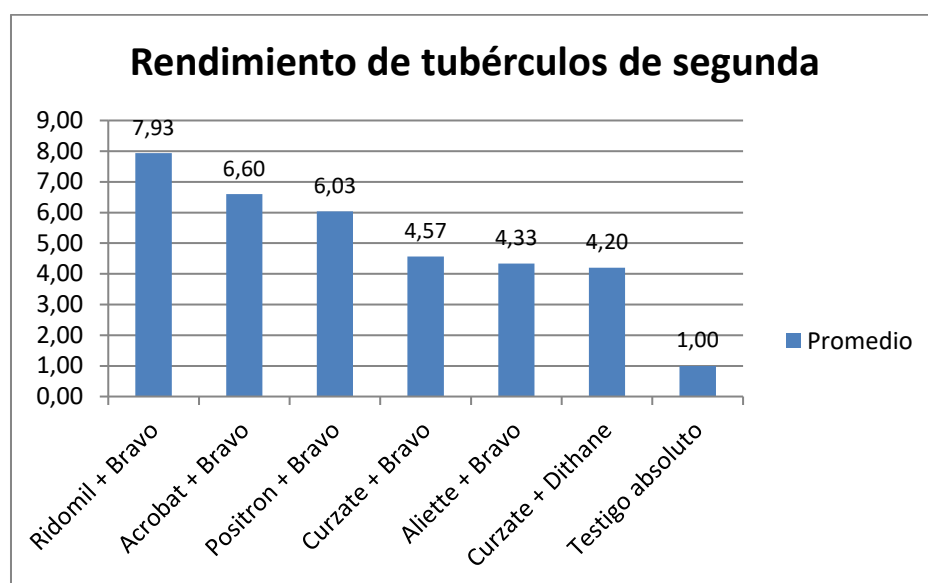
Al efectuarse la prueba de Duncan a los promedios de los tratamientos con respecto al rendimiento de tubérculos de segunda, encontramos que el tratamiento T3 (Ridomil + Bravo) es el que presenta un mayor promedio (7.933 kg), seguido de los tratamientos, T6 (Acrobat + Bravo), T4 (Positron + Bravo), T5 (Curzate + Bravo), T7 (Aliette + Bravo), T2 (Curzate + Dithane) y finalmente del testigo absoluto (sin aplicación de funguicidas), con promedios de 6.600; 6.033; 4.567; 4.333; 4.200 y 1.000 kg/15.75 m² respectivamente.

Los promedios de los tratamientos que se encuentran bajo un mismo grupo Duncan no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, tal como se puede apreciar en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 13. Duncan del rendimiento de tubérculos de segunda.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (kg/15.75 m ²)	Grupo Duncan
1	Ridomil + Bravo	7.93	A
2	Acrobat + Bravo	6.60	AB
3	Positron + Bravo	6.03	AB
4	Curzate + Bravo	4.57	B
5	Aliette + Bravo	4.33	B
6	Curzate + Dithane	4.20	B
7	Testigo absoluto	1.00	C

Gráfico 06. Rendimiento de tubérculos de segunda en kg/15.75 m².



4.4.3. Rendimiento de tubérculos de tercera

Finalmente los tubérculos cosechados que alcanzaron un peso comercial inferior a 50 g, se consideraron de tercera, ésta categoría no tiene valor comercial por lo que es considerada como descarte. Los datos de esta observación se encuentran en la parte de anexos en el cuadro 06.

Cuadro 14. Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de tercera.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Bloques	2	1.172	0.586	0.71	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	29.078	4.846	5.85	3.00	4.82	**
Error exp.	12	9.948	0.829				
TOTAL	20	40.198					

C.V. = 24.02 %

La prueba de F al 5 % de probabilidad del análisis de varianza del rendimiento de tubérculos de tercera nos muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los bloques, pero si existen diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios de los tratamientos, con respecto al rendimiento de tubérculos de tercera.

Para determinar estas diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Duncan para poder establecer el orden de mérito de las mismas, las cuales se muestran a continuación.

Cuadro 15. Duncan del rendimiento de tubérculos de tercera.

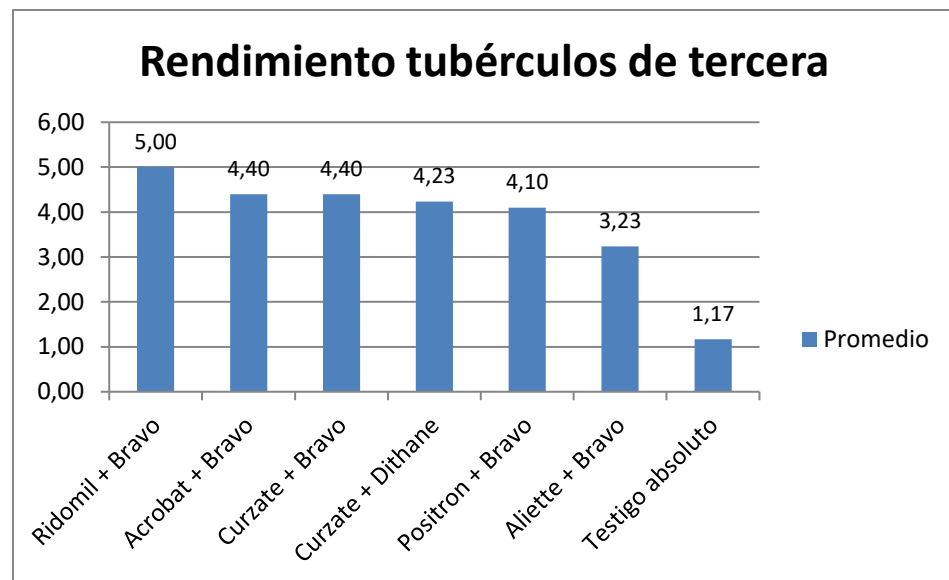
Orden de Mérito	Tratamiento	Media (kg/15.75 m ²)	Grupo Duncan
1	Ridomil + Bravo	5.00	A
2	Acrobat + Bravo	4.40	A
3	Curzate + Bravo	4.40	A
4	Curzate + Dithane	4.23	A
5	Positron + Bravo	4.10	A
6	Aliette + Bravo	3.23	A
7	Testigo absoluto	1.17	B

El cuadro anterior nos indica que los promedios de los rendimientos de tubérculos de tercera se encuentran agrupados en dos grupos Duncan (A y B). Siendo el tratamiento testigo (sin aplicación de funguicidas) el que obtuvo un rendimiento de 1.167 kg., ubicándose en el último lugar y perteneciendo al grupo Duncan B.

Los tratamientos T3 (Ridomil + Bravo), T6 (Acrobat + Bravo), T5 (Curzate + Bravo), T2 (Curzate + Dithane), T4 (Positron + Bravo) y T7 (Aliette + Bravo), presentaron promedios de 5.000; 4.400; 4.400; 4.233; 4.100 y 3.233

respectivamente los mismos que pertenecen al grupo Duncan A; por tanto podemos decir que dichos promedios no son estadísticamente significativos entre sí.

Gráfico 07. Rendimiento de tubérculos de tercera en kg/15.75 m².



4.4.4. Rendimiento de tubérculos en tn/ha

Se tomó en cuenta el peso de la totalidad de los tubérculos cosechados en la parcela, para ello se utilizó una balanza (Técnica mecánica), la misma que fue transformada a tn/ha.

Los valores registrados durante la presente evaluación se muestran en la parte de anexos en el cuadro 07. A continuación se muestra el análisis de varianza de los datos registrados de este parámetro evaluado.

Cuadro 16. Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos en tn/ha.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Bloques	2	5.238	2.619	0.65	3.88	6.93	n. s.
Tratamientos	6	360.956	60.159	14.90	3.00	4.82	**
Error exp.	12	48.450	4.038				
TOTAL	20	414.644					

C.V. = 19.28 %

El cuadro de análisis de varianza nos muestra que no existen diferencias estadísticas entre los promedios de los bloques, pero si existen diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios de los tratamientos.

El coeficiente de variación es de 19.28 % el cual nos indica que los datos son confiables y que se encuentran dentro de los rangos permisibles para experimentos conducidos a nivel de campo.

Para determinar estas diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos se procedió a realizar la prueba de Duncan para poder establecer el orden de mérito de las mismas, las cuales se muestran a continuación.

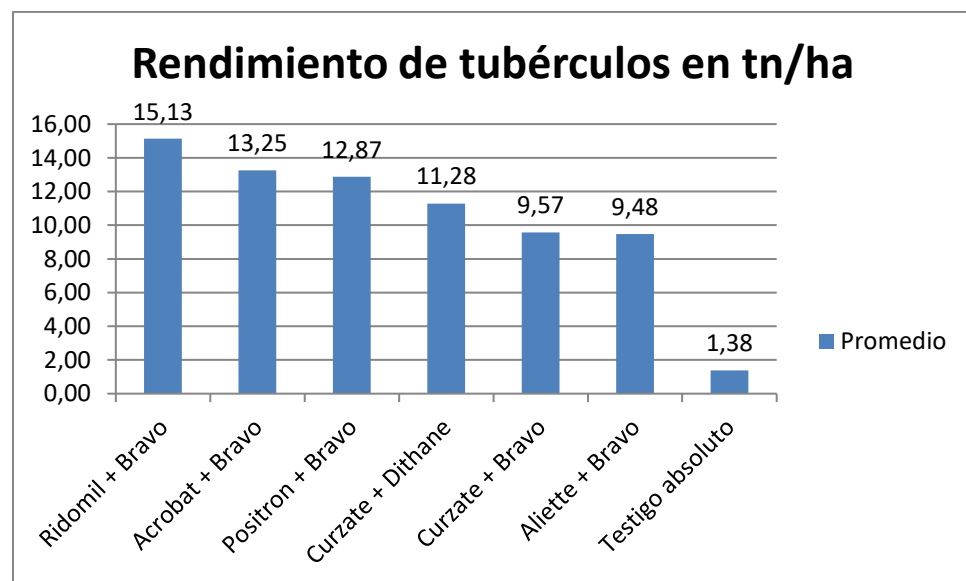
Cuadro 17. Duncan del rendimiento de tubérculos en tn/ha.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (tn/ha)	Grupo Duncan
1	Ridomil + Bravo	15.13	A
2	Acrobat + Bravo	13.25	AB
3	Positron + Bravo	12.87	AB
4	Curzate + Dithane	11.28	B
5	Curzate + Bravo	9.57	B
6	Aliette + Bravo	9.48	B
7	Testigo absoluto	1.38	C

El cuadro nos muestra que los tratamientos en estudio están agrupados en 3 grupos Duncan (A, B y C), destacándose al tratamiento T3 (Ridomil + Bravo) con un rendimiento de 15.133 tn/ha, presentando diferencias significativas con los promedios de los tratamientos T2 (Curzate + Dithane), T5 (Curzate + Bravo), T7 (Aliette + Bravo) y el T1 (testigo absoluto) quienes presentaron promedios de 11.280; 9.567; 9.483 y 1.377 tn/ha respectivamente.

Asimismo podemos decir que los tratamientos que se encuentran bajo un mismo grupo Duncan no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí.

Gráfico 08. Rendimiento de tubérculos en tn/ha.



4.5. Relación Severidad - Rendimiento

Efectuando la relación entre la severidad del ataque del *Phytophthora infestans* y el rendimiento para la variedad canchan en el presente trabajo de investigación encontramos que a mayor valor del rAUDPC (Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo) se obtuvo menos rendimiento expresado en toneladas/hectárea teniendo en cuenta que fueron 7 aplicaciones para los tratamientos T3, T4, T5, T6, y T7; mientras que para el tratamientos T2 fue 8 aplicaciones durante la campaña, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 18. Relación número de aplicaciones – rAUDPC – Rendimiento (tn/ha).

Orden de Mérito	Tratamiento	Nº Aplic.	rAUDPC		Rendimiento tn/ha	
			Valor	Sign.	Valor	Sign.
1	T1 (Testigo absoluto)	0	0.480	A	1.377	C
2	T2 (Curzate + Dithane)	8	0.114	B	11.280	B
3	T3 (Ridomil + Bravo)	7	0.087	C	15.133	A
4	T4 (Positron + Bravo)	7	0.088	C	12.867	AB
5	T5 (Curzate + Bravo)	7	0.089	C	9.567	B
6	T6 (Acrobat + Bravo)	7	0.088	C	13.247	B
7	T7 (Aliette + Bravo)	7	0.093	C	9.483	B

V. CONCLUSIONES.

1. Las condiciones medioambientales fueron favorables para el desarrollo del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans* (Mont) De Bary) la misma que nos permitió realizar una adecuada evaluación de la enfermedad.

Teniendo una temperatura promedio de 17.09 ° C, una precipitación pluvial acumulada de 587.00 mm y una humedad relativa de 86.07 %; siendo esta el factor climático que favoreció en forma significativa el desarrollo de la enfermedad en la presente zona de estudio durante los meses de enero a mayo. Esto se debe también a que la época de siembra del experimento no es la más usual para el cultivo de papa en el Distrito de Paucartambo (de Agosto – Setiembre es la época de siembra usual).

2. Con respecto al efecto de las estrategias de control químico del tizón tardío en la papa canchan bajo las condiciones de Paucartambo, podemos decir que con la aplicación de los fungicidas Ridomil + Bravo es la que presentó mejor respuesta para el control de la *Phytophthora* así mismo su rendimiento fue de 15.13 tn/ha el cual fue superior en comparación a las demás estrategias.
3. Para una estrategia de manejo químico para tizón tardío se debe de considerar los siguientes factores: condiciones locales históricas de presencia de tizón tardío, tipos de fungicidas disponibles en el mercado y sus características, la oportunidad apropiada para una aplicación considerando el estado de desarrollo de la planta y las fases del ciclo biológico de *Phytophthora infestans*, la susceptibilidad del cultivar y el manejo agronómico (riego y fertilización nitrogenada).

En una zona de clima muy propicio para el desarrollo del tizón tardío o un año con condiciones favorables para la enfermedad, con producciones intensivas de cultivares muy susceptibles y riego por aspersión, se recomienda que las aplicaciones comiencen con un fungicida sistémico.

En una zona de condiciones no favorables para la enfermedad, con producciones de cultivares de resistencia media a alta, las aplicaciones pueden comenzar con un fungicida de contacto.

La estrategia química, por lo tanto, debe unir las características del fungicida a utilizar con la presión de la enfermedad y las fases importantes de crecimiento de la planta; las mismas que serán entre 5 y 14 días respectivamente.

4. Con respecto al desarrollo vegetativo del cultivo de papa en sus diferentes estados fenológicos no se tuvo diferencias con la aplicación de las seis estrategias de control químico utilizados en el presente trabajo de investigación.
5. El testigo absoluto (sin aplicación de fungicidas) del presente trabajo de investigación, tuvo un ataque del 100 % por parte del tizón tardío a los 90 días después de haber sido sembrado, mientras que la combinación de fungicidas utilizadas por los agricultores tuvo un porcentaje de severidad máximo del 40 % a los 104 días después de la siembra. Los otros tratamientos alcanzaron porcentajes de severidad inferiores al 30.67 % en los 104 días después de la siembra.
6. El mayor rendimiento obtenido en el presente trabajo fue con la aplicación de Ridomil + Bravo con un 15.133 tn/ha la misma que presenta una relación inversamente

proporcional con el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC), es decir a mayor valor del rAUDPC se obtiene menos rendimiento y a menor valor del rAUDPC hay mayor rendimiento de tubérculos por hectárea.

VI. RECOMENDACIONES.

1. Efectuar investigaciones similares para implementar estrategias que permitan reducir el riesgo de esta enfermedad a través de la mejora de herramientas y competencias necesarias de los agricultores para estudiar y controlar el tizón tardío, como es la adopción de cultivares más resistentes, el trabajo con una agricultura de respuesta, que identifique la variabilidad estacional para planificar siembras en zonas de menor incidencia y severidad de la enfermedad.
2. Realizar investigaciones en tizón tardío mediante el control biológico con hongos del género *Trichoderma*.
3. Realizar investigaciones similares con clones que presentan resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), para las condiciones de Paucartambo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. ALARCÓN, N. 2011. Caracterización de la diversidad genética de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en Chapingo-México. Memoria de Tesis Ph.D. Universidad autónoma de Chapingo- México.
2. ABAD, G., and ABAD, J. 1997. Another look at the origin of late blight of potatoes, tomatoes, and pear melon in the Andes of South America. *Plant Disease* 81: 682-8.
3. ANDRADE – PIEDRA J, KROMANN P, TAIPE A, y FORBES G. 2010. Estimación del nivel de susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa - Centro Internacional de la Papa. Quito – Ecuador - Informe. 7 pp.
4. CABRERA, H. 2010. Producción de semilla de papa en el Perú. INIA. Informe. 10 pp.
5. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 2010. Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales.
6. CHÁVEZ, R. 1995. Por los caminos evolutivos de la papa silvestre y cultivada. *Revista Ciencia & Desarrollo*- Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna-Perú. 35: 86-91.
7. CLAUSEN, A., 2003. Conservación de germoplasma de papa. Boletín informativo INTA, Actualidad papera, 2 (5).
8. EGÚSQUIZA, R. 2000. La Papa: producción, transformación y comercialización. 1ra. Edición Editorial Prisma. Lima - Perú. 192 pp.
9. EGÚSQUIZA, R. 1987. Botánica, Taxonomía y Mejoramiento Genético de Papa. En: El cultivo de papa con énfasis en la producción de semilla. Universidad Nacional Agraria, La Molina, Perú. pp. 11-36.
10. EGÚSQUIZA, R. y APAZA, W. 2001. La ranca de la papa (*Phytophthora infestans*) en el Perú. Perfil de país. Página 29-39 en: Memoria del taller internacional. Complementando la resistencia al tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes. GILB, TALLER LATINOAMERICA 1. E. N. Fernandez - Northcote (editor).Cochabamba – Bolivia. 201 pp.
11. FAO, 2008. La Papa. Año internacional de la papa 2008, nueva luz sobre un tesoro enterrado.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/FAO/011/i0500s/i0500s02.pdf>

12. FAOSTAT, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases (FAO) (<http://faostat.fao.org>)
13. FORBES, G.; PÉREZ, W.; ANDRADE PIEDRA, J. 2014. Procedimiento para Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa. Módulo 3: Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Guía para Colaboradores Internacionales. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP). 50 p.
14. FRY, W. E., GOODWIN, S. B., DYER, A. T., MATUSZAK, J. M., DRENTH, A., TOOLEY, P. W., SUJKOWSKI, L. S., KOH, Y. J., COHEN, B. A., SPIELMAN, L. J., DEAHL, K. L., INGLIS, D. A., and SANDLAN, K. P. 1993. Historical and Recent Migrations of *Phytophthora infestans*: Chronology, Pathways, and Implications. *Plant Disease* 77: 653-661.
15. 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.
16. GASTELO, M., LANDEO, J., PINEDO, H. and FLORES, F. 1998. Breeding for horizontal resistance to late blight in potato free of R genes. International Potato Center (CIP)- INIFAP. Lima - Perú. 268-273 pp.
17. GOODWIN, S. B. 1997. The Population Genetics of *Phytophthora*. *Phytopathology*. 87: 462-437.
18. GOODWIN, S. B., SUJKOWSKI, L. S., and FRY, W. E. 1995. Rapid evolution of pathogenicity within clonal lineages of the potato late blight disease fungus. *Phytopathology* 85: 669-676.
19. GOODWIN, S. B., SMART, C. D., SANDROCK, R. W., DEAHL, K. L., PUNJA, Z. K., FRY, W. E. 1998. Genetic change within populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada during 1994 to 1996: Role of migration and recombination. *Phytopathology*. 88: 939-919.
20. HAVERKORT, A., STRUIK, P., VISSER, R., JACOBSEN, E. 2009. Applied biotechnology to combat late blight in potato caused by *Phytophthora infestans*. *Potato Res.* 52: 249–264.
21. HAWKES, J. G., ORTEGA, J. F. 1992. The potato in Spain during the late 16 Century. *Economic Botany*. 46: 86-97.

22. HAWKES, J. G. 1990. The potato evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, Oxford, UK.
23. HAWKES, J.G. 1988. The evolution of cultivated potatoes and their tuberbearing wild relatives. *Kulturpflanze*. 36: 189-298.
24. HAWKES, J. G. 1979. Evolution and polyploidy in potato species. En: Hawkes, J. G. (eds.). The biology and taxonomy of the *Solanaceae*. *Linnean Soc. Symp. Ser.* 7: 637-646.
25. HUAMÁN, Z. 1986. Botánica sistemática y morfología de la papa. (Lima), Bol. 06. CIP. 23 pp.
26. LEES, A. K., SULLIVAN, L., LYNOTT, J. S. and CULLEN, W. 2012. Development of a quantitative real-time PCR assay for *Phytophthora infestans* and its applicability to leaf, tuber and soil samples. *Plant Pathology*. 61: 867-876.
27. ORILLO, M. and BONIERBALE, M. 2009. Biología reproductiva y citogenética de la papa. Manual Técnico. Centro Internacional de la Papa (CIP). Red Latinpapa. pp. 1-2.
28. PÉREZ, W. G., and FORBES, G. 2008. Manual técnico. El tizón tardío de la papa. Centro internacional de la Papa. Departamento de Comunicación y Difusión del CIP. Lima, Perú. pp.41.
29. ROSS, H. 1986. Potato breeding-problems and perspectives. En: Horn, W. y Röbbelen, G. (eds.). *Advances in Plant Breeding* 13. Berlín y Hamburgo, pp. 1-132.
30. RUÍZ de GALARRETA J. I., RÍOS D. J. 2008. Variedades de patata y papas españolas. Vitoria- Gasteiz (España) ISBN: 978-84-612-3401-1, 192 pp.

VIII. ANEXOS.

Anexo 01. Datos meteorológicos promedios de temperatura, precipitación pluvial y humedad que se registraron en la localidad experimental

ENERO						
DIA / FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m ²)
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
17/01/2012	1	11	30	65	86	0
18/01/2012	2	8	27	71	89	0
19/01/2012	3	12	28	68	92	0
20/01/2012	4	11	28	70	92	0
21/01/2012	5	11	26	79	92	0
22/01/2012	6	11	27	70	89	0
23/01/2012	7	11	24	78	87	0
24/01/2012	8	11	26	81	92	5
25/01/2012	9	11	20	88	88	11
26/01/2012	10	9	18	87	92	7
27/01/2012	11	9	22	85	92	3
28/01/2012	12	12	24	82	91	1
29/01/2012	13	10	28	74	90	0
30/01/2012	14	12	26	78	91	0
31/01/2012	15	12	19	87	91	9
PROMEDIO		10.73	24.87	77.53	90.27	36.00

FEBRERO						
DIA / FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m ²)
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
01/02/2012	16	11	20	83	91	0
02/02/2012	17	8	26	74	95	0
03/02/2012	18	12	18	86	95	1
04/02/2012	19	8	26	73	95	0
05/02/2012	20	11	25	82	95	2
06/02/2012	21	10	28	77	95	0
07/02/2012	22	10	25	85	89	3
08/02/2012	23	9	23	80	90	2
09/02/2012	24	10	22	84	87	25
10/02/2012	25	11	26	83	89	3
11/02/2012	26	12	25	80	94	0
12/02/2012	27	12	24	81	90	7
13/02/2012	28	13	20	87	95	1
14/02/2012	29	10	21	92	89	6
15/02/2012	30	9	26	78	95	1
16/02/2012	31	12	25	86	89	5
17/02/2012	32	12	22	92	87	15
18/02/2012	33	11	22	85	84	7
19/02/2012	34	11	24	83	86	3
20/02/2012	35	11	27	81	89	3
21/02/2012	36	10	24	83	89	0
22/02/2012	37	11	24	81	89	1
23/02/2012	38	12	23	86	89	1
24/02/2012	39	11	25	84	88	4
25/02/2012	40	11	24	87	90	5
26/02/2012	41	11	22	86	92	1
27/02/2012	42	11	16	92	90	5
28/02/2012	43	10	24	80	88	0
29/02/2012	44	10	22	83	91	1
PROMEDIO		10.69	23.41	83.24	90.52	102.00

MARZO						
DIA / FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m ²)
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
01/03/2012	45	9	25	78	91	0
02/03/2012	46	9	21	91	87	8
03/03/2012	47	9	26	84	91	3
04/03/2012	48	9	24	80	90	0
05/03/2012	49	11	22	87	90	20
06/03/2012	50	11	21	85	89	1
07/03/2012	51	10	24	80	90	2
08/03/2012	52	12	21	90	88	12
09/03/2012	53	12	24	85	90	8
10/03/2012	54	9	25	79	95	49
11/03/2012	55	13	25	87	90	2
12/03/2012	56	12	21	85	92	3
13/03/2012	57	10	24	85	92	11
14/03/2012	58	13	26	86	92	1
15/03/2012	59	13	20	89	91	2
16/03/2012	60	10	19	87	90	1
17/03/2012	61	9	18	88	90	1
18/03/2012	62	11	21	90	90	15
19/03/2012	63	12	24	88	91	6
20/03/2012	64	11	18	93	91	12
21/03/2012	65	11	24	79	89	0
22/03/2012	66	12	22	87	90	7
23/03/2012	67	12	16	94	87	11
24/03/2012	68	11	26	80	87	1
25/03/2012	69	10	24	78	83	0
26/03/2012	70	13	22	85	83	0
27/03/2012	71	13	24	84	88	2
28/03/2012	72	12	21	89	88	16
29/03/2012	73	12	26	84	89	8
30/03/2012	74	12	25	83	97	18
31/03/2012	75	11	26	81	86	0
PROMEDIO		11.10	22.74	85.19	89.58	220.00

ABRIL						
DIA / FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m ²)
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
01/04/2012	76	11	26	73	83	1
02/04/2012	77	9	28	73	84	0
03/04/2012	78	11	20	88	87	1
04/04/2012	79	11	15	88	83	10
05/04/2012	80	11	20	86	87	1
06/04/2012	81	11	19	87	85	11
07/04/2012	82	10	22	87	87	4
08/04/2012	83	12	25	83	88	1
09/04/2012	84	12	17	84	85	15
10/04/2012	85	12	22	87	89	2
11/04/2012	86	12	19	87	88	12
12/04/2012	87	11	23	87	88	6
13/04/2012	88	12	25	86	89	5
14/04/2012	89	12	21	89	90	14
15/04/2012	90	11	21	89	89	5
16/04/2012	91	11	23	88	61	1
17/04/2012	92	11	26	83	94	4
18/04/2012	93	10	25	81	83	0
19/04/2012	94	12	23	89	86	14
20/04/2012	95	10	24	88	83	13
21/04/2012	96	13	20	84	88	11
22/04/2012	97	12	23	85	92	7
23/04/2012	98	11	18	84	91	63
24/04/2012	99	12	26	87	90	0
25/04/2012	100	12	16	86	90	5
26/04/2012	101	12	22	84	90	23
27/04/2012	102			85	91	
28/04/2012	103			84	91	
29/04/2012	104			84	91	
30/04/2012	105			86	91	
PROMEDIO		11.31	21.88	85.07	87.13	229.00

Anexo 02. Porcentaje de emergencia.

TRAT.	REP.	N° TUB. SEM.	N° TUB. EMER.	% EMER.	N° PL. SUR. 1	N° PL. SUR 2	N° PL. SUR. 3	N° PL. SUR. 4	N° PL. SUR. 5
T1	1	50	48	96	9	10	9	10	10
	2	50	47	94	9	10	10	9	9
	3	50	47	94	10	9	9	10	9
T2	1	50	47	94	10	9	10	8	10
	2	50	47	94	9	10	9	10	9
	3	50	47	94	10	9	10	10	8
T3	1	50	48	96	10	10	9	10	9
	2	50	48	96	10	9	9	10	10
	3	50	46	92	10	9	9	9	9
T4	1	50	48	96	10	10	9	10	9
	2	50	47	94	9	9	10	10	9
	3	50	46	92	10	10	9	9	8
T5	1	50	44	88	9	8	9	9	9
	2	50	44	88	9	9	9	10	7
	3	50	45	90	8	9	9	9	10
T6	1	50	46	92	9	9	9	9	10
	2	50	46	92	9	8	10	9	10
	3	50	45	90	9	9	9	10	8
T7	1	50	45	90	10	9	9	9	8
	2	50	45	90	9	9	10	9	8
	3	50	46	92	9	9	10	9	9

Anexo 03. Evaluaciones de la severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans*.

Fecha de siembra: 17/01/12

PAR.	TRATAMIENTO	18/2/12	25/2/12	05/3/12	12/3/12	19/3/12	26/3/12	02/4/12	09/4/12	16/4/12	23/4/12	30/4/12
		32	39	48	55	62	69	76	83	90	97	104
101	Testigo absoluto	2	1	5	10	20	40	70	95	100	100	100
102	Curzate + Dithane	2	1	1	2	4	8	10	15	25	30	40
103	Ridomil + Bravo	3	2	1	2	4	5	9	12	14	22	25
104	Positron + Bravo	3	2	1	3	5	6	7	13	16	22	26
105	Curzate + Bravo	3	1	1	3	5	6	8	12	16	23	25
106	Acrobat + Bravo	3	2	1	2	4	5	8	12	16	22	25
107	Aliette + Bravo	3	2	1	3	5	6	7	12	16	24	30
201	Testigo absoluto	3	1	5	10	20	40	70	95	100	100	100
202	Curzate + Dithane	3	2	1	1	4	7	10	14	25	30	40
203	Ridomil + Bravo	3	1	1	2	4	6	6	13	17	25	28
204	Positron + Bravo	3	1	1	1	4	5	8	14	17	24	28
205	Curzate + Bravo	2	1	1	3	5	5	8	13	17	24	30
206	Acrobat + Bravo	3	1	1	2	4	6	7	14	18	24	29
207	Aliette + Bravo	3	2	1	2	4	6	8	14	22	27	35
301	Testigo absoluto	3	2	5	10	20	40	70	95	100	100	100
302	Curzate + Dithane	3	1	1	2	4	8	10	15	25	30	40
303	Ridomil + Bravo	3	2	1	2	5	6	7	13	16	24	27
304	Positron + Bravo	3	1	1	2	4	5	8	14	16	24	28
305	Curzate + Bravo	3	2	1	2	4	5	7	12	17	24	30
306	Acrobat + Bravo	2	1	1	2	4	6	8	13	17	24	30
307	Aliette + Bravo	2	1	1	3	4	5	8	12	17	22	27

Anexo 04. Peso en kg de los tubérculos de primera.

TRATAMIENTO	Rendimiento de tubérculos de Primera		
	I	II	III
Testigo absoluto	0.00	0.00	0.00
Curzate + Dithane	7.00	8.80	12.20
Ridomil + Bravo	7.60	12.50	12.60
Positron + Bravo	10.40	8.20	11.80
Curzate + Bravo	4.30	4.00	10.00
Acrobat + Bravo	8.00	12.70	8.90
Aliette + Bravo	6.20	8.40	7.50

Anexo 05. Peso en kg de los tubérculos de segunda.

TRATAMIENTO	Rendimiento de tubérculos de Segunda		
	I	II	III
Testigo absoluto	1.70	0.80	0.50
Curzate + Dithane	4.40	4.20	4.00
Ridomil + Bravo	9.00	5.90	8.90
Positron + Bravo	7.30	5.80	5.00
Curzate + Bravo	5.20	3.80	4.70
Acrobat + Bravo	5.70	9.00	5.10
Aliette + Bravo	3.80	3.90	5.30

Anexo 06. Peso en kg de los tubérculos de tercera.

TRATAMIENTO	Rendimiento de tubérculos de Tercera		
	I	II	III
Testigo absoluto	1.50	1.20	0.80
Curzate + Dithane	5.00	3.40	4.30
Ridomil + Bravo	4.60	5.10	5.30
Positron + Bravo	5.00	3.60	3.70
Curzate + Bravo	4.70	3.50	5.00
Acrobat + Bravo	6.00	4.20	3.00
Aliette + Bravo	2.00	3.90	3.80

Anexo 07. Peso en toneladas/hectárea de los tubérculos.

TRATAMIENTO	Rendimiento de tubérculos en Tn/ha		
	I	II	III
Testigo absoluto	2.032	1.270	0.825
Curzate + Dithane	10.413	10.413	13.016
Ridomil + Bravo	13.460	14.921	17.016
Positron + Bravo	14.413	11.175	13.016
Curzate + Bravo	9.016	7.175	12.508
Acrobat + Bravo	12.508	16.444	10.794
Aliette + Bravo	7.619	10.286	10.540

Anexo 08. Muestreo de suelo para su análisis respectivo.



Anexo 09. Delimitación del campo experimental.



Anexo 10. Abonamiento antes de la siembra.



Anexo 11. Fertilización antes de la siembra.



Anexo 12. Semilla desinfectada lista para la siembra.



Anexo 13. Siembra de la semilla de papa en los diferentes bloques.





Anexo 14. Emergencia de las plantas de papa.



Anexo 15. Vista panorámica del campo experimental.



Anexo 16. Evaluaciones en diferentes fechas de las diferentes parcelas.





Anexo 17. Preparación de los fungicidas para ser aplicados en los diferentes tratamientos.



Anexo 18. Tratamiento testigo afectado por *Phytophthora infestans*.



Anexo 19. Supervisión de los jurados de tesis.





Anexo 20. Cosecha y embolsado de los diferentes tratamientos.





Anexo 21. Pesado de los tubérculos cosechados en el presente estudio.



